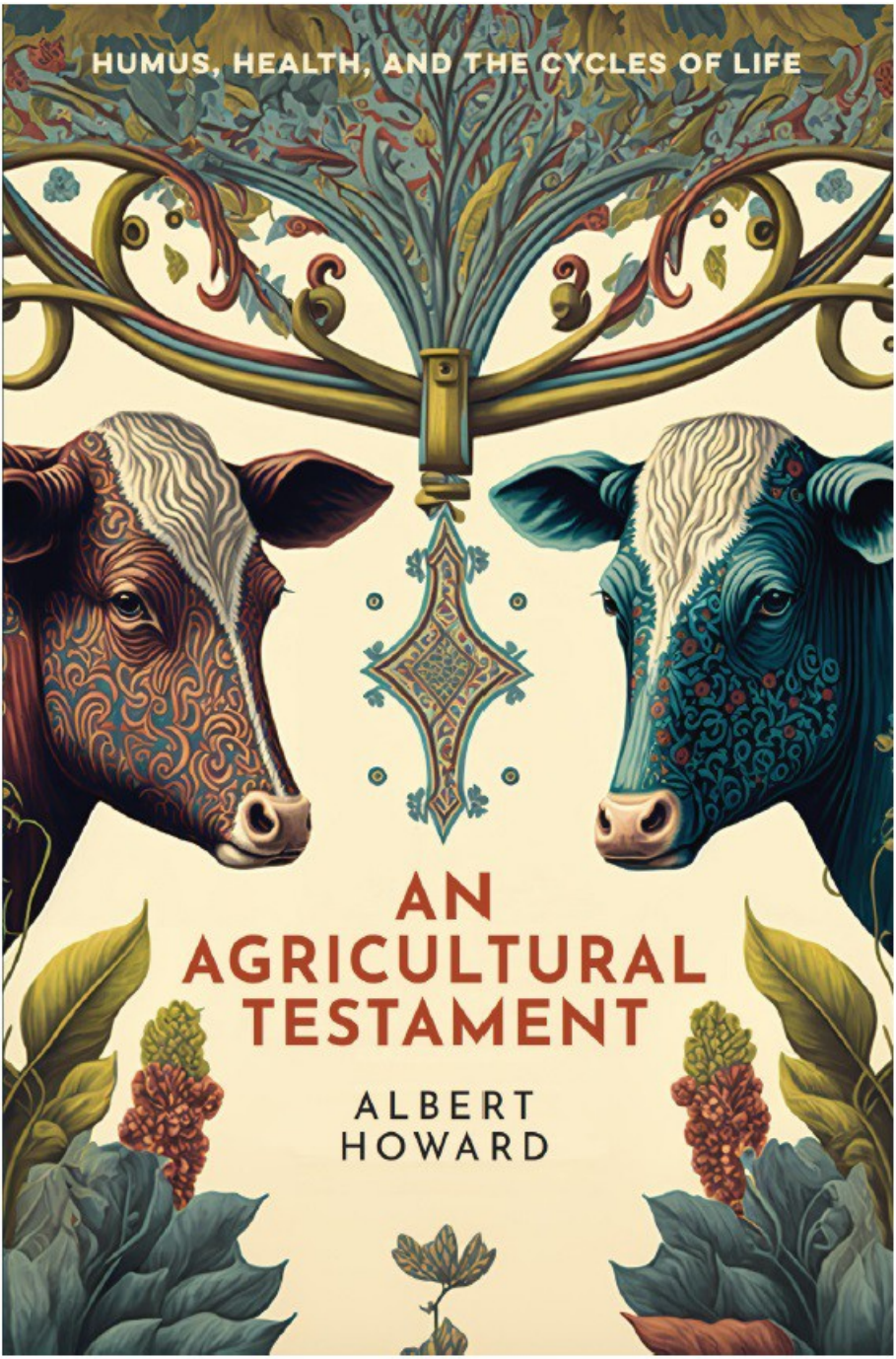
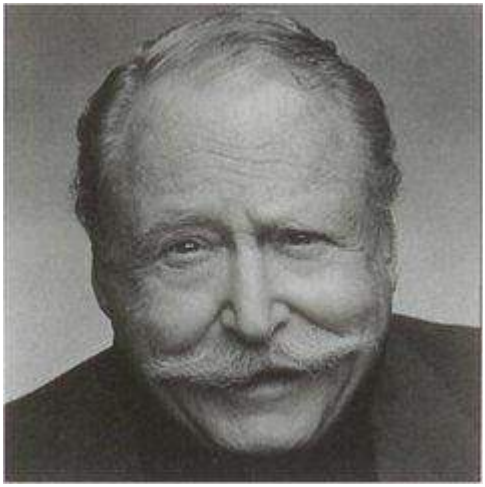
Inhoud


HUMUS, HEALTH, AND THE CYCLES OF LIFE
AN AGRICULTURAL TESTAMENT
ALBERT HOWARD

https://adistantmirror.com/an-agricultural-testament/



Negentiende-eeuwse boeren en tuinders hadden veel praktische kennis over het gebruik van mest en het maken van compost dat werkte als meststoffen, maar er was weinig bekend over het eigenlijke microbiële proces van composteren tot onze eeuw. Toen er informatie beschikbaar kwam over compostecologie, verwerkte een briljant persoon, Sir Albert Howard, de nieuwe wetenschap van bodemmicrobiologie in zijn compostering en leerde door geduldig experimenteren hoe hij superieure compost kon maken.

In de jaren 1920 had Albert Howard de leiding over een onderzoeksboerderij van de overheid in Indore, India. In hart en nieren een Peace Corps vrijwilliger, maakte hij Indore functioneren als een zeer representatieve Indiase boerderij, het kweken van alle belangrijke basisproducten van de lokale landbouw: katoen, suikerriet, en granen. De boerderij werd aangedreven door hetzelfde werk ossen gebruikt door de omliggende boeren. Het zou gemakkelijk zijn geweest voor Howard om betere opbrengsten aan te tonen door middel van hoogwaardige technologie door het kopen van chemische meststoffen of het gebruik van zaadmeel afval van de oliewinning, het gebruik van tractoren, en het kweken van nieuwe, hoogproductieve rassen die gebruik kunnen maken van intensievere voeding van de bodem. Maar deze inputs waren niet betaalbaar voor de gemiddelde Indiase boer en Howard's doel was om echte hulp te bieden aan zijn buren door het demonstreren van methoden die ze gemakkelijk konden veroorloven en gebruiken.

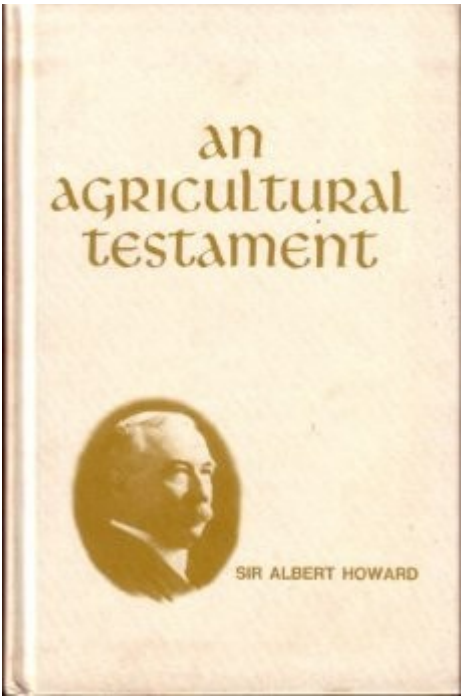
Lees meer op Backyard Gardening.

Via Amazon
Facsimile van de editie uit 1940. *An Agricultural Testament* is de bekendste publicatie van Sir Albert Howard en blijft een van de belangrijkste werken in de geschiedenis van de biologische landbouwbeweging. Het werk richt zich op de aard en het beheer van de vruchtbaarheid van de bodem en onderzoekt met name compostering. In een tijd waarin de moderne, op chemicaliën gebaseerde, geïndustrialiseerde landbouw net begon met het radicaal veranderen van de voedselproductie, pleitte het voor natuurlijke processen in plaats van door de mens gemaakte inputs als de superieure benadering van landbouw. Het werd voor het eerst gepubliceerd in Engeland in 1940. Sinds dit boek in 1940 voor het eerst verscheen, wordt het beschouwd als een van de belangrijkste bijdragen aan de oplossing van bodemherstelproblemen die ooit zijn gepubliceerd. Belangrijker nog, het wordt beschouwd als de hoeksteen van de biologische beweging.

Louis Bromfield noemde het "het beste boek dat ik ken over de bodem en de processen die daarin een rol spelen". Soil Science noemde het "het meest interessante en suggestieve boek over bodemvruchtbaarheid dat is verschenen sinds King's Farmers of Forty Centuries." En Mother Earth News noemde het onlangs "de meest elementaire van alle inleidingen in biologische landbouw door de grondlegger van de moderne beweging".

Het doel van het boek was om de aandacht te vestigen op het verlies van bodemvruchtbaarheid, veroorzaakt door de enorme toename in de productie van gewassen en dieren, die heeft geleid tot zulke rampzalige gevolgen als een algemeen onevenwicht van de landbouwpraktijken, een toename van planten-en dierziekten en het verlies van de bodem door erosie. Howard stelde dat dergelijke verliezen alleen kunnen worden hersteld door de bodemvruchtbaarheid op peil te houden door humus te maken van plantaardig en dierlijk afval via het composteringsproces. Hij benadrukte ook een weinig bekende voedingsfactor, de mycorrhizale associatie, de levende schimmelbrug tussen humus in de bodem en het sap van planten.

Uittreksel uit "*An Agricultural Testament*" van Sir Albert Howard



‘In de landbouwliteratuur wordt weinig of geen aandacht besteed aan de manier waarop de natuur land beheert en haar watercultuur voert. Niettemin moeten deze natuurlijke methoden van bodembeheer de basis vormen van al onze onderzoeken naar bodemvruchtbaarheid.

Wat zijn de belangrijkste principes die ten grondslag liggen aan de landbouw van de natuur? Deze zijn het gemakkelijkst in werking te zien in onze bossen en wouden.

Gemengde landbouw is de regel: planten worden altijd bij dieren aangetroffen: veel soorten planten en dieren leven allemaal samen. In het bos komt elke vorm van dierlijk leven voor, van zoogdieren tot de eenvoudigste ongewervelde dieren. Het plantenrijk vertoont een vergelijkbaar bereik: er is nooit sprake van monocultuur: gemengde gewassen en gemengde landbouw zijn de regel.

De bodem is altijd beschermd tegen de directe inwerking van zon, regen en wind. Bij deze zorg voor de bodem is strikte economie het sleutelwoord: niets gaat verloren. De gehele energie van zonlicht wordt benut door het gebladerte van het bladerdak en het kreupelhout. De bladeren breken de regen ook op in fijne straaltjes, zodat deze gemakkelijker kan worden verwerkt door het afval van planten- en dierenresten, die de laatste verdedigingslinie van de kostbare grond vormen. Deze beschermingsmethoden, die zo effectief zijn in het omgaan met zon en regen, verminderen ook de kracht van de sterkste wind tot een zachte luchtstroom.

Vooral de regenval wordt zorgvuldig geconserveerd. Een groot deel blijft in de bovengrond achter: het overschot wordt voorzichtig overgebracht naar de ondergrond en op termijn naar de beken en rivieren. De fijne nevel die door het gebladerte ontstaat, wordt door het beschermende bodemstrooisel omgezet in dunne waterfilms die langzaam naar beneden bewegen, eerst in de humuslaag en vervolgens in de grond en de ondergrond. Deze laatste zijn op twee manieren poreus gemaakt: door het creëren van een goed gemarkeerde kruimelstructuur en door een netwerk van drainage- en beluchtingskanalen gemaakt door regenwormen en andere gravende dieren. De porieruimte van de bosgrond is maximaal, zodat er een groot intern bodemoppervlak is waarover de dunne waterfilms kunnen kruipen. Ook is er voldoende humus aanwezig voor de directe opname van vocht. Het teveel aan water loopt langzaam weg via de ondergrond. Er is opmerkelijk weinig afvoer, zelfs vanuit het oerregenwoud. Wanneer dit gebeurt, is het praktisch helder water. Er wordt vrijwel geen grond verwijderd. Er vindt niets in de aard van bodemerosie plaats. De beken en rivieren in bosgebieden zijn altijd eeuwigdurend vanwege de enorme hoeveelheid water die langzaam doorstroomt tussen de stortbuien en de zee. Er is daarom weinig tot geen droogte in bosgebieden, omdat een

groot deel van de regen precies daar wordt vastgehouden waar het nodig is. Er is nergens afval.

Het bos bemest zichzelf. Hij maakt zijn eigen humus en voorziet zichzelf van mineralen. Als we naar een stuk bos kijken, zien we dat er op de grond voortdurend een zachte ophoping van gemengde plantaardige en dierlijke resten plaatsvindt en dat deze afvalstoffen door schimmels en bacteriën worden omgezet in humus. De processen die betrokken zijn bij de vroege stadia van deze transformatie zijn volledig afhankelijk van oxidatie: daarna vinden ze plaats in afwezigheid van lucht. Ze zijn hygiënisch. Er is geen enkele vorm van overlast: geen stank, geen vliegen, geen vuilnisbakken, geen verbrandingsovens, geen kunstmatige riolering, geen door water overgedragen ziekten, geen gemeenteraden en geen tarieven. Integendeel, het bos biedt een plek voor de ideale zomervakantie: voldoende schaduw en een overvloed aan zuivere frisse lucht. Niettemin vindt over de hele oppervlakte van het bos de omzetting van plantaardig en dierlijk afval in humus nooit zo snel en zo intens plaats als tijdens de vakantiemaanden – van juli tot september.

De minerale stoffen die de bomen en het kreupelhout nodig hebben, worden uit de ondergrond gehaald. Dit wordt in verdunde oplossing in water opgevangen door de diepere wortels, die ook helpen bij het verankeren van de bomen. De details van de wortelverdeling en de wijze waarop de ondergrond grondig op mineralen wordt uitgekamd, worden in een volgend hoofdstuk vermeld. Zelfs in bodems die duidelijk een tekort aan fosfor hebben, hebben bomen geen problemen om voldoende voorraden van dit element te verkrijgen. Potas, fosfaat en andere mineralen worden altijd ter plaatse verzameld en door de transpiratiestroom meegenomen voor gebruik in de groene bladeren. Daarna worden ze ofwel gebruikt bij de groei, ofwel op de bodem van het bos gestort in de vorm van plantaardig afval – een van de bestanddelen die nodig zijn bij de synthese van humus. Deze humus wordt weer gebruikt door de wortels van de bo-

men. De landbouw in de natuur, zoals we die in het bos zien, wordt gekenmerkt door twee dingen:

1. Een constante circulatie van de minerale stoffen die door de bomen worden opgenomen;
2. Een constante toevoeging van nieuwe minerale stoffen uit de enorme reserves in de ondergrond.

Het is dus niet nodig om fosfaten toe te voegen: er is geen noodzaak voor meer kalizouten. Er komen geen mineralentekorten van welke aard dan ook voor. De aanvoer van alle benodigde mest gebeurt automatisch en wordt geleverd door humus of door de grond. Er is een natuurlijke verdeling van het onderwerp in organisch en anorganisch. Humus zorgt voor de organische mest, de bodem voor de minerale stof.

De bodem heeft altijd een grote vruchtbaarheidsreserve. Er bestaat geen hand-tot-mond-bestaan over de landbouw in de natuur. De reserves worden in de vorm van humus naar de bovenste lagen van de bodem vervoerd. Toch wordt elke nutteloze ophoping van humus vermeden, omdat deze automatisch met de bovengrond wordt vermengd door de activiteiten van gravende dieren zoals regenwormen en insecten. De omvang van dit enorme reservaat wordt pas gerealiseerd als de bomen worden gekapt en het maagdelijke land wordt gebruikt voor landbouw. Wanneer planten als thee, koffie, rubber en bananen worden verbouwd op pas ontgonnen land, kunnen goede gewassen tien jaar of langer zonder mest worden verbouwd. Zoals alle goede beheerders beschikt de Natuur daarom over sterke liquide reserves die effectief worden geïnvesteerd. Er is nergens sprake van verspilling van deze reserves.

De gewassen en het vee zorgen voor zichzelf. De natuur heeft het nooit nodig gevonden om het equivalent van de sproeimachine en de gifspray te ontwerpen voor de bestrijding van insecten- en schimmelplagen. Er is niets in de aard van vaccins en serums voor de bescherming van de veestapel. Het is waar dat

er hier en daar onder de planten en dieren van het bos allerlei ziekten voorkomen, maar deze nemen nooit grote proporties aan. Het gevolgde principe is dat de planten en dieren zichzelf heel goed kunnen beschermen, zelfs als er dingen als parasieten in hun midden worden aangetroffen. De regel van de natuur in deze zaken is leven en laten leven.

Als we de prairie en de oceaan bestuderen, ontdekken we dat soortgelijke principes worden gevolgd. Het grastapijt gaat net zo goed om met de regenval als het bos. Er is weinig tot geen bodemerosie: het afvoerwater is vrijwel helder water. Humus wordt weer in de bovengrond opgeslagen. De beste graslandgebieden van Noord-Amerika bevatten een gemengd grasbestand dat enorme kuddes bizons in stand hield. Er bestond geen veterinaire dienst die deze dieren in leven hield. Toen ze door de vroege kolonisten in cultuur werden gebracht, was de vruchtbaarheid zo groot dat deze prairiegronden jarenlang zware tarweoogsten opleverden zonder vee en zonder mest.

In meren, rivieren en de zee is gemengde landbouw opnieuw de regel: er leeft een grote verscheidenheid aan planten en dieren samen: nergens vind je monocultuur. Het plantaardige en dierlijke afval wordt opnieuw op effectieve wijze aangepakt. Er wordt niets verspild. Humus speelt opnieuw een belangrijke rol en wordt overal aangetroffen in oplossing, suspensie en in modderafzettingen. De zee bemest zichzelf, net als het bos en de prairie.

Het belangrijkste kenmerk van de landbouw in de natuur kan daarom in een paar woorden worden samengevat. Moeder aarde probeert nooit te boeren zonder vee; ze kweekt altijd gemengde gewassen; er wordt veel moeite gedaan om de bodem te behouden en erosie te voorkomen; het gemengde plantaardige en dierlijke afval wordt omgezet in humus; er is geen verspilling; de processen van groei en de processen van verval houden elkaar in evenwicht; er worden ruime voorzieningen getrof-

fen om grote vruchtbaarheidsreserves in stand te houden; er wordt de grootste zorg besteed aan het opslaan van de regen; zowel planten als dieren moeten zichzelf beschermen tegen ziekten.

Bij het beschouwen van de verschillende door de mens gemaakte landbouwsystemen die tot nu toe zijn ontworpen, zal het interessant zijn om te zien in hoeverre de principes van de natuur zijn overgenomen, of ze ooit zijn verbeterd, en wat er gebeurt als ze worden genegeerd.

INHOUD-LIJST

	Voorwoord	**005**
Hfd.-1	Inleiding De natuurlijke methoden van bodembeheer De landbouw van de voorbijgaande volkeren De praktijken van het Oosten De landbouwmethoden van het Westen	**011**
Deel I	**De rol van bodemvruchtbaarheid in de landbouw**	
Hfd.-2	De aard van bodemvruchtbaarheid	**028**
Hfd.-3	Het herstel van vruchtbaarheid	**037**
Deel II	**Het Indore-proces**	
Hfd.-4	Het Indore Proces De benodigde grondstoffen Kuilen versus hopen De hopen of kuilen opladen Het keren van de compost De opslag van humus Totale productie	**043**
Hfd.-5a	Praktische toepassingen van het Indore proces Koffie Thee Suikerriet	**054**
Hfd.-5b	Praktische toepassingen van het Indore-proces Katoen Sisal Maïs Rijst	**68**

	Groenten Wijnstok	
Hfd.-6	Ontwikkelingen van het Indore-proces Groenbemesting De bescherming van nitraatophopingen De productie van humus De bescherming van nitraten gevolgd door de productie van humus De hervorming van groenbemesting	**85**
Hfd.-7	Ontwikkelingen van het Indore-proces, vervolg Beheer van grasland	**93**
Hfd.-8	Ontwikkelingen van het Indore-proces, vervolg – ge Het gebruik van stadsafval	**100**
Deel III	**Gezondheid, ongesteldheid en ziekte in de landbouw**	
Hfd.-9a	Bodembeluchting – gelezen Bodemdoorluchting in relatie tot gras en bomen Het wortelsysteem van loofbomen Het wortelsysteem van groenblijvers	**110**
Hfd.-9b	Bodembeluchting (vervolg) – gelezen Het schadelijke effect van gras Het effect van beluchtingssleuven op jonge bomen onder gras Het verkregen resultaat De oorzaak van het schadelijke effect van gras Bosbomen en gras De beluchting van de ondergrond	**120**
Hfd.-10	Ziekten van de bodem – gelezen Bodemerosie De vorming van alkaliland	**132**
Hfd.-11	De terugtrekking van het gewas en het dier voor de	**145**

	parasiet – gelezen Humus en weerstand tegen ziektes De mycorrhizale associatie en ziekte De onderzoeken van morgen	
Hfd.-12	Bodemvruchtbaarheid en nationale gezondheid – gel	**157**
Deel IV	**Landbouwkundig onderzoek**	**166**
Hfd.-13	Kritiek op het huidige landbouwonderzoek –gelezen	**166**
Hfd.-14	Een succesvol voorbeeld van landbouwkundig onderzoek –gelezen	**180**
Deel V	**Conclusies en suggesties**	**196**
Hfd.-15	Een laatste overzicht	**196**
	Aanhangsels	
App. A	Compostproductie op een theeplantage in Bengalen	**201**
App. B	Compost maken in Chipoli, Zuid-Rhodesië	**209**
App. C	De productie van humus uit het afval van de stad en het dorp	**217**

[005]

VOORWOORD

EEN AGRARISCH TESTAMENT

SIR ALBERT HOWARD

(Binnenzijde omslag, Rodale Press editie, VS, 1976)

Sinds dit boek voor het eerst verscheen in 1940, is het beschouwd als een van de belangrijkste bijdragen aan de oplossing van de bodem rehabilitatie problemen ooit gepubliceerd. Belangrijker nog, het wordt beschouwd als de hoeksteen van de biologische beweging.

Wijlen Louis Bromfield noemde het "het beste boek dat ik ken over de bodem en de processen die daarin een rol spelen". *Soil Science* noemde het "het meest interessante en suggestieve boek over bodemvruchtbaarheid dat is verschenen sinds *King's Farmers of Forty Centuries*". En Mother Earth News noemde het onlangs "de meest elementaire van alle inleidingen in biologische landbouw door de grondlegger van de moderne beweging".

Het doel van het boek was om de aandacht te vestigen op het verlies van bodemvruchtbaarheid, veroorzaakt door de enorme toename in de productie van gewassen en dieren, die heeft geleid tot zulke rampzalige gevolgen als een alge-

meen onevenwicht van de landbouwpraktijken, een toename van planten -en dierziekten en het verlies van de bodem door erosie. Howard stelde dat dergelijke verliezen alleen kunnen worden hersteld door de bodemvruchtbaarheid op peil te houden door humus te maken van plantaardig en dierlijk afval via het composteringsproces. Hij benadrukte ook een weinig bekende voedingsfactor, de mycorrhizale associatie, de levende schimmelbrug tussen humus in de bodem en het sap van planten.

"Howard's werk is gebaseerd op de vooronderstelling dat een goede landbouwpraktijk gebaseerd is op de observatie en het gebruik van natuurlijke processen," schreef boerdichter Wendell Berry in *The Last Whole Earth Catalog*. "Howard's ontdekkingen en methoden en hun implicaties worden in detail beschreven in *An Agricultural Testament*. Ze zijn van enorm nut voor tuinders en boeren, en voor ieder ander die geïnteresseerd kan zijn in de geschiedenis en de problemen van landgebruik. Maar afgezien van de praktische waarde, is Howard's boek waardevol vanwege zijn vermogen om zijn feiten en inzichten binnen de perspectieven van de geschiedenis te plaatsen. Dit boek is een kritiek op beschavingen, die niet worden beoordeeld op hun artefacten en overwinningen, maar op hun reactie op 'de heilige plicht om het erfgoed van een vruchtbare bodem ongeschonden over te dragen aan de volgende generatie.

[006] Het was een lezing van dit boek dat wijlen J. I. Rodale ertoe bracht zijn eerste exemplaar te publiceren van *Organic Farming and Gardening* (nu Organic Gardening and Farming), de bijbel van de nu wijdverspreide biologische bewe-

ging in Amerika. Howard's werk blijft de hoeksteen van die beweging.

"Bij het lezen van *Een Agrarisch Testament,* werd ik zo diep getroffen dat ik niet kon rusten totdat ik een boerderij kocht," schreef Rodale. "Het lezen van dit geweldige boek liet me zien hoe eenvoudig de praktijk van de biologische methode kan zijn."

(Notitie achterflap, uitgave Rodale Press, VS, 1976)

SIR Albert Howard was de eerste pionier van de biologische methode. Als zoon van een boer uit Shropshire studeerde hij landbouw aan de universiteit van Cambridge en breidde vervolgens zijn kennis uit door een leven lang praktisch onderzoek en studie in West-Indië, India en Engeland. An Agricultural Testament, zijn uiteenzetting van zijn praktijktheorieën over landbouw, blijft bijna 30 jaar na de oorspronkelijke publicatie een mijlpaal.

"Kan de mensheid haar zaken zo regelen dat haar belangrijkste bezit -- de vruchtbaarheid van de grond -- behouden blijft?" vroeg hij. "Op het antwoord op deze vraag ligt de toekomst van de beschaving."

De biologische methode kan zijn wortels in deze vraag terugvinden. Want Sir Albert onderzocht de geschiedenis van de landbouw in vele samenlevingen en in de natuur. Hij merkte op dat die samenlevingen die de natuurlijke landbouwmethoden het dichtst benaderden de langste geschiedenis hadden.

In de natuur merkte hij op dat "het bos zichzelf bemest". In India observeerde hij dat de inboorlingen met de gezondste gewassen en dieren diegenen waren die chemische meststoffen verruilden voor natuurlijke meststoffen.

Als generalist vermeed Sir Albert de conventionele - nu bijna traditionele - vormen van landbouwkundig onderzoek voor praktijktesten. Hij was gekant tegen onderzoek dat werd uitgevoerd door teams van specialisten, die elk werkten aan een fragment van het geheel en elk een geïsoleerde splinter van kennis bijdroegen.

In zijn grote experiment, uitgevoerd over een periode van 25 jaar in India, bewerkte Sir Albert Howard 75 acres, waarbij hij de delen en het geheel observeerde en testte. Zijn werk suggereerde een systeem van landbouw -- de organische methode -- dat het nog steeds beste antwoord op zijn vraag bood.

[007] Sinds de Industriële Revolutie zijn de groeiprocessen versneld om het voedsel en de grondstoffen te produceren die de bevolking en de fabriek nodig hebben. Er is niets effectiefs gedaan om het verlies aan vruchtbaarheid te vervangen dat gepaard gaat met deze enorme toename in de productie van gewassen en dieren. De gevolgen zijn rampzalig. De landbouw is uit balans geraakt: het land komt in opstand: ziekten van allerlei aard nemen toe: in veel delen van de wereld verwijdert de natuur de versleten grond door middel van erosie.

Het doel van dit boek is om de aandacht te vestigen op de vernietiging van het kapitaal van de aarde - de bodem; om

enkele van de gevolgen hiervan aan te geven; en om methoden voor te stellen waarmee de verloren vruchtbaarheid hersteld en behouden kan worden. Dit ambitieuze project is gebaseerd op het werk en de ervaring van veertig jaar landbouwonderzoek in West-Indië, India en Groot-Brittannië.

Het is de voortzetting van een eerder boek -- *The Waste Products of Agriculture*, gepubliceerd in 1931 -- waarin de Indore-methode voor het behoud van bodemvruchtbaarheid door de productie van humus uit plantaardig en dierlijk afval werd beschreven.

Gedurende de laatste negen jaar is het Indore proces in veel centra over de hele wereld toegepast. Er is veel aanvullende informatie verkregen over de rol van humus in de landbouw. Ik heb ook de tijd gehad om de bestaande landbouwsystemen en de organisatie en het doel van landbouwonderzoek onder de loep te nemen. Er is ook enige aandacht besteed aan de *biologisch-dynamische* landbouwmethoden in Nederland en Groot-Brittannië, maar ik ben er nog steeds niet van overtuigd dat de discipelen van Rudolph Steiner een echte verklaring van de natuurwetten kunnen geven of praktische voorbeelden hebben gegeven die de waarde van hun theorieën aantonen.

De algemene resultaten van dit alles worden uiteengezet in dit *mijn Landbouwtestament.* Er is geen poging gedaan om de bereikte conclusies te verhullen of in diplomatieke taal uit te drukken. Integendeel, ze zijn met de grootst mogelijke openhartigheid geformuleerd. We hopen dat ze met dezelfde vrijheid besproken zullen worden en dat ze nieuwe denksporen zullen openen en uiteindelijk tot effectieve actie zullen

leiden.

Het zou niet mogelijk zijn geweest dit boek te schrijven zonder de hulp en aanmoediging van een voormalige collega in India, de heer George Clarke, C.I.E., die tien jaar lang (1921-31) de post van Landbouwdirecteur in de Verenigde Provincies bekleedde. Hij heeft mij zeer genereus zijn privénotities over de landbouw van de provincies ter beschikking gesteld, die een periode van meer dan twintig jaar beslaan, en heeft de afgelopen drie jaar vrijwel alles in dit boek met mij besproken. Hij las veel van de hoofdstukken toen ze voor het eerst werden opgesteld en deed een aantal suggesties die in de tekst zijn verwerkt.

Velen die zich over de hele wereld bezighouden met praktische landbouw en die het Indore Proces hebben toegepast, hebben bijgedragen aan dit boek. In een paar gevallen is deze hulp in de tekst vermeld. **[008]** Het is onmogelijk om naar alle correspondenten te verwijzen die voortgangsrapporten hebben geleverd en zo vrijelijk hun resultaten hebben gerapporteerd. Deze leverden een onschatbare verzameling feiten en observaties die mijn eigen ervaring ruimschoots heeft bevestigd.

Grote nadruk is gelegd op een tot nu toe onontdekte factor in de voeding - *de mycorrhiza associatie* - de levende schimmel brug tussen humus in de bodem en het sap van planten.

Het bestaan van een dergelijke symbiose werd voor het eerst voorgesteld aan mij bij het lezen van een verslag van de opmerkelijke resultaten met naaldbomen, verkregen door Dr C

Rayner in Wareham in Dorset in verband met de werkzaamheden van de Forestry Commission. Als mycorrhiza algemeen voorkomt in de plantage-industrieën en ook in onze gewassen, zou een verklaring voor zaken als de ontwikkeling van kwaliteit, ziekteresistentie, en de uitloop van de variëteit, evenals de langzame verslechtering van de bodem die volgt op het gebruik van kunstmest, worden verstrekt. Ik heb daarom stappen ondernomen om een breed scala aan specimens te verzamelen die waarschijnlijk mycorrhiza bevatten en die zich uitstrekken over de hele tropische en gematigde landbouw. Ik ben dank verschuldigd aan Dr. Rayner en Dr. Ida Levisohn voor het gedetailleerde onderzoek van dit materiaal. Zij hebben mij voorzien van vele waardevolle en suggestieve technische rapporten.

Voor de interpretatie van deze laboratoriumresultaten, zoals uiteengezet op de volgende pagina's, ben ik alleen zelf verantwoordelijk.

Ik ben een aantal organisaties dank verschuldigd voor toestemming om informatie en illustraties te reproduceren die al gepubliceerd zijn. Twee andere organisaties hebben me toestemming gegeven om resultaten op te nemen die als vertrouwelijk beschouwd hadden kunnen worden. De Royal Society of London heeft me toestemming gegeven om in het hoofdstuk over beluchting van de bodem een samenvatting te geven van een geïllustreerd artikel dat in hun Proceedings is verschenen. De Royal Society of Arts heeft de blokken geleverd voor het hoofdstuk over sisalafval. Het Royal Sanitary Institute heeft ingestemd met de volledige reproductie van een artikel dat werd voorgelezen op het gezondheids-

congres dat in juli 1938 in Portsmouth werd gehouden. *The British Medical Journal* heeft mij de informatie ter beschikking gesteld uit een artikel van Dr. Lionel J. Picton, O.B.E. De uitgevers van Dr. Waksman's monografie over Humus hebben mij toestemming gegeven om twee lange passages over de eigenschappen van humus te herdrukken. De heren Arthur Guinness, Sons & Co, Limited, hebben ingestemd met de publicatie van de details van het composteren van stadsafval in hun hoptuin in Bodiam. De heren Walter Duncan & Co. hebben de manager van de Gandrapara Tea Garden toestemming gegeven om een geïllustreerd artikel bij te dragen over het composteren van afval op dit prachtige landgoed. Kapitein J. M. Moubray heeft me een zeer interessante samenvatting gestuurd van het werk dat hij doet in Chipoli in Zuid-Rhodesië, die is opgenomen in Bijlage B.

Bij het bekendmaken van het Indore Process hebben een aantal tijdschriften goede diensten bewezen. In Groot-Brittannië hebben *The Times* en de *Journal of the Royal Society of Arts* een regelmatige reeks brieven en artikelen gepubliceerd. In Zuid-Afrika heeft het *Farmer's Weekly* vanaf het begin de landbouwgemeenschap aangespoord om het humusgehalte van de grond te verhogen. In Latijns-Amerika hebben de planters veel te danken aan de *Revista del Instituto de Defensa del éCaf de Costa Rica*.

[009] Enkele van de grootste theemaatschappijen in Londen, de heren James Finlay & Co., Walter Duncan & Co., de Ceylon Tea Plantations Company, de heren Octavius Steel & Co. en anderen, hebben twee jaar lang een groot deel van de kantoorkosten voor hun rekening genomen die verbon-

den waren aan het uitwerken en toepassen van het Indore-proces op de plantages. Ze betaalden ook de kosten van een reis naar de theeplantages van India en Ceylon in 1937. Deze regelingen werden zeer vriendelijk namens mij getroffen door de heer G.H. Masefield, voorzitter van de Ceylon Tea Plantations Company.

Bij het ordenen van de enorme massa correspondentie en aantekeningen over bodemvruchtbaarheid die zich hebben opgehoopt, en bij het in zijn uiteindelijke vorm krijgen van het boek, heb ik veel te danken aan de bekwaamheid en toewijding van mijn privé-secretaresse, mevrouw V. M. Hamilton.

A. H.

Blackheath, 1 januari 1940

==========

Bij mijn besluit om een vijfde herdruk uit te geven van het boek van mijn overleden echtgenoot, *An Agricultural Testament*, heb ik me onthouden van toevoegingen of correcties. Dit zou een bijna volledige herschrijving van dit boek, de eerste en misschien wel de meest scherpe uiteenzetting van zijn opvattingen, noodzakelijk maken. Toch zou het onjuist zijn om te ontkennen dat de behandelde onderwerpen zelfs in de loop van zijn eigen leven snel vooruitgingen; hij voegde zelf toe aan wat hij hier zei en vele dappere schrijvers hebben zijn voorbeeld gevolgd. Een overzicht van de literatuur geeft problemen, deels te wijten aan Sir Albert Howard

de praktijk van het verspreiden van artikelen in tijdschriften over de hele wereld. Naar aanleiding van de oprichting van een Albert Howard Foundation of Organic Husbandry, de verklaarde doel van die is het voortzetten en bekend maken van de Albert Howard principes, kunnen vragen worden gericht aan het hoofdkwartier van de Stichting op Sharnden Manor, Mayfield, Sussex, Engeland.

Louise E. Howard 1949

[011]

HOOFDSTUK – 01

INLEIDING

Het behoud van de vruchtbaarheid van de bodem is de eerste voorwaarde voor elk permanent landbouwsysteem. Bij de gewone productie van gewassen gaat de vruchtbaarheid gestaag verloren: voortdurend herstel ervan door bemesting en bodembeheer is daarom noodzakelijk.

In de studie van bodemvruchtbaarheid is de eerste stap om de verschillende landbouwsystemen die tot nu toe zijn ontwikkeld onder de loep te nemen. Deze vallen in vier hoofdgroepen uiteen:

1. de methoden van de natuur - de opperste boer - zoals die te zien zijn in het oerbos, de prairie en de oceaan;
2. de landbouw van de voorbije volkeren;
3. de praktijken van het Oosten, die vrijwel onaangetast zijn gebleven door de Westerse wetenschap; en
4. de methoden die in zwang zijn in gebieden als Europa en Noord-Amerika, waaraan de laatste honderd jaar veel wetenschappelijke aandacht is besteed.

NATUURLIJKE METHODEN VAN BODEMBEHEER

In de landbouwliteratuur wordt weinig of geen aandacht besteed aan de manier waarop de natuur land beheert en haar watercultuur bedrijft. Toch moeten deze natuurlijke methoden van bodembeheer de basis vormen van al onze studies naar bodemvruchtbaarheid.

Wat zijn de belangrijkste principes die ten grondslag liggen aan de landbouw van de natuur? Deze kunnen het gemakkelijkst in werking worden gezien in onze bossen en wouden.

Gemengde landbouw is de regel: planten worden altijd samen met dieren aangetroffen: veel soorten planten en dieren leven allemaal samen. In het bos komt elke vorm van dierlijk leven voor, van zoogdieren tot de eenvoudigste ongewervelde dieren. **[012]** Het plantenrijk vertoont een soortgelijke verscheidenheid: er is nooit een poging tot monocultuur: gemengde gewassen en gemengde landbouw zijn de regel.

De grond wordt altijd beschermd tegen de directe inwerking van zon, regen en wind. In deze zorg voor de bodem is strikte zuinigheid het parool: er gaat niets verloren. Alle energie van het zonlicht wordt benut door het gebladerte van het bladerdak en het kreupelhout. De bladeren breken de neerslag ook op in fijne nevel, zodat deze gemakkelijker kan worden verwerkt door het strooisel van plantaardige en dierlijke resten die de laatste verdedigingslinie van de kostbare bodem vormen. Deze beschermingsmethoden, die zo effectief zijn in het opvangen van zon en regen, reduceren ook de kracht van de sterkste winden tot een zachte luchtstroom.

Vooral de neerslag wordt zorgvuldig bewaard. Een groot deel wordt vastgehouden in de bovengrond: het overschot wordt voorzichtig overgebracht naar de ondergrond en na verloop van tijd naar de beken en rivieren. De fijne nevel die door het gebladerte wordt gevormd, wordt door het beschermende strooisel omgezet in dunne waterfilms die langzaam naar beneden stromen, eerst in de humuslaag en dan in de bodem en ondergrond. Deze laatste zijn op twee manieren poreus gemaakt: door de vorming van een goed gemarkeerde kruimelstructuur en door een netwerk van drainage- en beluchtingskanalen die door regenwormen en andere gravende dieren zijn gemaakt. De poriënruimte van de bosgrond is maximaal zodat er een groot intern bodemoppervlak is waarover de dunne waterfilms kunnen kruipen. Er is ook voldoende humus voor de directe opname van vocht. Het teveel wordt langzaam afgevoerd via de ondergrond. Er is opmerkelijk weinig afspoeling, zelfs uit het oerwoud. Als dit gebeurt, is het praktisch helder water. Er wordt nauwelijks grond verwijderd. Er is geen sprake van bodemerosie. De beken en rivieren in bosgebieden zijn altijd meerjarig vanwege de enorme hoeveelheid water die langzaam tussen de regenbuien en de zee doorstroomt. Er is daarom weinig of geen droogte in bosgebieden omdat zoveel van de regen precies daar wordt vastgehouden waar het nodig is. Er is nergens verspilling.

Het bos bemest zichzelf. Het maakt zijn eigen humus en voorziet zichzelf van mineralen. Als we een stuk bos in de gaten houden, zien we dat er voortdurend een opeenhoping van plantaardige en dierlijke resten op de grond plaatsvindt

en dat deze resten door schimmels en bacteriën worden omgezet in humus. De processen in de eerste fasen van deze omzetting zijn volledig afhankelijk van oxidatie: daarna vinden ze plaats in afwezigheid van lucht. Ze zijn hygiënisch. Er is geen enkele vorm van overlast - geen stank, geen vliegen, geen vuilnisbakken, geen verbrandingsovens, geen kunstmatige riolering, geen door water overgebrachte ziekten, geen gemeenteraden en geen belastingen. Integendeel, het bos biedt een plek voor de ideale zomervakantie: voldoende schaduw en een overvloed aan zuivere frisse lucht. Toch is de omzetting van plantaardig en dierlijk afval in humus over de hele oppervlakte van het bos nooit zo snel en intens als tijdens de vakantiemaanden - juli tot september. De minerale stoffen die de bomen en de ondergroei nodig hebben, worden uit de ondergrond gehaald.

Dit wordt in verdunde oplossing in water verzameld door de diepere wortels, die ook helpen bij het verankeren van de bomen. De details van de wortelverdeling en de manier waarop de ondergrond grondig wordt uitgekamd op mineralen komen in een volgend hoofdstuk aan bod. **[013]** Zelfs in bodems met een duidelijk fosfortekort hebben bomen geen moeite om voldoende van dit element binnen te krijgen. Kalium, fosfaat en andere mineralen worden altijd ter plekke verzameld en meegenomen door de transpiratiestroom voor gebruik in de groene bladeren. Daarna worden ze ofwel gebruikt in de groei of op de bodem van het bos gedeponeerd in de vorm van plantaardig afval - een van de bestanddelen die nodig zijn voor de synthese van humus. Deze humus wordt weer gebruikt door de wortels van de bomen. De na-

tuurlijke landbouw, zoals we die in het bos zien, wordt gekenmerkt door twee dingen:

1. een constante circulatie van de minerale stoffen die door de bomen worden opgenomen;
2. een constante toevoeging van nieuwe minerale stoffen uit de enorme reserves in de ondergrond.

Er is dus geen noodzaak om fosfaten toe te voegen: er is geen noodzaak voor meer kalizouten. Er is geen enkel tekort aan mineralen. De aanvoer van alle benodigde mest gebeurt automatisch en wordt geleverd door humus of door de bodem. Er is een natuurlijke verdeling in organische en anorganische mest. Humus levert de organische mest, de bodem de minerale stoffen.

De bodem heeft altijd een grote vruchtbaarheidsreserve. Er is geen sprake van een van-de-hand-tot-mond bestaan in de natuurlijke landbouw. De reserves bevinden zich in de bovenste lagen van de bodem in de vorm van humus. Toch wordt nutteloze ophoping van humus vermeden omdat het automatisch wordt vermengd met de bovengrond door de activiteiten van gravende dieren zoals regenwormen en insecten. De omvang van deze enorme reserve wordt pas duidelijk wanneer de bomen worden gekapt en het maagdelijke land wordt gebruikt voor landbouw. Wanneer planten als thee, koffie, rubber en bananen worden verbouwd op recent vrijgemaakte grond, kunnen er tien jaar of langer goede gewassen worden geteeld zonder mest. Net als alle goede beheerders heeft de natuur dus sterke liquide reserves die ef-

fectief geïnvesteerd zijn. Er is nergens verspilling van deze reserves te zien.

De gewassen en het vee zorgen voor zichzelf. De natuur heeft het nooit nodig gevonden om het equivalent van de sproeimachine en de gifspuit te ontwerpen voor de bestrijding van insecten- en schimmelplagen. Er is niets in de aard van vaccins en serums voor de bescherming van de veestapel. Het is waar dat er hier en daar allerlei ziekten voorkomen onder de planten en dieren van het bos, maar deze nemen nooit grote vormen aan. Het gevolgde principe is dat de planten en dieren zichzelf heel goed kunnen beschermen, zelfs als er parasieten in hun midden zijn. De regel van de natuur in deze zaken is leven en laten leven.

Als we de prairie en de oceaan bestuderen, zien we dat soortgelijke principes worden gevolgd. Het grastapijt gaat op dezelfde manier met de regen om als het bos. Er is weinig of geen bodemerosie: het afvloeiende water is praktisch helder water. Humus wordt opnieuw opgeslagen in de bovenste grondlaag. De beste graslandgebieden van Noord-Amerika hadden een gemengd grasland dat enorme kuddes bizons in stand hield. Er bestond geen veterinaire dienst om deze dieren in leven te houden. Toen ze door de vroege kolonisten in cultuur werden gebracht, was de voorraad vruchtbaarheid zo groot dat deze prairiegronden jarenlang zware tarweoogsten opleverden zonder levende have en zonder mest.

[014] In meren, rivieren en de zee is gemengde landbouw weer de regel: een grote verscheidenheid aan planten en dieren leeft er samen: nergens vind je monocultuur. Het plant-

aardige en dierlijke afval wordt weer op een effectieve manier verwerkt. Niets wordt verspild. Humus speelt weer een belangrijke rol en is overal te vinden in oplossing, in suspensie en in de afzetting van modder. De zee bemest zichzelf, net als het bos en de prairie.

Het belangrijkste kenmerk van de natuurlijke landbouw kan dus in een paar woorden worden samengevat. Moeder aarde probeert nooit te boeren zonder levende have; ze verbouwt altijd gemengde gewassen; er worden grote inspanningen gedaan om de grond te behouden en erosie te voorkomen; de gemengde plantaardige en dierlijke afvalstoffen worden omgezet in humus; er is geen afval; de processen van groei en verval houden elkaar in evenwicht; er worden ruimschoots voorzieningen getroffen om grote reserves aan vruchtbaarheid te behouden; de grootste zorg wordt besteed aan het opslaan van de regenval; zowel planten als dieren worden in staat gesteld zichzelf tegen ziekten te beschermen.

Bij het beschouwen van de verschillende door de mens gemaakte landbouwsystemen, die tot nu toe zijn bedacht, is het interessant om te zien in hoeverre de principes van de natuur zijn overgenomen, of ze ooit zijn verbeterd en wat er gebeurt als ze worden genegeerd.

DE LANDBOUW VAN DE VERDWENEN NATIES

De moeilijkheden die inherent zijn aan de studie van de landbouw van de verdwenen naties zijn duidelijk. In tegenstelling tot hun gebouwen, waar het mogelijk is om door een

kritische studie van de begraven overblijfselen van steden een beeld van voorbije beschavingen te reproduceren, zijn de velden van de Ouden zelden onderhouden. Het land is ofwel teruggekeerd tot bos of werd gebruikt voor het ene landbouwsysteem na het andere.

In één geval echter zijn de velden van een vervlogen volk bewaard gebleven, samen met de irrigatiemethoden waarmee deze gronden productief werden gemaakt. Helaas zijn er geen geschreven documenten overgeleverd over de trapcultuur van de oude Peruanen, misschien wel een van de oudste vormen van landbouw uit het stenen tijdperk. Deze vorm van landbouw ontstond in de bergen of in de hoger gelegen gebieden met gras omdat het, voor de ontdekking van ijzer, moeilijk was om de dichte bebossing te verwijderen. In Peru lijkt de geïrrigeerde traplandbouw zijn hoogst bekende ontwikkeling te hebben bereikt. Meer dan twintig jaar geleden stuurde de National Geographical Society van de Verenigde Staten een expeditie om de overblijfselen van deze oude landbouwmethode te bestuderen. Een verslag hiervan werd gepubliceerd door O. F. Cook in het *Society's Magazine* van mei 1916, onder de titel: 'Trapboerderijen van de Ouden'. Het systeem van het megalithische volk van het oude Peru bestond uit het aanleggen van een trap van terrasvormige akkers op de hellingen van de bergen, etage na etage, soms wel vijftig in getal. De buitenste steunmuren van deze terrassen waren gemaakt van grote stenen die zo nauwkeurig in elkaar pasten dat zelfs vandaag de dag, net als bij de Egyptische piramides, er geen lemmet tussen gestoken kan worden. **[015]** Nadat de keermuur was gebouwd, werd

de fundering van het toekomstige veld voorbereid door middel van grove stenen bedekt met klei. Op deze basis werden lagen grond van enkele *feet* dik, oorspronkelijk geïmporteerd van voorbij de grote bergen, opgestapeld en vervolgens geëgaliseerd voor irrigatie. Het eindresultaat was een klein vlak veld met slechts net voldoende helling voor kunstmatige besproeiing. Met andere woorden, een reeks enorme bloempotten, elk voorzien van voldoende drainage aan de onderkant, werd door dit oude volk met ongelooflijke arbeid klaargemaakt voor hun gewassen. Dit waren de megalithische prestaties op het gebied van landbouw, waarbij 'onze ondernemingen in het niet vallen bij wat dit verdwenen ras heeft bereikt. De smalle vloeren en steile wanden van rotsachtige valleien die volstrekt waardeloos en hopeloos zouden lijken voor onze ingenieurs werden omgevormd, letterlijk omgevormd, tot vruchtbare gronden en waren de thuisbasis van krioelende bevolkingen in pre-historische dagen' (O. F. Cook). De ingenieurs van het oude Peru deden wat ze deden uit noodzaak omdat ijzer, staal, gewapend beton en de moderne krachtcentrales nog niet waren uitgevonden. Het plunderen van de bosgrond lag buiten hun bereik.

Deze terrasvormige velden moesten geïrrigeerd worden. Water moest over immense afstanden naar ze toe worden geleid door middel van aquaducten. Prescott vermeldt dat een aquaduct dat het district Condesuyu doorkruiste tussen de vier- en vijfhonderd mijl lang was. Cook geeft een foto van een van deze kanalen als een dunne donkere lijn die een steile bergwand vele honderden feets boven de vallei door-

kruist.

Deze oude landbouwmethoden worden tegenwoordig vertegenwoordigd door de terrascultuur in de Himalaya, de berggebieden van China en Japan en de geïrrigeerde rijstvelden in de heuvels van Zuid-India, Ceylon en de Maleisische archipel. Conway's beschrijving, gepubliceerd in 1894, van de terrassen van Hunza aan de noordwestelijke grens van India en van het kanaal dat over lange afstanden over de afgronden naar de enige beschikbare aanvoer van eeuwigdurend water wordt gevoerd -- de stroom van de Ultor-gletsjer -- komt bijna volledig overeen met wat hij in 1901 in de Boliviaanse Andes vond. Deze vooraanstaande geleerde en bergbeklimmer was van mening dat de inheemse bevolking van Hunza vandaag de dag in een beschavingsstadium leeft dat niet weinig overeenkomsten vertoont met dat van de Peruanen onder Inca-regering. Een voorbeeld van deze oude landbouwmethode is dus door de eeuwen heen bewaard gebleven. In een volgend hoofdstuk zal de relatie tussen de voedingswaarde van het voedsel dat op deze geïrrigeerde terrassen wordt verbouwd en de gezondheid van de mensen worden besproken. Dit overblijfsel uit het verleden is zowel interessant vanuit het oogpunt van voedselkwaliteit als vanuit zijn historische waarde.

Enkele andere landbouwsystemen uit het verleden zijn tot ons gekomen in de vorm van schriftelijke verslagen die ruim materiaal voor constructief onderzoek hebben geleverd. In het geval van Rome in het bijzonder een vrij volledige rekening van de positie van de landbouw, uit de periode van de monarchie tot de val van het Romeinse Rijk, is be-

schikbaar, de feiten kunnen gemakkelijk worden gevolgd in de geschriften van Mommsen, Heitland, en andere geleerden. In het geval van Rome laat de Servische Hervorming (Servius Tullius, 578-534 v. Chr.) niet alleen heel duidelijk zien dat de agrarische klasse oorspronkelijk de overhand had in de staat, maar ook dat er een poging werd gedaan om het collectieve lichaam van vrije boeren te behouden als het hart en merg van de gemeenschap. **[016]** De opvatting dat de grondwet zelf op het systeem van het vrije eigendom berustte, doordrong de hele Romeinse oorlogs- en veroveringspolitiek. Het doel van oorlog was om het aantal vrije leden te vergroten.

> De overwonnen gemeenschap werd ofwel gedwongen om volledig op te gaan in de burgerij van Rome, of, als ze niet tot deze extremiteit was teruggebracht, moest ze geen oorlogsbijdrage of vast tribuut betalen, maar een deel, meestal een derde deel, van haar domein afstaan, dat vervolgens regelmatig werd bezet door Romeinse boerderijen. Veel volken hebben overwinningen behaald en veroveringen gedaan zoals de Romeinen deden; maar geen enkele Romein heeft de grond die hij had gewonnen door het zweet des aanschijns tot de zijne gemaakt en door met de ploegschaar veilig te stellen wat met de lans was gewonnen. Wat door oorlog is veroverd, kan door oorlog weer uit de greep worden genomen, maar dat geldt niet voor de veroveringen die door de ploeg zijn gedaan; terwijl de Romeinen veel veldslagen verloren, stonden ze bij het sluiten van vrede bijna nooit Romeinse grond af, en voor dit resultaat waren ze schatplichtig aan de vasthoudendheid waarmee de boeren zich vastklampten aan hun akkers en hofsteden. De kracht van de mens en de staat ligt in hun heerschappij over de grond; de kracht van Rome was gebouwd op de meest uit-

gebreide en onmiddellijke heerschappij van haar burgers over de grond, en op de compacte eenheid van het lichaam dat zo'n stevig houvast verwierf.' (Mommsen.)

Deze prachtige idealen hielden geen stand. Tijdens de periode die verstreek tussen de vereniging van Italië en de onderwerping van Carthago, begon een geleidelijk verval van de boeren; de kleine boerderijen brachten niet langer een substantieel duidelijk rendement op; de boeren gingen een voor een ten onder; de morele toon en de spaarzame gewoonten van de vroegere eeuwen van de Republiek gingen verloren; het land van de Italiaanse boeren ging op in de grotere landgoederen. De landeigenaar-kapitalist werd het middelpunt van het onderwerp. Hij produceerde niet alleen goedkoper dan de boer omdat hij meer land had, maar hij begon ook slaven te gebruiken. Dezelfde ruimte die in de oude tijd, toen kleine boerderijen de overhand hadden, honderd tot honderdvijftig families had ondersteund, werd nu bezet door één familie van vrije personen en ongeveer vijftig, voor het grootste deel ongehuwde, slaven. Als dit de remedie was waarmee de in verval geraakte nationale economie weer op gang gebracht moest worden, dan vertoonde deze helaas een extreme gelijkenis met een ziekte' (Mommsen). De belangrijkste oorzaken van deze achteruitgang lijken viervoudig te zijn geweest: de voortdurende uitputting van de manschappen van het platteland door de legioenen, die culmineerde in de twee lange oorlogen met Carthago; de activiteiten van de Romeinse kapitalistische landheren die "net zoveel bijdroegen aan de achteruitgang van de kracht en het aantal van het Italiaanse volk als Hamilcar en Hannibal" (Mommsen); het

onvermogen om een evenwichtige landbouw tussen gewassen en vee tot stand te brengen en om de vruchtbaarheid van de grond te handhaven; de tewerkstelling van slaven in plaats van vrije arbeiders. Gedurende deze periode kwam de groothandel van Latium in handen van de grote landeigenaren, die tegelijkertijd speculanten en kapitalisten waren. Het natuurlijke gevolg was de vernietiging van de middenklasse, vooral van de kleine boeren, en de ontwikkeling van land- en geldheren aan de ene kant en van een agrarisch proletariaat aan de andere kant. **[017]** De macht van het kapitaal werd sterk vergroot door de groei van de klasse van belastingboeren en aannemers aan wie de staat zijn indirecte inkomsten verpachtte voor een vast bedrag. Latere politieke en sociale conflicten brachten geen echte verlichting voor de agrarische gemeenschap. Koloniën die gesticht werden om de Romeinse soevereiniteit over Italië veilig te stellen, boden boerderijen voor het landbouwproletariaat, maar de diepere oorzaken van het verval van de landbouw werden niet weggenomen, ondanks de inspanningen van Cato en andere hervormers. Een kapitalistisch systeem waarvan de schijnbare belangen fundamenteel tegengesteld waren aan een gezonde landbouw bleef overheersen. De laatste helft van de tweede eeuw werd gekenmerkt door achteruitgang en meer en meer decadentie. Toen kwam Tiberius Gracchus en de Agrarische Wet met de benoeming van een officiële commissie om de afname van de boerenklasse tegen te gaan door de uitgebreide oprichting van nieuwe kleine boerderijen uit het gehele Italiaanse grondbezit dat ter beschikking stond van de staat: tachtigduizend nieuwe Italiaanse boeren werden voorzien van land. Deze inspanningen om de land-

bouw zijn rechtmatige plaats in de staat terug te geven, gingen gepaard met veel verbeteringen in de Romeinse landbouw die helaas het meest geschikt waren voor grote landgoederen. Land dat niet langer in staat was om maïs te produceren werd weiland; vee zwierf nu over grote boerderijen; de wijnstok en de olijfboom werden met commercieel succes verbouwd. Deze landbouwsystemen moesten echter worden uitgevoerd met slavenarbeid, die constant moest worden geïmporteerd. Zulke extensieve landbouwmethoden leverden natuurlijk niet voldoende voedsel voor de bevolking van Italië. Er werd een beroep gedaan op andere landen om essentiële voedingsmiddelen te leveren; provincie na provincie werd veroverd om het groeiende proletariaat van maïs te voorzien. Deze gebieden gaven op hun beurt langzaam toe aan hetzelfde verval dat in Italië had plaatsgevonden. Uiteindelijk verlieten de rijke klassen de ontvolkte overblijfselen van het moederland en bouwden een nieuwe hoofdstad in Constantinopel. De situatie moest worden gered door een migratie naar nieuwe landen. In hun nieuwe hoofdstad vertrouwden de Romeinen op de onuitputtelijke vruchtbaarheid van Egypte en op die van Klein-Azië en de Balkan- en Donauprovincies.

Naar de gewone maatstaven van prestatie eindigde de landbouwgeschiedenis van het Romeinse Rijk in een mislukking door het onvermogen om het fundamentele principe te realiseren dat het behoud van de vruchtbaarheid van de bodem in combinatie met de legitieme aanspraken van de landbouwbevolking nooit in conflict mocht komen met de activiteiten van de kapitalist. Het belangrijkste bezit van een land is zijn

bevolking. Als deze in gezondheid en kracht wordt gehouden zal al het andere volgen; als dit wordt toegestaan om af te nemen kan niets, zelfs geen grote rijkdom, het land redden van uiteindelijke ondergang. Hieruit volgt dat de sterkst mogelijke steun van het kapitaal altijd een welvarend en tevreden platteland moet zijn. Een werkend compromis tussen landbouw en financiën had daarom ontwikkeld moeten worden. Het falen om dit te bereiken eindigde natuurlijk in de ondergang van beide.

DE PRAKTIJKEN VAN HET OOSTEN

In de landbouw van Azië worden we geconfronteerd met een systeem van boerenlandbouw dat in essentie al snel gestabiliseerd werd. Wat vandaag de dag op de kleine velden van India en China gebeurt, vond vele eeuwen geleden plaats. **[018]** We hoeven hier geen historische verslagen te bestuderen of een bezoek te brengen aan de overblijfselen van de megalithische landbouw in de Andes. De landbouwpraktijken van het Oosten hebben de ultieme test doorstaan -- ze zijn bijna net zo blijvend als die van het oerbos, de prairie of de oceaan. De kleine boerderijen in China bijvoorbeeld hebben nog steeds een constante productie en er is geen verlies van vruchtbaarheid na veertig eeuwen beheer. Wat zijn de belangrijkste kenmerken van deze oosterse landbouw?

De bedrijven zijn klein. Als we India als voorbeeld nemen, wordt de verhouding tussen menskracht en bebouwde oppervlakte in het Census Report van 1931 als volgt omschreven: Voor elke landbouwer is er 2,9 acres – 1.16 Hectare (1

acre = ca. 0,4 hectare), bebouwd land waarvan 0,65 acre geïrrigeerd is. De overeenkomstige cijfers van 1921 zijn 2,7 en 0,61. Deze cijfers illustreren hoe intens de strijd om het bestaan is in dit deel van de tropen. Deze kleine boerderijen worden vaak bebouwd met extensieve methoden (methoden die geschikt zijn voor grote gebieden) die noch de volledige energie van mens of dier, noch de potentiële vruchtbaarheid van de grond benutten.

In het Verre Oosten, China en Japan, gaat een vergelijkbaar systeem van kleine boerenbedrijven gepaard met een nog grotere bevolkingsdruk, zowel van mensen als van runderen. In de inleiding van *Farmers of Forty Centuries* stelt King dat de drie belangrijkste eilanden van Japan in 1907 een bevolking hadden van 46.977.000 mensen, die op 20.000 vierkante mijl – ca. 51 Km^2 – gecultiveerde velden leefden. Dat is 2.349 mensen per vierkante mijl of meer dan drie mensen per acre. Bovendien voedde Japan op elke vierkante mijl landbouwgrond een zeer grote dierenpopulatie -- 69 paarden en 56 runderen, die bijna allemaal in dienst waren; 825 stuks pluimvee; 13 varkens, geiten en schapen. Hoewel er in China geen nauwkeurige statistieken beschikbaar zijn, laten de voorbeelden die King aanhaalt een situatie zien die vergelijkbaar is met die in Japan. In de provincie Shantung hield een boer met een gezin van twaalf een ezel, een koe en twee varkens op 2,5 acre gecultiveerd land -- een bevolkingsdichtheid van 3.072 mensen, 256 ezels, 256 runderen en 512 varkens per vierkante mijl. Het gemiddelde van zeven bezochte Chinese bedrijven gaf een onderhoudscapaciteit van 1.783 mensen, 212 runderen of ezels en 399

varkens -- bijna 2.000 consumenten en 400 ruwe voedseltransformatoren per vierkante mijl landbouwgrond.
In vergelijking met deze opmerkelijke cijfers, waren de overeenkomstige statistieken voor 1900 in het geval van de Verenigde Staten per vierkante mijl: bevolking 61, paarden en muildieren 30.

Voedsel- en voedergewassen voeren de boventoon. De belangrijkste functie van de landbouw in het oosten is om de boeren en hun vee van voedsel te voorzien. Dit volgt automatisch uit de druk van de bevolking op het land: de grootste honger die de grond moet stillen is die van de maag. Een bijkomende honger is die van de machine die grondstoffen nodig heeft voor de productie. Deze extra honger is nieuw, maar heeft zich aanzienlijk ontwikkeld sinds de opening van het Suezkanaal in 1869 (waardoor de kleine akkers van de teler in effectief contact zijn gebracht met de markten van het Westen) en de vestiging van lokale industrieën zoals katoen en jute. Op beide hongergevoelens moet de vruchtbaarheid van de bodem reageren. We weten uit jarenlange ervaring dat de velden van India kunnen reageren op de honger van de maag. Of ze kunnen voldoen aan de extra eisen van de machine valt nog te bezien. Het Suezkanaal is pas zeventig jaar in bedrijf. De eerste katoenfabriek in India werd in 1818 geopend in Fort Gloster, vlakbij Calcutta. **[019]** De jute-industrie van Bengalen is binnen een eeuw groot geworden. Jute werd voor het eerst geëxporteerd in 1838. De eerste jutefabriek aan de Hoogly werd in 1855 in gebruik genomen. Deze lokale industrieën en de export van grondstoffen voor de fabrieken in het Westen leggen een extra beslag op

de vruchtbaarheid van de bodem. Hun toekomstig welzijn en zelfs hun bestaan is alleen mogelijk als er adequate maatregelen worden genomen om deze vruchtbaarheid in stand te houden. Het heeft natuurlijk geen zin om katoen- en jutefabrieken op te richten in India, om handelsagentschappen op te richten zoals die van Calcutta en om schepen te bouwen voor het vervoer van grondstoffen, tenzij dergelijke ondernemingen stabiel en permanent zijn. Het zou dwaasheid zijn en een duidelijke verspilling van kapitaal om zulke activiteiten voort te zetten als ze alleen gebaseerd zijn op de bestaande voorraad vruchtbare grond. Iedereen die betrokken is bij de *honger van de machine* - overheid, financiers, fabrikanten en distributeurs - moet ervoor zorgen dat de velden van India opgewassen zijn tegen de nieuwe last die de afgelopen vijftig jaar op haar schouders is gelegd. De eisen van handel en industrie aan de ene kant en de vruchtbaarheid van de grond aan de andere kant moeten in een juiste verhouding tot elkaar blijven staan.

De reactie van India op de twee honger's - de maag en de machine - zal blijken uit een studie van tabel I, waarin het areaal in acre onder voedsel en voedergewassen wordt vergeleken met die onder geldgewassen.De belangrijkste voedselgewassen in volgorde van belangrijkheid zijn rijst, peulvruchten, gierst, tarwe en voedergewassen. De geldgewassen zijn gevarieerder; katoen en oliehoudende zaden zijn het belangrijkst, gevolgd door jute en andere vezels, tabak, thee, koffie en opium. Het zal duidelijk zijn dat voedsel- en voedergewassen 86 procent van het totale areaal beslaan en dat geldgewassen qua omvang minder belangrijk zijn en slechts

een zevende van het totale bebouwde areaal uitmaken.

Table 1 Agricultural Statistics of British India, 1935-6	
Area, in acres, under food and fodder crops	
Rice	79,888,000
Millets	38,144,000
Wheat	25,150,000
Gram	14,897,000
Pulses and other food grains	29,792,000
Fodder crops	10,791,000
Condiments, spices, fruits, vegetables and miscellaneous food crops	8,308,000
Barley	6,178,000
Maize	6,211,000
Sugar	4,038,000
Total food and fodder crops	**223,397,000**

Area, in acres, under money crops	
Cotton	15,761,000
Oil seeds, chiefly ground-nuts, sesamum, rape, mustard and linseed	15,662,000
Jute and other fibres	2,706,000
Dyes, tanning materials, drugs, narcotics, and miscellaneous	1,458,000
Tobacco	1,230,000
Tea	787,000
Coffee	97,000
Indigo	40,000
Opium	10,000
Total money crops	**37,751,000**

Landbouwstatistieken van Brits-India, 1935-6 Areaal, in acre, – 0.4 Hect. – met voedsel- en voedergewassen Rijst

Een interessante verandering in de productie van Indiase voedselgewassen heeft plaatsgevonden in de afgelopen vijfentwintig jaar. De productie van suiker was vroeger onvoldoende voor de steden en grote hoeveelheden werden geïmporteerd uit Java, Mauritius en het Europese vasteland. Tegenwoordig kan India, dankzij het werk in Shahjahanpur in de Verenigde Provincies, de nieuwe rietsuikersoorten die in Coimbatore worden gekweekt en de bescherming die de suikerindustrie nu geniet, bijna zelfvoorzienend zijn op het gebied van suiker. De vooroorlogse – WO-I – gemiddelde hoeveelheid geïmporteerde suiker was 634.000 ton; in 1937-8 was het totaal gedaald tot 14.000 ton.

Gemengde teelten zijn de regel. In dit opzicht hebben de telers van het Oosten de methode van de natuur gevolgd zoals die in het oerbos te zien was. Gemengde teelten zijn misschien wel het meest universeel wanneer het graangewas het hoofdbestanddeel is. Gewassen zoals gierst, tarwe, gerst en maïs worden gemengd met een geschikte secundaire peulvrucht, soms een soort die veel later rijpt dan de graansoort. De duivenerwt (*Cajanus indicus* Spreng.), misschien wel het belangrijkste peulgewas van het Ganges alluvium, wordt verbouwd met gierst of met maïs. Het mengen van granen en peulvruchten lijkt beide gewassen te helpen. Als de twee samen groeien, verbetert het karakter van de groei. Scheiden de wortels van deze gewassen materialen uit die nuttig zijn voor elkaar? Is de *mycorrhizale* associatie in de wortels van deze tropische peulvruchten en granen de oorzaak van deze uitscheiding? Wetenschap op dit moment niet in staat is om deze vragen te beantwoorden: ze is nu pas begint te onder-

zoeken. [*-1)] Hier hebben we een ander voorbeeld waar de boeren van het Oosten hebben geanticipeerd en gehandeld op de oplossing van een van de problemen die de westerse wetenschap is nog maar net begint te erkennen. Wat ook de reden mag zijn waarom gewassen het best gedijen wanneer ze in geschikte combinaties worden gecombineerd, het feit blijft dat mengsels over het algemeen betere resultaten geven dan monocultuur. Dit wordt in Groot-Brittannië gezien in de groei van baggergraan, in gemengde gewassen van tarwe en bonen, wikke en rogge, klaver en raaigras, en in intensieve groenteteelt onder glas. De productie onder Nederlandse lampen – in kassen – is aanzienlijk toegenomen sinds de gemengde teelten van de Chinese groentetelers in Australië zijn gekopieerd. (Mr. F.A. Secrett was, geloof ik, de eerste die dit systeem op grote schaal in Groot-Brittannië introduceerde. Hij vertelde me dat hij het voor het eerst zag in Melbourne).

[021] Er is altijd een balans tussen vee en gewassen. Hoewel gewassen over het algemeen belangrijker zijn dan dieren in de oosterse landbouw, vinden we zelden of nooit gewassen zonder dieren. (De buffel is de melkkoe van het Oosten en is niet alleen in staat om nuttig werk te verrichten in de rijstteelt, maar ook om te leven en grote hoeveelheden rijke melk te produceren op een dieet waarop de beste melkkoeien van Europa en Amerika zouden verhongeren. De acclimatisatie van de Indiase buffel in de dorpen van de tropen

1 Één van de reden dat ik dit boek vertaal. Ik was bezig met een nieuwer boek over Schimmels/Bacteriën ('*Verweven Leven*' van Sheldrake uit 2020) Die hierin meerdere keren opmerkt dat *'we nog niets weten over de samenwerking tussen planten/bomen en schimmels/bacteriën'*.

- Afrika, Midden-Amerika, West-Indië in het bijzonder - zou veel doen om de vruchtbaarheid van de bodem en de voeding van de mensen te verbeteren).

Toch worden de afvalproducten van het dier, zoals vaak het geval is in andere delen van de wereld, niet altijd volledig benut voor het land. De Chinezen erkennen al eeuwenlang het belang van de urine van dieren en de grote waarde van dierlijk afval bij de bereiding van compost. In India wordt veel minder aandacht besteed aan deze afvalstoffen en wordt een groot deel van de beschikbare rundermest verbrand als brandstof. Aan de andere kant vinden menselijke uitwerpselen in de meeste Oosterse landen hun weg terug naar het land. In China worden ze verzameld om de gewassen direct te bemesten. In India worden ze geconcentreerd op de zone met veel bemeste grond direct rond elk dorp. Als de bevolking of een deel ervan overgehaald zou kunnen worden om een paar jaar lang een verder weg gelegen zone te gebruiken, zou de oppervlakte van de dorpsgronden met intensieve landbouw op zijn minst verdubbeld kunnen worden. Hier ligt een kans voor het nieuwe overheidssysteem in India om de productie te verhogen zonder ook maar één roepie uit te geven. In India zijn er 500.000 dorpen die elk omringd zijn door een zone van zeer vruchtbaar land dat voortdurend wordt overbebouwd door de gewoonten van de mensen. Als we de gewassen onderzoeken die op dit land worden verbouwd, zien we dat de opbrengsten hoog zijn en dat de planten opmerkelijk vrij zijn van ziekten. Hoewel er alleen al in India een half miljoen voorbeelden zijn van het verband tussen een vruchtbare bodem en een gezonde plant,

en deze natuurlijke experimenten al eeuwen in werking waren voordat experimentele stations zoals Rothamsted ooit werden bedacht, neemt de moderne landbouwwetenschap geen notitie van de resultaten en weigert ze resoluut als bewijs te accepteren, grotendeels omdat ze de steun negeren die door de gunstige resultaten – getallen – wordt geleverd. Ze ontdoen zich ook van een van de ideeën van de discipelen van Rudolph Steiner, die beweren dat het gebruik van menselijk afval in de landbouw schadelijk is.

Peulvruchten komen veel voor. Hoewel de westerse wetenschap pas in 1888, na een langdurige controverse van dertig jaar, eindelijk de belangrijke rol van peulgewassen bij het verrijken van de grond als bewezen accepteerde, hadden eeuwenlange ervaringen de boeren in het Oosten dezelfde les geleerd. Het peulgewas in de rotatie is overal een van hun oude vaste gebruiken. In sommige gebieden, zoals de Indo-Gangetische vlakte, wordt een van deze peulvruchten - de duivenerwt - ook gebruikt als bodemverbeteraar. Het diep spreidende wortelstelsel wordt gebruikt om de dicht opeengepakte slibbodems, die zo sterk lijken op die van de Holland Division van Lincolnshire in Groot-Brittannië, te beluchten.

[022] De teelt is over het algemeen oppervlakkig en wordt uitgevoerd door houten ploegen met een ijzeren punt. Bodemkerende ploegen, zoals die in het Westen worden gebruikt om onkruid te verdelgen, zijn nooit ontworpen door Oosterse volken. Hiervoor lijken twee redenen te zijn: (1) het omkeren van de grond voor het vernietigen van onkruid is niet nodig in een warm klimaat waar hetzelfde werk door

de zon voor niets wordt gedaan; (2) het behoud van het niveau van de velden is essentieel voor de drainage van het oppervlak, voor het voorkomen van plaatselijke waterverzadiging en voor irrigatie. Een andere reden voor deze oppervlakteteelt is onlangs naar voren gebracht. De stikstofvoorraad in de bodem in de vorm van organisch materiaal moet zorgvuldig bewaard worden: het maakt deel uit van het werkkapitaal van de landbouwer. Te veel cultiveren en diep ploegen zou deze reserve oxideren en het evenwicht van de bodemvruchtbaarheid zou snel vernietigd worden.

Waar mogelijk wordt rijst verbouwd. Verreweg het belangrijkste gewas in het oosten is rijst. In India is de productie van rijst, zoals al eerder is gezegd, groter dan die van alle twee voedselgewassen samen. Wanneer de bodem en de watervoorziening het toelaten, wordt er steevast rijst verbouwd. Een studie van dit gewas is verhelderend. Op het eerste gezicht lijkt rijst in tegenspraak met een van de grote principes van de landbouwwetenschap van het Westen, namelijk de afhankelijkheid van granen van stikstofhoudende meststoffen. In veel delen van India worden op hetzelfde land jaar na jaar grote rijstoogsten geproduceerd zonder dat er ook maar enige meststof aan wordt toegevoegd. De rijstvelden van het land exporteren padie in grote hoeveelheden naar de bevolkingscentra of naar het buitenland, maar er is geen overeenkomstige invoer van gecombineerde stikstof.

(Als we Birma als voorbeeld nemen van een gebied dat rijst exporteert naar landen buiten de zee, is er in de twintig jaar eindigend in 1924 ongeveer 25.000.000 ton padie geëxporteerd uit een gebied van ongeveer 4.000.000 hectare. Aange-

zien ongepelde rijst ongeveer 1,2% stikstof bevat, is de hoeveelheid van dit element, die gedurende twintig jaar overzee is verscheept of is vernietigd bij het verbranden van het kaf, in de buurt van 300.000 ton. Aangezien deze constante afvoer van stikstof niet wordt gecompenseerd door de invoer van mest, zouden we een geleidelijk verlies van vruchtbaarheid verwachten. Dit gebeurt echter niet in Birma of Bengalen, waar al eeuwenlang jaar na jaar rijst wordt verbouwd op hetzelfde land. Het is duidelijk dat de bodem ergens verse stikstof vandaan moet halen, anders zou het gewas niet meer groeien. De enige waarschijnlijke bron is fixatie vanuit de atmosfeer, waarschijnlijk in de ondergedompelde algenlaag op het oppervlak van de modder. Dit is een van de problemen van tropische landbouw waar nu onderzoek naar wordt gedaan).

Waar haalt het rijstgewas zijn stikstof vandaan? Eén bron is naar alle waarschijnlijkheid fixatie vanuit de atmosfeer in de ondergedompelde algenlaag op het oppervlak van de modder. Een andere bron is de rijstkwekerij zelf, waar de zaailingen worden gekweekt op land dat zwaar bemest is met koeienmest. Grote hoeveelheden stikstof en andere voedingsstoffen worden opgeslagen in de zaailing zelf; deze bevat op het moment van verplanten een echt arsenaal aan reserves van allerlei aard die de plant met succes door dit proces loodsen en waarschijnlijk ook een deel van de stikstof leveren die nodig is tijdens de daaropvolgende groei. De bemesting van de rijstzaailing illustreert een zeer algemeen principe in de landbouw, namelijk het belang van het starten van een gewas in een echt vruchtbare bodem en het zo rege-

len van zaken dat de plant een groot deel van wat het nodig heeft zo vroeg mogelijk in zijn ontwikkeling kan opnemen.
[023] Er is voldoende aanbod van arbeid. Arbeid is overal in overvloed aanwezig, zoals natuurlijk voortvloeit uit de grote dichtheid van de plattelandsbevolking. In India is het zelfs zo groot dat als de vrije tijd van de landbouwers en hun vee voor één jaar zou kunnen worden berekend als geld tegen de lokale tarieven, een perfect kolossaal bedrag zou worden verkregen. Deze vrije tijd wordt echter niet helemaal verspild. Het stelt de boeren en hun ossen in staat om bij te komen van de periodes van intensief werk die voorafgaan aan het zaaien van de gewassen en die nodig zijn in de oogsttijd. In deze periodes is tijd alles: iedereen werkt van zonsopgang tot zonsondergang. De voorbereiding van het land en het zaaien van de gewassen vereisen de grootste zorg en vaardigheid; het werk moet in zeer korte tijd worden voltooid, zodat een grote werkkracht essentieel is.

Het zal je opvallen dat in deze boerenlandbouw de grote druk van de bevolking op de grond tot armoede leidt, het duidelijkst waar, zoals in India, extensieve methoden worden gebruikt op kleine boerderijen die echt intensieve landbouw nodig hebben. Het is verbazingwekkend dat ondanks deze ongunstige factor de vruchtbaarheid van de bodem eeuwenlang behouden is gebleven: dit komt doordat er natuurlijke middelen zijn gebruikt en geen kunstmatige mest. De gewassen zijn bestand tegen insecten en schimmels zonder een dun laagje beschermend gif.

DE LANDBOUWMETHODEN VAN HET WESTEN

Als we een breed overzicht maken van de bijdrage die de velden van het Westen leveren, zien we dat ze zich bezighouden met het proberen te stillen van niet minder dan drie hongergevoelens: (1) de lokale honger van de plattelandsbevolking, inclusief de levende have; (2) de honger van de groeiende stedelijke gebieden, waarvan de bevolking onproductief is vanuit het oogpunt van bodemvruchtbaarheid; en (3) de honger van de machinevraat naar een constante stroom van grondstoffen die nodig zijn voor de productie. De stedelijke bevolking is in de afgelopen eeuw gegroeid uit alle kennis; de behoeften van de machine nemen toe naarmate deze steeds efficiënter wordt; dalende winsten worden opgevangen door de productie van gefabriceerde artikelen te verhogen. Dit alles verhoogt de druk op het land en doet een beroep op de vruchtbaarheid ervan. Het zal niet zonder belang zijn om de landbouw van het Westen kritisch te analyseren en te zien hoe die zich aanpast aan zijn groeiende taak. Dit kan worden gedaan door de belangrijkste kenmerken te onderzoeken. Deze zijn als volgt:

Het bedrijf heeft de neiging om groter te worden. Er is een grote variatie in de grootte van de landbouwbedrijven in het Westen, van de kleine familiebedrijven in Frankrijk en Zwitserland tot de immense collectieve boerderijen in Rusland en de uitgestrekte ranches in de Verenigde Staten en Argentinië. Naast deze groei in de grootte van de boerderij is er een afname van het aantal mannen per vierkante mijl. In Canada bijvoorbeeld daalde het aantal arbeiders per 1.000 acres bebouwd land van 26 in 1911 tot 16 in 1926. Sinds de

publicatie van deze gegevens is de omvang van de beroepsbevolking nog verder afgenomen. Deze stand van zaken is ontstaan door de schaarste en schaarste van arbeid, wat natuurlijk heeft geleid tot het bestuderen van arbeidsbesparende middelen.

[024] Monocultuur is de regel. Bijna overal worden gewassen puur geteeld. Behalve in tijdelijke graslanden zijn gemengde gewassen zeldzaam. Op de rijke prairielanden van Noord-Amerika is zelfs rotatie onbekend: tarwegewassen volgen elkaar op en er wordt geen poging gedaan om het stro om te zetten in humus door middel van urine en mest van vee. Het stro is een vervelende last en wordt jaarlijks verbrand.

De machine vervangt snel het dier. Toenemende mechanisatie is een van de belangrijkste kenmerken van de Westerse landbouw. Wanneer er een machine kan worden uitgevonden die menselijke of dierlijke arbeid bespaart, verspreidt deze zich snel. Machines en motoren van verschillende soorten zijn overal de regel. De elektrificatie van de landbouw begint. De onvermijdelijke opmars van de maaidorser in alle tarwe producerende gebieden van de wereld is een van de laatste voorbeelden van de mechanisatie van de landbouw in het Westen. Er wordt sneller en dieper geteeld. Er is een groeiend gevoel dat hoe meer en hoe dieper de grond wordt geroerd, hoe beter de oogst zal zijn. De uitvinding van de *gyrotiller*, een zware en dure grondkarn, is een van de antwoorden op deze vraag. De slaven van het Romeinse Rijk zijn vervangen door mechanische slaven. De vervanging van het paard en de os door de verbrandingsmotor en

de elektromotor heeft echter één groot nadeel. Deze machines lozen geen urine en mest en dragen dus niets bij aan het behoud van de vruchtbaarheid van de grond. In die zin zijn de slaven van de westerse landbouw minder efficiënt dan die van het oude Rome.

Kunstmest wordt veel gebruikt. Het kenmerk van de bemesting in het Westen is het gebruik van kunstmest. De fabrieken die zich tijdens de Grote Oorlog – WO-I – bezighielden met de fixatie van stikstof uit de lucht voor de productie van explosieven moesten andere markten vinden, het gebruik van stikstofhoudende meststoffen in de landbouw nam toe, tot vandaag de dag de meerderheid van de boeren en tuinders hun bemestingsprogramma baseren op de goedkoopste vormen van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) op de markt. Wat gemakkelijk omschreven kan worden als de NP-K-mentaliteit domineert de landbouw, zowel in de proefstations als op het platteland. Gevestigde belangen, verschanst in tijden van nationale nood, hebben een wurggreep gekregen.

Kunstmest vergt minder arbeid en minder problemen dan mest van de boerderij. De tractor is superieur aan het paard in kracht en werksnelheid: hij heeft geen voedsel nodig en geen dure verzorging tijdens zijn lange rusturen. Deze twee middelen hebben het gemakkelijker gemaakt om een boerderij te runnen. Er is een bevredigende winst- en verliesrekening verkregen. Voorlopig is de landbouw lonend gemaakt. Maar er zit nog een andere kant aan dit plaatje. Deze chemicaliën en machines kunnen niets doen om de grond gezond te houden. Door hun gebruik kunnen de groeipro-

cessen nooit in evenwicht worden gehouden door de processen van verval. Het enige wat ze kunnen bereiken is de overdracht van het kapitaal van de bodem naar de lopende rekening. Dat dit zo is zal veel duidelijker worden wanneer de pogingen die nu worden ondernomen om zonder dieren te boeren op hun onvermijdelijke mislukking uitlopen.

[025] Ziekten nemen toe. Met de verspreiding van kunstmatige gewassen en de uitputting van de oorspronkelijke voorraden humus die elke vruchtbare grond met zich meedraagt, is er een overeenkomstige toename van ziekten van gewassen en van de dieren die zich ermee voeden. Als de verspreiding van mond-en klauwzeer in Europa en de relatieve onbeduidendheid onder goed gevoede dieren in het Oosten worden vergeleken, of als de vergelijking wordt gemaakt tussen bepaalde gebieden in Europa, de conclusie is onvermijdelijk dat er een nauw verband moet zijn tussen defecte methoden van de landbouw en dierziekten. In gewassen zoals aardappelen en fruit, heeft het gebruik van het gif spray nauw gevolgd de vermindering van de leveringen van mest van de boerderij en de afname van de vruchtbaarheid.

Het conserveren van voedsel neemt ook toe. Een kenmerk van de landbouw van het Westen is de ontwikkeling van voedselconserveringsprocessen waarmee de reis van producten zoals vlees, melk, groenten en fruit tussen de grond en de maag wordt verlengd. Dit gebeurt door invriezen, door het gebruik van kooldioxide, door drogen en door inblikken. Hoewel voedsel op deze manier voor een bepaalde tijd wordt bewaard, wat is het effect van deze processen op de gezondheid van de gemeenschap gedurende een periode

van bijvoorbeeld vijfentwintig jaar? Is het mogelijk om de eerste versheid van voedsel te behouden? Zo ja, dan heeft de wetenschap een zeer reële bijdrage geleverd.

De wetenschap is ingeschakeld om de productie te helpen. Een ander kenmerk van de landbouw in het Westen is de ontwikkeling van de landbouwwetenschap. Er zijn inspanningen gedaan om de hulp in te roepen van een aantal afzonderlijke wetenschappen bij het bestuderen van de problemen van de landbouw en bij het verhogen van de productie van de grond. Dit heeft geleid tot de oprichting van talloze proefstations die elk jaar een grote hoeveelheid advies in de vorm van drukwerk uitstorten.

Deze paddestoelideeën van de landbouw falen; moeder aarde beroofd van haar manurale rechten is in opstand; het land gaat in staking; de vruchtbaarheid van de bodem neemt af. Een onderzoek van de gebieden die de bevolking en de machines van een land als Groot-Brittannië voeden, laat er geen twijfel over bestaan dat de bodem de druk niet langer aankan. De vruchtbaarheid van de bodem neemt snel af, vooral in de Verenigde Staten, Canada, Afrika, Australië en Nieuw-Zeeland. In Groot-Brittannië zelf is de echte landbouw al opgegeven, behalve op de beste gronden. Het verlies aan vruchtbaarheid over de hele wereld blijkt uit de groeiende dreiging van bodemerosie. De ernst van de situatie wordt bewezen door de aandacht die er nu aan wordt besteed in de pers en door de verschillende regeringen. In de Verenigde Staten, bijvoorbeeld, worden alle middelen van de overheid gemobiliseerd om te redden wat er over is van de goede aarde.

De landbouwgeschiedenis is kort besproken vanuit het oogpunt van bodemvruchtbaarheid. De belangrijkste kenmerken van de verschillende landbouwmethoden zijn samengevat. De belangrijkste daarvan zijn de bewerkingen van de natuur in het bos. Daar wordt optimaal gebruik gemaakt van zonlicht en regenval om zware gewassen te telen en tegelijkertijd niet alleen de vruchtbaarheid te behouden, maar zelfs grote humusreserves op te bouwen. De boeren van China, die veel aandacht besteden aan het terugbrengen van al het afval naar het land, komen het dichtst bij het ideaal dat de natuur heeft gesteld.[*-2)] Zij hebben een grote bevolking op het land gehouden zonder dat de vruchtbaarheid afnam. **[026]** De landbouw van het oude Rome faalde omdat het niet in staat was om de grond in een vruchtbare conditie te houden. De boeren in het Westen herhalen de fouten van het keizerlijke Rome. De grond van het Romeinse Rijk werd echter alleen gebruikt om de honger van een relatief kleine bevolking te stillen. De eisen van de machine waren toen bijna onbestaande. In het Westen zijn er relatief meer magen te vullen, terwijl de groeiende honger van de machine een extra belasting vormt voor de bodem. Het Romeinse Rijk duurde elf eeuwen. Hoe lang zal de suprematie van het Westen standhouden? Het antwoord hangt af van de wijsheid en moed van de bevolking in het omgaan met de dingen die er toe doen. Kan de mensheid haar zaken zo regelen dat haar belangrijkste bezit - de vruchtbaarheid van de grond - behouden blijft? Van het antwoord op deze vraag hangt de toekomst van de beschaving af.

2 Tot de komst van de '*Culturele revolutie*' van Mao Zedong – start in 1957 – toen de boeren hun land moesten af staan....enz, zie https://geschiedenis.nl/....Mao

[028]

DEEL I

DE ROL VAN BODEMVRUCHTBAAR-HEID IN DE LANDBOUW

© www

[028]

HOOFDSTUK 2

DE AARD VAN BODEMVRUCHTBAARHEID

WAT is bodemvruchtbaarheid? Wat betekent het precies? Hoe beïnvloedt het de bodem, het gewas en het dier? Hoe kunnen we dat het beste onderzoeken? In dit hoofdstuk wordt een poging gedaan om deze vragen te beantwoorden en aan te tonen waarom bodemvruchtbaarheid de basis moet zijn van elk permanent landbouwsysteem.

De aard van bodemvruchtbaarheid kan alleen worden begrepen als het wordt beschouwd in relatie tot de ronde van de natuur. In deze studie moeten we ons in het begin bevrijden van de conventionele benadering van landbouwproblemen door middel van de afzonderlijke wetenschappen en vooral van de statistische beschouwing van het bewijsmateriaal dat door het gewone veldexperiment wordt geleverd.

In plaats van het onderwerp op te delen in fragmenten en de landbouw stukje bij beetje te bestuderen met de analytische methoden van de wetenschap, die alleen geschikt zijn voor de ontdekking van nieuwe feiten, moeten we een synthetische aanpak kiezen en het levenswiel bekijken als één groot onderwerp en niet als een lappendeken van ongerelateerde dingen.

Alle fasen van de levenscyclus zijn nauw met elkaar ver-

bonden; ze maken allemaal integraal deel uit van de activiteit van de natuur; ze zijn allemaal even belangrijk; geen enkele kan worden weggelaten. Daarom moeten we bodemvruchtbaarheid bestuderen in relatie tot een natuurlijk werkend systeem en onderzoeksmethoden gebruiken die strikt in relatie staan tot zo'n onderwerp. We hoeven niet te streven naar kwantitatieve resultaten: de kwalitatieve zullen vaak volstaan. We moeten naar bodemvruchtbaarheid kijken zoals we naar een bedrijf zouden kijken, waar de winst- en verliesrekening samen moet worden genomen met de balans, de status van het bedrijf en de managementmethode. Het is de 'altogetherness' die belangrijk is in het bedrijfsleven, niet een bepaalde transactie of de winst of het verlies van het lopende jaar. Zo is het ook met bodemvruchtbaarheid. We moeten naar het bos kijken, niet naar de individuele bomen.

Het levenswiel bestaat uit twee processen -- groei en verval. Het ene is de tegenhanger van het andere.
Laten we eerst de groei bekijken. De grond brengt gewassen voort; deze vormen het voedsel voor dieren: gewassen en dieren worden opgenomen in het menselijk lichaam en daar verteerd. De perfect gegroeide, normale, krachtige mens is de hoogste natuurlijke ontwikkeling die we kennen.

Er is geen onderbreking in de keten van aarde tot mens, dit deel van het wiel van het leven is ononderbroken, het is ook een integratie, elke stap is afhankelijk van de laatste. Het moet daarom bestudeerd worden als een werkend geheel.
De energie voor de groeimachine komt van de zon; het chlorofyl in het groene blad is het mechanisme waarmee deze

energie wordt onderschept; de plant wordt daardoor in staat gesteld voedsel te produceren - koolhydraten en eiwitten te synthetiseren uit het water en andere stoffen die door de wortels en de kooldioxide van de atmosfeer worden opgenomen. De efficiëntie van het groene blad is daarom van het grootste belang; het hangt af van de voedselvoorziening van deze planeet, ons welzijn en onze activiteiten. Er is geen alternatieve voedingsbron. Zonder zonlicht en het groene blad zouden onze industrieën, onze handel en onze bezittingen snel nutteloos zijn.

De belangrijkste factoren waarvan het werk van het groene blad afhangt, zijn de toestand van de grond en de relatie met de wortels van de plant. De plant en de bodem komen in een versnelling door middel van het wortelstelsel op twee manieren - door de wortelharen en door de mycorrhizale associatie. De eerste voorwaarde voor deze versnelling is dat het interne oppervlak van de grond - de poriënruimte - zo groot mogelijk moet zijn tijdens de hele levensduur van het gewas. Op de wanden van deze poriënruimte, die bedekt zijn met dunne waterfilms, vinden de essentiële activiteiten van de bodem plaats. De bodembevolking, die voornamelijk bestaat uit bacteriën, schimmels en protozoën, zet haar levensverhaal voort in deze waterlagen.

Het contact tussen de bodem en de plant dat het best wordt begrepen, vindt plaats via de wortelharen. Dit zijn verlengstukken van de buitenste cellaag van de jonge wortel. Hun taak is om uit de dunne vochtfilms op de wanden van de poriënruimte het water en de opgeloste zouten op te nemen die nodig zijn voor het werk van de groene bladeren:

op deze manier kan geen echt voedsel de plant bereiken, alleen eenvoudige dingen die het groene blad nodig heeft om voedsel te synthetiseren. De activiteiten van de poriënruimte zijn afhankelijk van de ademhaling, waarvoor voldoende zuurstof nodig is. Een overeenkomstige hoeveelheid kooldioxide is het natuurlijke bijproduct. Om de zuurstoftoevoer op peil te houden en de hoeveelheid kooldioxide te verminderen, moeten de poriën in contact blijven met de atmosfeer. De grond moet worden geventileerd. Vandaar het belang van cultiveren.

Omdat de meeste bodemorganismen geen chlorofyl bezitten en bovendien in het donker moeten werken, moeten ze van energie worden voorzien. Dit wordt verkregen door de oxidatie van humus - de naam die gegeven wordt aan een complex residu van gedeeltelijk geoxideerd plantaardig en dierlijk materiaal samen met de stoffen die gesynthetiseerd worden door de schimmels en bacteriën die deze afvalstoffen afbreken.

Deze humus helpt ook om het cement te leveren waardoor de minuscule minerale bodemdeeltjes kunnen samenklonteren tot grotere samengestelde deeltjes en zo de poriënruimte in stand houden. Als de bodem een tekort aan humus heeft, wordt het volume van de poriën kleiner; de beluchting van de bodem wordt belemmerd; er is onvoldoende organische stof voor de bodembevolking; de machinerie van de bodem loopt terug; de toevoer van zuurstof, water en opgeloste zouten die de wortelharen nodig hebben, wordt verminderd; de synthese van koolhydraten en eiwitten in het groene blad verloopt in een lager tempo; de groei wordt beïnvloed. Hu-

mus is daarom een essentieel materiaal voor de bodem om de eerste fase van de levenscyclus te laten functioneren.

Er is nog een reden waarom humus belangrijk is. De aanwezigheid ervan in de bodem is een essentiële voorwaarde voor het goed functioneren van het tweede contact tussen bodem en plant - de mycorrhizale relatie. Door middel van deze verbinding kunnen bepaalde bodemschimmels, die van humus leven, de levende cellen van de jonge wortels binnendringen en een intieme relatie met de plant aangaan. Bodemschimmels en plantencellen leven nauwer samen dan de algen- en schimmelbestanddelen van het korstmos. Hoe de schimmel profiteert moet nog worden vastgesteld.

Hoe de plant profiteert is gemakkelijker te begrijpen. Als een geschikt preparaat van zulke wortels onder de microscoop wordt bekeken, zijn alle stadia in de vertering van het schimmelig mycelium te zien. Aan het einde van het partnerschap consumeert de wortel de schimmel en is zo in staat om de koolhydraten en eiwitten op te nemen die de schimmel gedeeltelijk uit de humus in de grond haalt. De mycorrhizale associatie is dus de levende brug waardoor een vruchtbare bodem (rijk aan humus) en het gewas direct met elkaar verbonden zijn en waardoor voedingsstoffen die klaar zijn voor onmiddellijk gebruik kunnen worden overgedragen van de bodem naar de plant. Hoe deze associatie het werk van het groene blad beïnvloedt, is een van de interessantste problemen die de wetenschap nu moet onderzoeken. Is de effectieve synthese van koolhydraten en eiwitten in het groene blad afhankelijk van de verteringsproducten van deze bodemschimmels? Het is meer dan waarschijnlijk dat

dit het geval moet blijken te zijn. Liggen deze verteringsproducten aan de basis van ziekteresistentie en kwaliteit? Daar lijkt het wel op. Als dit het geval is, volgt hieruit dat de gezondheid en het welzijn van de mensheid afhangen van de efficiëntie van deze mycorrhizale associatie.

In een vruchtbare bodem komen de bodem en de plant op twee manieren tegelijk in actie. Bij het leggen en onderhouden van deze contacten is humus essentieel. Het is daarom een belangrijke stof in de levenscyclus. Zonder deze stof kan het levenswiel niet effectief functioneren.

De rottingsprocessen die het levenswiel afronden en voltooien kunnen in werking worden gezien op de bodem van elk bos. Dit is al besproken. Er is aangetoond hoe het gemengde dierlijke en plantaardige afval wordt omgezet in humus en hoe het bos zichzelf bemest.

Dit zijn de essentiële feiten in het wiel van het leven. Groei aan de ene kant, verval aan de andere. In de landbouw van de natuur wordt een evenwicht gevonden en gehandhaafd tussen deze twee complementaire processen. De enige door de mens gemaakte landbouwsystemen - die in het Oosten te vinden zijn - die de tand des tijds hebben doorstaan, hebben deze regel in de natuur getrouw gekopieerd. Hieruit volgt dat de juiste relatie tussen de processen van groei en verval het eerste principe is van succesvolle landbouw. Landbouw moet altijd in balans zijn. Als we de groei versnellen, moeten we het verval versnellen. Als daarentegen de reserves van de bodem worden verspild, is de productie van gewassen geen goede landbouw meer, maar iets heel anders. De boer wordt een bandiet.

Het is nu mogelijk om de betekenis van bodemvruchtbaarheid duidelijker te definiëren. Het is de toestand van een humusrijke bodem waarin de groeiprocessen snel, soepel en efficiënt verlopen. De term duidt dus op zaken als overvloed, hoge kwaliteit en weerstand tegen ziekten. Een grond waarop tarwe - het voedsel van de mens - perfect groeit, wordt als vruchtbaar omschreven. Een weide waarop vlees en melk van de eerste klasse worden geproduceerd valt in dezelfde categorie. Een areaal met tuinbouwgewassen waarop groenten van de hoogste kwaliteit worden geteeld, heeft het toppunt van vruchtbaarheid bereikt.

Waarom heeft de vruchtbaarheid van de bodem zo'n grote invloed op de bodem, de plant en het dier? Door de humus die erin zit. De aard en eigenschappen van deze stof en de producten van de ontbinding ervan zijn daarom belangrijk. Deze zaken moeten nu worden bekeken.

Wat is humus? Een antwoord op deze vraag is gemakkelijker geworden door de verschijning in 1938 van de tweede editie van Waksman's bewonderenswaardige monografie over humus, waarin de resultaten van niet minder dan 1311 originele papers zijn teruggebracht tot een overzicht.

Waksman definieert humus als "een complex geheel van bruine tot donkergekleurde amorfe stoffen die zijn ontstaan tijdens de ontbinding van plantaardige en dierlijke resten door micro-organismen, onder aërobe en anaërobe omstandigheden, meestal in bodems, composten, veengebieden en waterbekkens. Chemisch gezien bestaat humus uit verschillende bestanddelen van het oorspronkelijke plantaardige materiaal dat bestand is tegen verdere afbraak; uit stoffen

die worden afgebroken; uit complexen die het resultaat zijn van afbraak door hydrolyseprocessen of door oxidatie en reductie; en uit verschillende verbindingen die door micro-organismen worden gesynthetiseerd. Humus is een natuurlijk lichaam; het is een samengestelde entiteit, net als plantaardige, dierlijke en microbiële stoffen; het is chemisch nog veel complexer, omdat al deze materialen bijdragen aan de vorming ervan. Humus bezit bepaalde specifieke fysische, chemische en biologische eigenschappen waardoor het zich onderscheidt van andere natuurlijke organische lichamen. Humus vormt op zichzelf of door interactie met bepaalde anorganische bestanddelen van de bodem een complex colloïdaal systeem, waarvan de verschillende bestanddelen door oppervlaktekrachten bij elkaar worden gehouden; dit systeem kan zich aanpassen aan veranderende omstandigheden van reactie, vocht en inwerking van elektrolyten. De talrijke activiteiten van de micro-organismen in de bodem vinden grotendeels in dit systeem plaats.

Bezien vanuit het standpunt van de chemie en fysica is humus dus geen eenvoudige stof: het is opgebouwd uit een groep zeer complexe organische verbindingen die afhankelijk zijn van de aard van de resten waaruit het wordt gevormd, van de omstandigheden waaronder afbraak plaatsvindt en van de mate waarin de ontbindingsprocessen zijn verlopen. Humus kan daarom niet overal precies hetzelfde zijn. Het moet een schepsel van omstandigheden zijn. Bovendien leeft het en wemelt het van een groot aantal micro-organismen die het grootste deel van hun voeding uit dit substraat halen. Humus in zijn natuurlijke staat is dyna-

misch, niet statisch. Vanuit het oogpunt van de landbouw hebben we dus niet te maken met eenvoudige dode materie zoals een zak ammoniumsulfaat, die geanalyseerd en gewaardeerd kan worden op basis van zijn chemische samenstelling, maar met een uitgestrekt organisch complex waarin een belangrijk deel van de onzichtbare arbeidskrachten van de boer - de organismen die het werk van de bodem uitvoeren - tijdelijk gehuisvest is. Humus omvat dus het element arbeid; ook in dit opzicht is het een van de belangrijkste factoren op de boerderij.

Het is essentieel om op dit punt enige aandacht te besteden aan de veelzijdige eigenschappen van humus en te beseffen hoe diep het verschilt van een chemische mest. Op dit moment zijn er over de hele wereld veldproeven aan de gang - alleen gebaseerd op het stikstofgehalte - om humus en verschillende kunstmest te vergelijken op het huidige gewas. Een blik op de eigenschappen van humus toont aan dat dergelijke veldproeven gebaseerd zijn op een fundamentele misvatting van wat bodemvruchtbaarheid inhoudt en misleidend en dus nutteloos zijn.

De eigenschappen van humus zijn door Waksman als volgt samengevat:

1. 1. Humus heeft een donkerbruine tot zwarte kleur.
2. 2. Humus is praktisch onoplosbaar in water, hoewel een deel ervan in zuiver water in colloïdale oplossing kan gaan. Humus lost in hoge mate op in verdunde alkali-oplossingen, vooral bij koken, en geeft dan een donkergekleurd extract; een groot deel van dit extract slaat neer wanneer de alkali-oplossing wordt geneutraliseerd door

minerale zuren.

3. 3. Humus bevat een iets grotere hoeveelheid koolstof dan plantaardige, dierlijke en microbiële lichamen; het koolstofgehalte van humus is meestal ongeveer 55 tot 56 procent, en bereikt vaak 58 procent.
4. 4. Humus bevat een aanzienlijke hoeveelheid stikstof, meestal ongeveer 3 tot 6 procent. De stikstofconcentratie kan vaak lager zijn dan dit cijfer; in het geval van bepaalde hoogveengebieden, bijvoorbeeld, kan het slechts 0,5-0,8 procent zijn. Het kan ook hoger zijn, vooral in ondergronden, en vaak 10 tot 12 procent bereiken.
5. 5. Humus bevat de elementen koolstof en stikstof in verhoudingen die dicht bij 10:1 liggen; dit geldt voor veel bodems en voor humus in zeebodems. Deze verhouding varieert aanzienlijk met de aard van de humus, het stadium van ontbinding, de aard en diepte van de grond waaruit het is verkregen, de klimatologische en andere omgevingsomstandigheden waaronder het is gevormd.
6. 6. Humus bevindt zich niet in een statische, maar in een dynamische toestand, aangezien het voortdurend wordt gevormd uit plantaardige en dierlijke resten en voortdurend verder wordt afgebroken door micro-organismen.
7. 7. Humus dient als energiebron voor de ontwikkeling van verschillende groepen micro-organismen en geeft tijdens de afbraak een continue stroom kooldioxide en ammoniak af.
8. 8. Humus wordt gekenmerkt door een groot vermogen tot base-uitwisseling, tot binding met verschillende andere bodembestanddelen, tot waterabsorptie en tot zwelling, en door andere fysische en fysisch-chemische eigenschappen

die het tot een zeer waardevol bestanddeel maken van substraten die plantaardig en dierlijk leven ondersteunen.

Aan deze lijst van eigenschappen moet de rol van humus als cement worden toegevoegd bij het creëren en in stand houden van de samengestelde bodemdeeltjes die zo belangrijk zijn voor het in stand houden van de bodem. Het effect van humus op het gewas is niets minder dan diepgaand. De boeren en boerinnen die in nauw contact staan met de natuur, kunnen aan het gewas zien of de grond humusrijk is of niet. De habitus van de plant ontwikkelt dan iets dat persoonlijkheid benadert; het gebladerte neemt een karakteristieke set aan; de bladeren krijgen de gloed van gezondheid; de bloemen ontwikkelen diepte in kleur; de minuscule morfologische karakters van het geheel van plantenorganen worden duidelijker en scherper. De wortelontwikkeling is overvloedig: de actieve wortels vertonen niet alleen turgiditeit maar ook bloei.

De invloed van humus op de plant is niet beperkt tot het uiterlijk van de verschillende organen. Ook de kwaliteit van de producten wordt beïnvloed. Zaden zijn beter ontwikkeld, leveren betere oogsten op en geven het vee een voldoening die de producten van versleten grond niet geven. Dieren hebben minder voedsel nodig als het van vruchtbare grond komt.

Groenten en fruit geteeld op humusrijk land zijn altijd superieur in kwaliteit, smaak en houdbaarheid ten opzichte van die geteeld op andere manieren. De kwaliteit van wijnen volgt dezelfde regel, als andere dingen gelijk blijven. Bijna elke dorpeling in landen als Frankrijk waardeert deze punten

en zal er vrijuit over praten zonder de minste aansporing.

In het geval van veevoer is onlangs een zeer interessant voorbeeld van de relatie tussen bodemvruchtbaarheid en kwaliteit onderzocht. Dit werd opgemerkt in de weiden van La Crau tussen Salon en Aries in de Provence. Hier worden de velden geïrrigeerd met modderig water, dat fijn verdeelde kalksteen uit de Durance bevat, en voornamelijk bemest met boerderijmest. De grond is open en waterdoorlatend, het land wordt van nature goed gedraineerd.

Alle factoren waarvan de vruchtbaarheid van de bodem afhangt, zijn hier samen aanwezig: een open bodem met veel organisch materiaal, voldoende vocht en een ideaal groeiklimaat. Elke veehouder die deze weiden voor het eerst ziet, zal er meteen van onder de indruk zijn: een wandeling door de velden tijdens het hooien zal hem voorbereiden op het nieuws dat het de eigenaars van kwaliteitsdieren loont om hun ruwvoer uit deze verre bron te halen. Elk jaar worden er verschillende stukken hooi geproduceerd die zo'n goede reputatie hebben dat de balen met vrachtwagens over grote afstanden naar de verschillende renstallen in Frankrijk worden vervoerd en zelfs naar Newmarket worden geëxporteerd. De kleine maag van het renpaard heeft het allerbeste voedsel nodig. De weiden van La Crau helpen daarbij.

De oorsprong van deze geïrrigeerde weiden zou een interessant verhaal opleveren. Ontstonden ze als resultaat van een reeks permanente beheerexperimenten naar het model van Broadbalk of door het werk van een oplettende lokale pionier? Ik vermoed dat het tweede alternatief dichter bij de waarheid zal liggen. Een duidelijk antwoord op deze vraag

is wenselijk, want tijdens een recente discussie in Rothamsted over het verband tussen een vruchtbare bodem en producten van hoge kwaliteit, werd gesteld dat er in de literatuur geen bewijs voor een dergelijk verband kon worden gevonden. De boeren in de Provence hebben dit echter wel geleverd en ook een maatstaf voor kwaliteit in de vorm van een bevredigende prijs. Voorlopig lijkt de enige manier om de kwaliteit te meten de verkoop ervan te zijn. Het kan niet worden gewogen en gemeten volgens de methoden van het laboratorium. Toch bestaat het: bovendien is het een zeer belangrijke factor in de landbouw. Blijkbaar hebben sommige proefstations deze factor nog niet onder de knie: de boeren wel. Hoe sneller er dus een effectieve samenwerking tussen deze twee instanties tot stand komt, hoe beter.

Het effect van bodemvruchtbaarheid op vee kan in het veld worden geobserveerd. Als dieren leven op gewassen moeten we natuurlijk verwachten dat het karakter van de plant met betrekking tot voeding worden doorgegeven aan voorraad. Dit is zo. Het effect van een vruchtbare bodem kan meteen worden gezien in de toestand van de dieren. Dit is misschien wel het gemakkelijkst waar te nemen in de ossen vetgemest op een aantal van de opmerkelijke weiden in Groot-Brittannië. De dieren vertonen een goed ontwikkelde bloei, de vacht en huid zien er goed uit en voelen goed aan, de ogen zijn helder, helder en levendig. De houding van het dier verraadt gezondheid en welzijn. Het is niet nodig om ze te wegen of te meten.

Een blik van een succesvolle veehouder of slager die gewend is om te gaan met eersteklas dieren, is voldoende om

te vertellen of alles goed is of dat er iets mis is met de grond of het management van de dieren of beide. De resultaten van een vruchtbare bodem en goede managementmethoden worden afgemeten aan de prijzen die deze dieren op de markt opbrengen en de status van de boer op deze markten. Het zou een verplicht onderdeel van de opleiding van landbouwonderzoekers moeten zijn om een aantal van de beste van onze Engelse runderen van de wei naar de markt te begeleiden en te kijken wat daar gebeurt. Ze zouden meteen ontdekken dat de meest vruchtbare weiden de beste dieren voortbrengen, dat veilingmeesters en kopers kwaliteit onmiddellijk herkennen en dat zulke dieren snel verkocht worden en de beste prijzen opbrengen. De reputatie van de weiden wordt uiteindelijk doorgegeven aan de slager en zijn klanten.

Humus biedt ook weerstand tegen insecten en schimmelziekten. De beste voorbeelden hiervan zijn misschien wel te vinden in het Oosten. In India hebben de gewassen die geteeld worden op de zeer vruchtbare gronden rond de 500.000 dorpen opmerkelijk weinig last van plagen. Dit onderwerp wordt uitgebreid behandeld in een volgend hoofdstuk, wanneer de terugtrekking van het gewas en het dier voor de parasiet wordt besproken.

De vruchtbaarheid van de bodem heeft niet alleen invloed op gewassen en vee, maar ook op de fauna van de plaats. Dit is misschien wel het gemakkelijkst te zien aan de vissen in beken die door gebieden stromen met sterk verschillende vruchtbaarheidsgraden. Een voorbeeld van zo'n verschil wordt genoemd aan het einde van hoofdstuk 5 van Isaak

Walton's Compleat Angler met de volgende woorden:

Het is zeker dat bepaalde velden in de buurt van Leominster, een stad in Herefordshire, schapen die erop grazen vetter maken dan de volgende en ook fijnere wol dragen; dat wil zeggen dat ze in het jaar waarin ze zich op zo'n bepaalde weide voeden, fijnere wol geven dan in het jaar voordat ze zich ermee voedden, en weer grover als ze terugkeren naar hun vorige weide; en weer fijnere wol geven als ze zich voeden op de weide met fijne wol. Wat ik je vertel, zodat je des te beter kunt geloven dat ik er zeker van ben, dat als ik een forel vang in de ene weide, hij wit en zwak zal zijn, en zeer waarschijnlijk waardeloos; en even zeker als ik een forel vang in de volgende weide, hij sterk en rood en wellustig zal zijn en veel beter vlees: vertrouw me, geleerde. Ik heb menig forel in een bepaalde weide gevangen, waarvan de vorm en de geëmailleerde kleur mij verheugden als ik hem zag: en ik heb dan met veel genoegen met Salomo geconcludeerd: "Alles is mooi in zijn seizoen".

Vruchtbaarheid van de bodem is de toestand die het resultaat is van de werking van de ronde van de natuur, van de ordelijke omwenteling van het wiel van het leven, van het aannemen en trouw uitvoeren van het eerste principe van de landbouw - er moet altijd een perfecte balans zijn tussen de processen van groei en verval. De gevolgen van deze toestand zijn een levende bodem, overvloedige oogsten van goede kwaliteit en vee dat de bloei van gezondheid bezit. De sleutel tot een vruchtbare bodem en een welvarende landbouw is humus.

[037]

HOOFDSTUK 3

HET HERSTEL VAN VRUCHTBAARHEID

Vanaf het moment dat de mens begon met het telen van gewassen en het fokken van dieren, werden de processen van de natuur verstoord. De vruchtbaarheid van de bodem werd geëxploiteerd voor het verbouwen van voedsel en de productie van grondstoffen - zoals wol, huiden en plantaardige vezels - die nodig waren voor kleding. Tot het begin van de Industriële Revolutie in het Westen werd het verlies aan humus bij deze landbouwactiviteiten gecompenseerd door afvalmateriaal terug te brengen naar de bodem of door nieuw land te ontginnen.

Waar de terugvoer van afval het verlies aan humus bij de productie compenseerde, werden de landbouwsystemen gestabiliseerd en was er geen verlies aan vruchtbaarheid. Het voorbeeld van China werd al aangehaald. De oude gemengde landbouw van een groot deel van Europa, inclusief Groot-Brittannië - gekenmerkt door een correct evenwicht tussen akkerbouw en veeteelt, de omzetting van afval in stalmest, schapenhouderijmethoden en het overvloedige gebruik van de tijdelijke heide - is een ander voorbeeld van hetzelfde.

De constante exploitatie van nieuwe gebieden om versleten land te vervangen is ook eeuwenlang doorgegaan en vindt nog steeds plaats. Soms ging dit gepaard met oorlogen en veroveringen, andere keren was het niet meer dan het in bezit nemen van verse prairie- of bosgrond waar die maar te vinden was. Sommige primitieve stammen passen een speciale methode toe. Het bos wordt afgebrand, de voorraad humus wordt omgezet in gewassen, het uitgeputte land wordt teruggegeven aan de natuur voor herbebossing en het opbouwen van een nieuwe humusreserve. Op een ruwe manier wordt de vruchtbaarheid in stand gehouden. Dergelijke verschuivende landbouw bestaat nog steeds over de hele wereld, maar net als het innemen van nieuw land is dit alleen mogelijk als de bevolking klein is en geschikt land overvloedig aanwezig. Dit verbrandingsproces is zelfs opgenomen in permanente landbouwsystemen en is van grote waarde gebleken bij de rijstteelt in West-India.

Hier moeten de hardnekkige gronden van de rijstkwekerijen tijdens het laatste deel van het hete seizoen worden voorbereid, zodat de zaailingen klaar zijn voor het uitplanten bij het aanbreken van de moesson. Dit wordt bereikt door de kwekerijen te bedekken met takken uit het bos en de massa in brand te steken. De hitte vernietigt de colloïden, herstelt de bodem en maakt bemesten en cultiveren van de rijstkwekerijen mogelijk.

Het is gemakkelijk om een evenwichtige landbouw te vernietigen. Zodra de vraag naar voedsel en grondstoffen toeneemt en er goede prijzen worden verkregen voor de producten van de bodem, wordt de druk op de vruchtbaarheid

van de bodem intens. De verleiding om deze vruchtbaarheid om te zetten in geld wordt onweerstaanbaar. De Westerse landbouw kwam onder deze druk te staan door de zeer snelle ontwikkelingen die volgden op de uitvinding van de stoommachine, de interne verbrandingsmotor, elektrisch aangedreven motoren en verbeteringen in communicatie en transport.

Fabriek na fabriek verrees; de vraag naar arbeidskrachten volgde; de stedelijke bevolking nam toe.

Al deze ontwikkelingen zorgden voor nieuwe en groeiende markten voor voedsel en grondstoffen.

Deze werden op drie manieren bevoorraad: door gebruik te maken van de bestaande vruchtbaarheid van de hele wereld, door het gebruik van een tijdelijk substituut voor de vruchtbaarheid van de bodem in de vorm van kunstmest, en door een combinatie van beide methoden. Het nettoresultaat is dat de landbouw uit balans is geraakt en daardoor instabiel.
Laten we kort de werking van de westerse landbouw bekijken vanuit het oogpunt van het gebruik van afvalstoffen om te ontdekken of de kloof tussen de verliezen en winsten van humus, die nu overbrugd wordt door kunstmest, verkleind of helemaal opgeheven kan worden. Als dit mogelijk is, kan er iets worden gedaan om het evenwicht in de landbouw te herstellen en stabieler en dus duurzamer te maken.

Er bestaan veel bronnen van organisch materiaal in de bodem, namelijk: (1) de wortels van gewassen, onkruid en gewasresten die tijdens de teelt worden ondergewerkt; (2) de algen die in de bovengrond worden aangetroffen; (3) tijde-

lijke leem, de graszoden van versleten grasland, vanggewassen en groenbemesters; (4) de urine van dieren; (5) stalmest; (6) de inhoud van de vuilnisbakken van onze steden en dorpen; (7) bepaalde fabrieksafvalstoffen die het resultaat zijn van de verwerking van landbouwproducten; (8) het afval van de stedelijke bevolking; (9) waterwieren, inclusief zeewier. Deze moeten nu heel kort worden besproken. In latere hoofdstukken zullen de meeste van deze zaken opnieuw worden genoemd en in meer detail worden besproken.

De restproducten die tijdens de teelt worden omgewoeld. Men realiseert zich niet altijd dat ongeveer de helft van elk gewas - het wortelstelsel - na de oogst in de grond blijft zitten en zo zorgt voor een continue terugkeer van organisch materiaal naar de bodem. Het onkruid en de wortels die tijdens de normale teelt geploegd worden, vullen deze voorraad aan. Als deze residuen, aangevuld met de vastlegging van stikstof uit de atmosfeer, gepaard gaan met een vakkundig bodembeheer dat de kostbare humusvoorraad beschermt, kan de productie van gewassen op een laag niveau worden gehouden zonder de toevoeging van welke mest dan ook, afgezien van de occasionele uitwerpselen van vee en vogels. Een goed voorbeeld van zo'n systeem van landbouw zonder mest is te vinden in de alluviale gronden van de Verenigde Provincies in India, waar de veldgegevens van tien eeuwen bewijzen dat het land jaar na jaar kleine gewassen produceert zonder dat de vruchtbaarheid afneemt. Er is een perfect evenwicht bereikt tussen de manurale behoeften van de geoogste gewassen en de natuurlijke processen die de vruchtbaarheid herstellen. Er wordt echter zeer goed op ge-

let dat er niet wordt overgecultiveerd, dat er niet op het verkeerde moment wordt gecultiveerd en dat de bodemprocessen niet worden gestimuleerd door chemische meststoffen. Dergelijke landbouwsystemen vormen als het ware de basis voor de ontwikkeling van de landbouw. Een vergelijkbaar, maar niet zo overtuigend resultaat wordt geleverd door het permanente tarweperceel in Rothamsted, waar dit gewas sinds 1844 op hetzelfde land zonder mest wordt verbouwd. Dit perceel, dat sinds 1839 zonder enige vorm van mest is, vertoonde de eerste achttien jaar een langzame productiedaling, waarna de opbrengst vrijwel constant was. De humusreserves die in dit geval overgebleven zijn uit de tijd van de gemengde landbouw, hebben blijkbaar bijna twintig jaar standgehouden. Er zijn echter twee duidelijke zwakke punten in dit experiment. Dit perceel vertegenwoordigt geen enkel landbouwsysteem, het spreekt alleen voor zichzelf. Er is niets gedaan om te voorkomen dat regenwormen en andere dieren een constante aanvoer van mest, in de vorm van hun afval, van het omliggende land meebrengen. Het is veel te klein om een significant resultaat op te leveren. Bodemalgen zijn een veel belangrijkere factor in de tropen dan in gematigde streken.

Toch komen ze in alle bodems voor en spelen ze vaak een rol in het behoud van de bodemvruchtbaarheid. Tegen het einde van het regenseizoen in landen zoals India ontstaat er een dikke algenfilm op het bodemoppervlak die een grote hoeveelheid gecombineerde stikstof immobiliseert die anders waarschijnlijk verloren zou gaan door uitspoeling. Terwijl deze film zich vormt, wordt de teelt opgeschort en

krijgt onkruid de kans om te groeien. Vlak voor het inzaaien van de gewassen voor koud weer in oktober wordt het land grondig bewerkt, waarna dit gemakkelijk afbreekbare en fijn verdeelde organische materiaal, dat rijk is aan stikstof, wordt omgezet in humus en vervolgens in nitraten. In hoeverre een soortgelijke methode kan worden toegepast in koudere landen moet nog worden onderzocht. In het Oosten past de teelt altijd op een opmerkelijke manier in de levenscyclus.

In het Westen wordt cultivatie gezien als een doel op zich en niet, zoals het zou moeten zijn, als een factor in het levenswiel. Europa kan nog veel leren van Azië op het gebied van bodembewerking.

Tijdelijke graslanden, vanggewassen, groenbemesters en de graszoden van versleten grasland zijn misschien wel de belangrijkste bron van humus in de westerse landbouw. Al deze gewassen ontwikkelen een groot wortelstelsel; de permanente en tijdelijke graslanden geven aanleiding tot veel resten organisch materiaal die zich ophopen in de bovengrond. Groenbemesters en vanggewassen ontwikkelen een bepaalde hoeveelheid zacht en gemakkelijk afbreekbaar weefsel. Als deze gewassen op de juiste manier worden gebruikt, kan een grote hoeveelheid nieuwe humus aan de bodem worden toegevoegd. De efficiëntie van deze methoden om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden, kan echter aanzienlijk worden verhoogd.

De urine van dieren. De belangrijkste stof bij de productie van humus uit plantaardig afval is urine - de afvoer van de actieve cellen en klieren van het dier. Het bevat in een op-

losbare en evenwichtige vorm alle stikstof en mineralen en waarschijnlijk ook de bijkomende groeistoffen die nodig zijn voor het werk van de schimmels en bacteriën die de verschillende vormen van cellulose afbreken - de eerste stap in de synthese van humus. Het bevat naar alle waarschijnlijkheid elke grondstof, bekend en onbekend, ontdekt en onontdekt, die nodig is voor de opbouw van een vruchtbare bodem. Veel van deze vitale stof voor het herstel van de vruchtbaarheid van de bodem wordt verspild of slechts gebrekkig gebruikt. Dit feit alleen al zou de desintegratie van de landbouw in het Westen verklaren.

Hoewel mest van boerenbedrijven altijd een van de belangrijkste middelen is geweest om bodemverliezen aan te vullen, zijn zelfs nu de methoden waarmee deze substantie wordt bereid ronduit betreurenswaardig. Het maken van mest is de zwakste schakel in de landbouw van de westerse landen. Eeuwenlang is deze zwakte de fundamentele fout geweest van de westerse landbouw, een die volledig over het hoofd wordt gezien door veel waarnemers en de overgrote meerderheid van de onderzoekers.

Vuilnisbakafval. De onzuivere cellulose- en keukenresten die in de vuilnisbakken van de steden terechtkomen, worden nu praktisch niet meer voor landbouwdoeleinden gebruikt. Deze worden meestal begraven op gecontroleerde stortplaatsen of verbrand.

Dierlijk afval. Een aantal afvalstoffen die verband houden met de verwerking van voedsel en sommige grondstoffen die nodig zijn in de industrie worden op het land gebruikt en vinden een afzetmarkt. De dierlijke resten omvatten materi-

alen zoals gedroogd bloed, veren, kanen, haarafval, hoef en hoorn, konijnenafval, slachtafval en visafval. Er is een grote vraag naar de meeste van deze stoffen, omdat ze goede resultaten geven op het land. Het enige nadeel is de beperkte beschikbare voorraad. De organische residuen van de industrie bestaan uit beschadigde oliekoeken, shoddy en looierijafval, waarvan shoddy, een bijproduct van de wolindustrie, het belangrijkste is. Deze twee soorten afval, dierlijk en industrieel, worden rechtstreeks op de bodem gebracht en leveren over het algemeen veel hogere prijzen op dan verwacht zou worden op grond van hun gehalte aan stikstof, fosfor en kalium. Dit komt omdat de bodem zo dringend humus nodig heeft en omdat het aanbod zo ver achterblijft bij de vraag. Het is waarschijnlijk dat een betere toepassing voor deze afvalstoffen zal worden gevonden als grondstoffen voor de composthopen van de toekomst, waar ze zullen fungeren als vervanging voor urine in de afbraak van vuilnisbak afval in plaatsen waar de aanvoer van boerderij mest is beperkt.

Wateronkruiden. Er wordt weinig gebruik gemaakt van waterkruiden om de bodemvruchtbaarheid op peil te houden. Misschien wel het nuttigst is zeewier, dat in bepaalde perioden van het jaar in grote hoeveelheden op de stranden wordt gegooid, jodium bevat en dierlijke resten bevat die nodig zijn om plantaardig afval om te zetten in humus. Veel van onze badplaatsen zouden gemakkelijk uit zeewier en vuilnisbakafval de enorme hoeveelheden humus kunnen maken die nodig zijn voor de boerderijen en tuinderijen in de buurt en zo de lokale landbouw in evenwicht houden. Er wordt

echter weinig of niets gedaan in deze richting. In sommige gevallen wordt het verzamelen van zeewier op plezierstranden door de boeren met goede resultaten opgepakt, maar het systematische gebruik van zeewier op de composthoop is nog toekomstmuziek.

De beken en rivieren die het neerslagoverschot afvoeren bevatten ook aanzienlijke hoeveelheden gecombineerde stikstof en mineralen in oplossing. Een groot deel hiervan zou kunnen worden onderschept door het verbouwen van geschikte planten aan de oevers van deze stromen, die grote hoeveelheden gemakkelijk afbreekbaar materiaal zouden leveren voor de productie van humus.

De nachtgrond[*-3)] en urine van de bevolking is op dit moment bijna volledig verloren gegaan voor het land.

In stedelijke gebieden is de concentratie van de bevolking de belangrijkste reden voor de ontwikkeling van rioleringssystemen via het water. De grootste moeilijkheid op het pad van de hervormer is de afwezigheid van voldoende land om dit afval te verwerken. In plattelandsdistricten zijn er echter geen onoverkomelijke obstakels voor het gebruik van menselijk afval.

Het zal duidelijk zijn dat in bijna alle gevallen de plantaardige en dierlijke resten van de westerse landbouw ofwel volledig worden verspild of anders slecht worden gebruikt. Er is

3 *) Nachtgrond is een historisch gebruikt eufemisme voor menselijke uitwerpselen die zijn verzameld uit beerputten, privies, emmerkasten, latrines, privéputten, septic tanks, enz. Dit materiaal werd meestal 's nachts uit de directe omgeving verwijderd door arbeiders die in deze handel werkzaam waren – WIKIPEDIA

op natuurlijke wijze een grote kloof ontstaan tussen de humus die gebruikt wordt bij de productie van gewassen en de humus die als mest wordt toegevoegd. Dit wordt opgevuld door chemische mest. Het gevolgde principe, gebaseerd op de traditie van Liebig, is dat tekorten in de bodemoplossing kunnen worden aangevuld door de toevoeging van geschikte chemicaliën. Dit is gebaseerd op een compleet verkeerd begrip van plantenvoeding. Het is oppervlakkig en fundamenteel ondeugdelijk. Het houdt geen rekening met het leven van de bodem, met inbegrip van de mycorrhiza associatie - de levende schimmel brug die bodem en sap verbindt. Kunstmatige mest leidt onvermijdelijk tot kunstmatige voeding, kunstmatig voedsel, kunstmatige dieren en uiteindelijk tot kunstmatige mannen en vrouwen.

Het gemak waarmee gewassen kunnen worden geteeld met chemicaliën heeft het juiste gebruik van afval veel moeilijker gemaakt. Als er een goedkoop substituut voor humus bestaat, waarom zou je het dan niet gebruiken? Het antwoord is tweeledig. In de eerste plaats kunnen chemicaliën nooit een vervanging zijn voor humus, omdat de natuur heeft bepaald dat de bodem moet leven en de mycorrhizale associatie een essentiële schakel moet zijn in de voeding van planten. In de tweede plaats kan het gebruik van een dergelijk substituut niet goedkoop zijn omdat de vruchtbaarheid van de bodem - een van de belangrijkste activa van een land - verloren gaat, omdat kunstmatige planten, kunstmatige dieren en kunstmatige mensen ongezond zijn en alleen kunnen worden beschermd tegen de parasieten, wiens taak het is om ze te verwijderen, door middel van gif sprays, vaccins en se-

rums en een duur systeem van patentgeneesmiddelen, panel artsen, ziekenhuizen, enzovoort. Wanneer de financiering van de productie van gewassen samen wordt gezien met die van de verschillende sociale voorzieningen die nodig zijn om de gevolgen van een ondeugdelijke landbouw te herstellen, en wanneer in gedachten wordt gehouden dat ons grootste bezit een gezonde, viriele bevolking is, verdwijnt de goedkoopheid van kunstmest helemaal. In de komende jaren zullen chemische meststoffen worden beschouwd als een van de grootste dwaasheden van het industriële tijdperk. De leringen van de landbouweconomen uit deze periode zullen worden afgedaan als oppervlakkig.

In het volgende hoofdstuk van dit boek worden de methoden besproken waarmee de landbouw van het Westen kan worden hervormd en in balans gebracht en het gebruik van kunstmest kan worden opgegeven.

[043]

DEEL II

HET INDORE-PROCES

[043]

HOOFDSTUK – 04

HET INDORE-PROCES

Het Indore Proces voor de productie van humus uit plantaardig en dierlijk afval werd tussen 1924 en 1931 ontwikkeld aan het Institute of Plant Industry in Indore, Centraal India, en 1931. Het werd vernoemd naar de Indiase staat waarin het ontstond, als dankbare herinnering aan alles wat de Indore Darbar deed om mijn taak in Centraal-India gemakkelijker en aangenamer te maken.

Hoewel de uitwerking van het eigenlijke proces slechts zeven jaar in beslag nam, hielden de fundamenten waarop het is gebaseerd me meer dan een kwart eeuw bezig. Twee onafhankelijke denk- en studielijnen leidden tot het uiteindelijke resultaat. Een daarvan betreft de aard van ziekte en wordt uitvoeriger besproken in hoofdstuk 11 onder het kopje -- 'De terugtrekking van het gewas en het dier voor de parasiet'. Het werd waargenomen in de loop van deze studies dat het behoud van bodemvruchtbaarheid is de echte basis van gezondheid en van weerstand tegen ziekten. De verschillende parasieten bleken slechts secundaire zaken te zijn: hun activiteiten waren het gevolg van de ineenstorting van een complex biologisch systeem - de bodem in zijn relatie tot de plant en het dier - als gevolg van onjuiste landbouwmetho-

den, een verarmde bodem of een combinatie van beide.

De tweede gedachtegang ontstond in de loop van negentien jaar (1905-24) die in Pusa aan plantenveredeling werd besteed, toen men zich geleidelijk realiseerde dat de volledige mogelijkheden van rasverbetering alleen kunnen worden bereikt als de grond waarop de nieuwe soorten worden geteeld, wordt voorzien van een voldoende toevoer van humus. Verbeterde variëteiten konden op zichzelf al rekenen op een opbrengstverhoging van ongeveer 10 procent: verbeterde variëteiten in combinatie met betere bodemomstandigheden bleken een opbrengstverhoging tot 100 procent of zelfs meer op te leveren. **[044]** Aangezien een verhoging van de opbrengst met zelfs maar 10 procent uiteindelijk een zware wissel zou trekken op de broze vruchtbaarheidsreserves van de Indiase bodems en geleidelijk tot hun verarming zou leiden, zou de plantenveredeling om blijvend succes te hebben een voortdurende aanvulling van het humusgehalte van de kleine velden van de Indiase boeren moeten omvatten. Het echte probleem was niet de verbetering van de variëteit, maar hoe tegelijkertijd de variëteit en de grond efficiënter te maken.

Rond het jaar 1918 begonnen deze twee tot dan toe onafhankelijke benaderingen van de problemen van de gewasproductie - door middel van pathologie en door middel van plantenveredeling - samen te smelten. Het werd steeds duidelijker dat het landbouwonderzoek zelf betrokken was bij het probleem; dat de organisatie verantwoordelijk was voor het niet herkennen van de dingen die ertoe doen in de landbouw en daarom hervormd zou moeten worden; de schei-

ding van het werk aan gewassen in compartimenten zoals plantenveredeling, mycologie, entomologie, enzovoort, zou moeten worden opgegeven; de plant zou moeten worden bestudeerd in relatie tot de bodem aan de ene kant en de landbouwpraktijken van de plaats aan de andere kant. Een benadering van de problemen van de teelt van gewassen op zo'n breed front was natuurlijk onmogelijk in een onderzoeksinstituut als Pusa, waar het werk aan gewassen was verdeeld in niet minder dan zes afzonderlijke secties. Het uitwerken van een methode om humus te maken uit afvalproducten en het bestuderen van de reactie van het gewas op verbeterde bodemomstandigheden zou inbreuk maken op het werk van vrijwel elke afdeling van het instituut. Omdat er in de wetenschap nooit vooruitgang is geboekt zonder volledige vrijheid, leek de enige manier om bodemvruchtbaarheid als één onderwerp te bestuderen het oprichten van een nieuw instituut waarin de plant het middelpunt van het onderwerp zou zijn en waar wetenschap en praktijk op het probleem konden worden losgelaten zonder rekening te houden met de bestaande organisatie van landbouwkundig onderzoek.

Dankzij de steun van een groep Centraal-Indiase staten en een grote subsidie van het Indiase Centrale Katoencomité werd het Instituut voor Plantenindustrie in 1924 in Indore opgericht. Centraal-India werd geselecteerd als de thuisbasis van dit nieuwe onderzoekscentrum om twee redenen: (1) het aanbod op een 99-jarige lease van een gebied van 300 hectare geschikt land door de Indore Darbar, en (2) de afwezigheid in het Centraal-Indiase Agentschap van een georganiseerd systeem van landbouwonderzoek zoals was gevestigd

in heel Brits-India. Dit gebied bood daarom enerzijds de grond en anderzijds de vrijheid van inmenging voor het uitwerken van een nieuwe aanpak, gebaseerd op het humusgehalte van de bodem, voor de problemen die ten grondslag lagen aan de productie van gewassen. (Een verslag van de organisatie van het Institute of Plant Industry werd gepubliceerd als *The Application of Science to Crop-Production* door de Oxford University Press in 1929).

Met het werk in Indore werden twee dingen bereikt: (1) het verouderde karakter van de huidige organisatie van landbouwonderzoek werd aangetoond; (2) er werd een praktische methode voor de productie van humus bedacht.

Het Indore Proces werd voor het eerst in detail beschreven in 1931 in hoofdstuk 4 van *The Waste Products of Agriculture.* Sindsdien is de methode toegepast door de meeste plantage-industrieën en ook op vele boerderijen en tuinen over de hele wereld. In de loop van dit werk is er niets toegevoegd aan de twee hoofdprincipes die aan het proces ten grondslag liggen, namelijk (1) de vermenging van plantaardig en dierlijk afval met een base om de zuurgraad te neutraliseren en (2) het beheer van de massa zodat de micro-organismen die het werk doen zo effectief mogelijk kunnen werken. **[045]** Er zijn echter een aantal kleine veranderingen in de werking voorgesteld. Sommige daarvan zijn gunstig gebleken voor het verhogen van de output. In het volgende verslag is de oorspronkelijke beschrijving gevolgd, maar alle nuttige verbeteringen zijn erin verwerkt: de techniek is bijgewerkt.

DE BENODIGDE GRONDSTOFFEN

1. Plantaardig afval. In gematigde landen zoals Groot-Brittannië zijn dit onder andere: stro, kaf, beschadigd hooi en klaver, snoeisel van heggen en oevers, onkruid inclusief zee- en waterkruid, snoeihout, hopranken en hoptouw, aardappelmest, resten van de tuinderij inclusief die van de kas, varens, gevallen bladeren, zaagsel en houtkrullen. Een beperkte hoeveelheid ander plantaardig materiaal zoals de schillen van katoenzaad, cacao en gemalen noten en bananenstengels zijn ook beschikbaar in de buurt van sommige grote steden.

In de tropen en subtropen bestaat het plantaardig afval uit zeer gelijkaardige materialen, waaronder de vegetatie van braakliggende terreinen, gras, planten gekweekt voor schaduw en groenbemesting, suikerrietbladeren en -stronken, alle gewasresten die niet door levende have worden geconsumeerd, katoenstelen, onkruid, zaagsel en houtkrullen, en planten gekweekt voor het leveren van composteerbaar materiaal aan de randen van velden, bermen en alle beschikbare vrije hoekjes.

Een continue aanvoer van gemengd droog plantaardig afval gedurende het hele jaar, in de juiste staat van verdeling, is de belangrijkste factor in het proces. De ideale chemische samenstelling van deze materialen moet zodanig zijn dat, na gebruik als strooisel voor levend vee, de koolstof-stikstof-verhouding in de buurt van 33:1 ligt. Het materiaal moet ook in zo'n fysische toestand zijn dat schimmels en bacteriën gemakkelijk toegang krijgen tot de weefsels en ze zonder vertraging kunnen afbreken. De schors, die de natuurlijke bescherming vormt van de celluloses en lignines tegen het

binnendringen van schimmels, moet eerst vernietigd worden. Dit is de reden waarom alle houtachtige materialen - zoals katoen en duivenpootstelen - altijd op de wegen in Indore werden gelegd en door het verkeer fijngemalen werden voordat ze gecomposteerd werden.

Overal ter wereld is een van de eerste bezwaren tegen de toepassing van het Indore Process dat er niets of slechts kleine voorraden composteringswaardig materiaal zijn. In praktisch al deze gevallen is een tekort aan afval al snel opgelost door een effectiever gebruik van het land en door daadwerkelijk planten te kweken voor compostering op elke mogelijke vierkante meter grond. Als de manier waarop de natuur zonlicht optimaal benut in het oerwoud wordt vergeleken met die op de gemiddelde boerderij of op het gemiddelde thee- en rubberlandgoed, dan wordt duidelijk welke speelruimte kan worden goedgemaakt bij het kweken van geschikt materiaal voor het maken van humus. Soms wordt het bezwaar gehoord dat dit alles te veel zal kosten. Het antwoord wordt gegeven door de stofschalen van Noord-Amerika. De grond moet zijn manurale rechten hebben, anders sterft de landbouw.

2. Dierlijke resten. De dierlijke resten die overal ter wereld beschikbaar zijn, zijn vrijwel hetzelfde - de urine en mest van vee, de uitwerpselen van pluimvee, keukenafval inclusief botten. Als er geen levende dieren worden gehouden en er geen dierlijke resten beschikbaar zijn, kunnen er alternatieven worden gebruikt zoals gedroogd bloed, slachtafval, hoef- en hoornpoeder, vismest, enzovoort. De afvalproducten van het dier in een of andere vorm zijn essentieel om

echte humus te maken, en wel om de volgende twee redenen.

(a) Het oordeel van moeder aarde tussen humus gemaakt met dierlijke resten en humus gemaakt met chemische activatoren zoals calciumcyaanamide en de verschillende ammoniakzouten is altijd in het voordeel van de eerste geweest. Je hoeft maar een handvol compost, gemaakt met deze twee methoden, te voelen en te ruiken om de voorkeur van de plant voor humus gemaakt met dierlijke resten te begrijpen. De ene voelt zacht aan met de geur van rijke bosaarde: de andere voelt vaak hard aan met een zure geur. Soms, wanneer de twee monsters van humus gemaakt van vergelijkbaar plantaardig afval worden geanalyseerd, wordt het betere rapport verkregen door de compost gemaakt met chemische activatoren. Wanneer ze echter op de grond worden aangebracht, draait de plant het oordeel van het laboratorium snel om. Dr. Rayner verwijst naar dit conflict tussen moeder aarde en de analist, in het geval van sommige composten die geschikt zijn voor boskwekerijen, met de volgende woorden:

> Volledige chemische analyses zijn nu beschikbaar voor een aantal van deze composts, en het is niet zonder belang om eraan te herinneren dat in de beginfase van het werk een competente criticus over een van hen rapporteerde - sindsdien bewezen als een van de meest effectieve een basis van vergelijkende analyse, als "een organische mest van relatief weinig waarde"; terwijl een andere - sindsdien bewezen als minst succesvol van alle geteste - werd goedgekeurd als een "eersteklas organische mest".

De activator die in het eerste geval werd gebruikt was gedroogd bloed, in het tweede geval een ammoniumzout.

(b) Er is nog nooit een permanent of effectief landbouwsysteem bedacht zonder het dier. Er zijn veel pogingen gedaan, maar vroeg of laat lopen ze stuk. De vervanging van levende have door kunstmatige wordt altijd gevolgd door ziekte op het moment dat de oorspronkelijke voorraad bodemvruchtbaarheid is uitgeput.

Waar levend vee wordt gehouden, is het belangrijk om hun afvalproducten - urine en mest - op de meest effectieve manier op te vangen.

In Indore werd het werkvee in goed geventileerde stallen met aarden vloeren gehouden en dagelijks op bed gelegd met gemengd plantaardig afval met ongeveer 5 volumeprocent hard materiaal zoals houtkrullen en zaagsel. Het vee sliep 's nachts op dit strooisel, toen het nog verder werd opgebroken en geïmpregneerd met urine.

De volgende ochtend werden het vuile strooisel en de koeienmest naar de kuilen gebracht om gecomposteerd te worden; de aarden vloer werd vervolgens schoongeveegd en alle natte plekken werden bedekt met nieuwe aarde, nadat de zeer natte plekken waren weggeschraapt. Op deze manier werd alle urine van de dieren geabsorbeerd; alle stank in de veestallen werd vermeden en het broeden van vliegen in de aarde onder de dieren werd volledig voorkomen. Daarna werd een nieuwe laag strooisel voor de volgende dag gelegd.

[047] Elke drie maanden werd de aarde onder het vee ver-

verst, de met urine geïmpregneerde aarde werd fijngemalen in een vijzelmolen en overdekt opgeslagen bij de compostputten. Deze urinegrond, gemengd met de beschikbare houtas, diende als een gecombineerde activator en basis bij het composteren.

In de tropen, waar een overvloed aan arbeidskrachten is, zal het niet moeilijk zijn om het plan van Indore te kopiëren. Alle urine kan worden geabsorbeerd: al het vuile strooisel kan elke ochtend in de compostputten worden gebruikt.

In landen als Groot-Brittannië en Noord-Amerika, waar arbeid zowel schaars als duur is, zal er meteen bezwaar worden gemaakt tegen het Indore-plan. Betonnen of schuine vloeren zijn hier de regel. De waardevolle urine en mest worden vaak met een watersproeier naar de riolering afgevoerd. In dergelijke gevallen kan de onmisbare urine echter ofwel op de vloeren zelf worden geabsorbeerd door aan het strooisel stoffen toe te voegen zoals turf en zaagsel gemengd met een beetje aarde, of de urine kan in kleine gemetselde kuilen net buiten het gebouw worden geleid, gevuld met een geschikt absorptiemiddel dat periodiek wordt verwijderd en vernieuwd. Op deze manier kunnen tanks met vloeibare mest worden vermeden. De urine moet in elk geval worden gebruikt voor compostering.

3. Bases voor het neutraliseren van een te hoge zuurgraad.
Bij het maken van humus wordt het gistende mengsel al snel zuur van reactie. Deze zuurgraad moet geneutraliseerd worden, anders kan het werk van de micro-organismen niet met

de vereiste snelheid doorgaan. Daarom is een base nodig. Als er calcium- of kaliumcarbonaten beschikbaar zijn in de vorm van krijt- of kalksteenpoeder of houtas, vormen deze materialen alleen, samen of gemengd met aarde een geschikte basis om de algemene reactie binnen het optimale bereik (pH 7,0 tot 8,0) te houden dat nodig is voor de micro-organismen die cellulose afbreken. Als er geen houtas, kalksteen of krijt beschikbaar is, kan aarde alleen worden gebruikt. Gebluste kalk kan ook worden gebruikt, maar is minder geschikt dan carbonaat. Ongebluste kalk is een veel te krachtige basis.

4. Water en lucht. Water is nodig gedurende de hele periode waarin humus wordt gemaakt. Overvloedige beluchting is ook essentieel tijdens de eerste stadia. Als er te veel water wordt gebruikt, wordt de beluchting van de massa belemmerd, stopt de fermentatie en kan deze al snel anaeroob worden. Als er te weinig water wordt gebruikt, vertragen de activiteiten van de micro-organismen en stoppen ze vervolgens. De ideale toestand is dat het vochtgehalte van de massa tijdens de eerste stadia op ongeveer de helft van de verzadiging wordt gehouden, zo dicht mogelijk bij de toestand van een uitgeperste spons. Hoe eenvoudig dit ook klinkt, in de praktijk is het absoluut niet eenvoudig om het vochtgehalte en de beluchting van een composthoop gelijktijdig op peil te houden, zodat de micro-organismen effectief hun werk kunnen doen. De neiging is bijna overal om de massa te dicht te laten slibben.

[048] De eenvoudigste en meest effectieve methode om wa-

ter en zuurstof samen te brengen is waar mogelijk gebruik te maken van de regenval - wat een verzadigde oplossing van zuurstof is - en de gistende massa in het begin altijd open te houden, zodat atmosferische lucht kan binnendringen en het geproduceerde kooldioxide kan ontsnappen.

Nadat de voorafgaande schimmelfase is voltooid en het plantaardig afval voldoende is afgebroken om door bacteriën te worden verwerkt, verloopt de synthese van humus onder anaerobe omstandigheden wanneer er geen speciale maatregelen voor de beluchting van de dichte massa mogelijk of nodig zijn.

KUILEN VERSUS HOPEN

Er zijn twee methoden om het bovenstaande afval om te zetten in humus. Er kunnen kuilen of hopen worden gebruikt. Als de gistende massa snel kan uitdrogen of afkoelen, moet de productie in ondiepe kuilen plaatsvinden. Dit bespaart aanzienlijk op water. De temperatuur van de massa blijft meestal hoog en gelijkmatig. Soms is compostering in kuilen echter nadelig vanwege waterverzadiging door stormwater, door hevige regenval en door het stijgen van het grondwater van onderaf. Dit alles resulteert in een natte, drassige massa waarin geen sprake is van voldoende luchttoevoer. Om een dergelijke waterverzadiging te voorkomen, zijn de composteringsputten: (1) omringd door een afvoer om het oppervlaktewater af te voeren; (2) beschermd door een rieten dak waar veel regen valt en zware moessonregens de regel zijn; of (3) voorzien van putten op geschikte punten in combinatie met een lichte helling van de vloer van de put

naar de afvoerhoek. Als de grondwaterspiegel tijdens het regenseizoen sterk stijgt, moet er bij het plaatsen van de putten op worden gelet dat er geen water van onderaf kan binnendringen.

Om de kosten van het graven van kuilen te besparen en plaatsen te gebruiken waar niet gegraven kan worden, wordt compost op hopen gecomposteerd. Er kan veel gedaan worden om de efficiëntie van de hoop te verhogen door het composteringsgebied te beschermen tegen regenwater door middel van opvanggoten en door geschikte beschutting tegen de wind, die vaak alle gisting voorkomt aan de meer blootgestelde kanten van de hoop. In gematigde klimaten moeten hopen altijd naar het zuiden gericht zijn en waar mogelijk voor een zuidmuur gemaakt worden en beschermd worden tegen wind uit het oosten en westen. Het effect van zware regenval op het vertragen van de fermentatie kan worden verminderd door de hoop zo groot mogelijk te maken. Grote hopen doen het altijd beter dan kleine.

Op plaatsen met veel moessonregen, zoals Assam en Ceylon, is er een duidelijke tendens om de hoop of kuil te voorzien van een grasdak, zodat de fermentatie gelijkmatig kan verlopen en de jaarlijkse productie niet wordt verstoord door tijdelijke wateroverlast.

Na een jaar of twee wordt het dak zelf gecomposteerd. In Groot-Brittannië kunnen rieten horden worden gebruikt.

DE HOPEN OF KUILEN OPLADEN

Een geschikte maat voor de compostkuilen (waar de jaar-

lijkse productie in de buurt van 1000 ton ligt) is 30 voet bij 14 voet en 3 voet diep met aflopende zijkanten. De diepte is de belangrijkste afmeting vanwege de beluchtingsfactor. Lucht percoleert de gistende massa tot een diepte van slechts 18 tot 24 inch, dus voor een hoogte van 36 inch moet extra beluchting worden voorzien. Dit wordt gedaan door middel van verticale ventilatieopeningen, om de 4 voet, die gemaakt worden met een licht breekijzer terwijl elk deel van de kuil wordt gevuld.

Het laden van een put van 30 voet lang gebeurt in zes secties van elk 5 voet breed. De eerste sectie blijft echter vrij zodat de inhoud kan worden gekeerd. De tweede sectie wordt eerst gevuld. Een laag plantaardig afval van ongeveer 6 inch diep wordt over de put gelegd met een breedte van 5 voet. Dit wordt gevolgd door een laag vervuild strooisel of mest van de boerderij van 2 inches dik. De mestlaag wordt vervolgens goed besprenkeld met een mengsel van urinegrond en houtas of met alleen aarde, waarbij ervoor wordt gezorgd dat er niet meer dan een dun laagje van ongeveer een achtste inches dik wordt toegevoegd. Als er te veel wordt toegevoegd, wordt de beluchting belemmerd. De sandwich wordt dan bewaterd waar nodig met een slang die voorzien is van een roos om de nevel op te breken. Het laaden bewateringsproces wordt dan op dezelfde manier voortgezet totdat de totale hoogte van de sectie 5 voet bereikt. Drie verticale beluchtingsgaten met een diameter van ongeveer 4 inch worden dan in de massa gemaakt door een koevoet van links naar rechts te bewegen. De eerste opening is in het midden, de andere twee halverwege tussen het mid-

den en de zijkanten. Aangezien de put 14 voet breed is en er drie openingen zijn, zullen deze 3 voet 6 inch uit elkaar liggen. De volgende sectie van de kuil (5 voet breed) wordt dan dicht bij de eerste opgebouwd en bewaterd zoals voorheen. Als er vijf secties klaar zijn, is de kuil gevuld. De voordelen van het vullen van een kuil of het maken van een hoop in secties tot de volledige hoogte van 5 voet zijn: (1) de fermentatie begint meteen in elke sectie en er gaat geen tijd verloren; (2) de massa wordt niet vertrapt; (3) in elke voltooide sectie kunnen ventilatieopeningen gemaakt worden zonder op het mengsel te staan.

In droge klimaten moet de bijdrage van elke dag aan de kuil 's avonds opnieuw licht bewaterd worden en de bewatering moet de volgende ochtend herhaald worden. Op deze manier wordt de eerste watergift op het moment van laden in drie porties toegevoegd - één op het moment van laden, 's avonds nadat het laden voltooid is en opnieuw de volgende ochtend na een interval van twaalf uur. Het doel van deze procedure is om de massa de nodige tijd te geven om het water te absorberen.

De totale hoeveelheid water die moet worden toegevoegd aan het begin van de fermentatie hangt af van de aard van het materiaal, het klimaat en de regenval. In Groot-Brittannië is het in de regel niet nodig om water te geven. Als het materiaal ongeveer een kwart van het volume vers groenvoer bevat, kan de benodigde hoeveelheid water aanzienlijk worden verminderd. Bij regenachtig weer, als alles vochtig is, is helemaal geen water nodig. Het juiste water geven is een kwestie van lokale omstandigheden en individueel be-

oordelingsvermogen. Op geen enkel moment mag de massa nat zijn en op geen enkel moment mag de kuil volledig uitdrogen. Bij de Iceni Nurseries in Zuid-Lincolnshire in Groot-Brittannië, waar de jaarlijkse regenval ongeveer 24 inch is en een groot deel van het verse groene tuinafval wordt gecomposteerd, is het niet nodig om de hopen in alle stadia water te geven. **[050]** In Indore in Centraal-India, waar de regenval ongeveer 50 inches is, die in ongeveer vier maanden viel, was water geven altijd essentieel, behalve tijdens het eigenlijke regenseizoen. Deze twee voorbeelden bewijzen dat er nooit een algemene regel kan worden vastgesteld voor de hoeveelheid water die moet worden toegevoegd bij het composteren. De hoeveelheid hangt af van de omstandigheden. In Indore was 200 tot 300 gallon water nodig voor elke kubieke feet afgewerkte humus.

Als elk deel van de kuil klaar is, is alles klaar voor de ontwikkeling van een actieve schimmelgroei, de eerste fase in de productie van humus. Het is essentieel om deze groei zo snel mogelijk op gang te brengen en vervolgens in stand te houden. In de regel is het al goed ingeburgerd op de tweede of derde dag na het opladen. Al snel na de eerste schimmelgroei begint de massa te krimpen en zal na een paar dagen de kuil net vullen, waarbij de diepte wordt teruggebracht tot ongeveer 36 inch.

Twee dingen moeten goed in de gaten gehouden en voorkomen worden tijdens de eerste fase: (1) het ontstaan van anaerobe omstandigheden, meestal veroorzaakt door te veel water geven of door een gebrek aan aandacht voor de details van het laden; dit wordt meteen aangegeven door de geur en

door het verschijnen van vliegen die proberen zich voort te planten in de massa; als dit gebeurt moet de kuil meteen omgedraaid worden; (2) de gisting kan vertragen door gebrek aan water. In zulke gevallen moet de massa worden bewaterd. Ervaring zal snel leren welke hoeveelheid water nodig is op het moment van lading.

DE COMPOST KEREN

Om een gelijkmatige vermenging en rotting te verzekeren en om de nodige hoeveelheid water en lucht te voorzien voor de voltooiing van de aerobe fase is het nodig om het materiaal twee keer te keren.

Eerste *keer.* De eerste keer moet 2 tot 3 weken na het vullen gebeuren. De vrije ruimte, ongeveer 5 voet breed, aan het einde van de kuil maakt het mogelijk om de massa gemakkelijk aan één kant te draaien met behulp van een hooivork. Het gistende materiaal wordt losjes opgestapeld tegen het vrije uiteinde van de kuil, waarbij ervoor wordt gezorgd dat de onveranderde laag die in contact staat met de lucht naar het midden van de nieuwe hoop wordt gedraaid. Terwijl het omkeren plaatsvindt, wordt de massa indien nodig bewaterd, net als bij het laden, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het materiaal vochtig is, maar niet doordrenkt met water. Het doel moet zijn om de massa voldoende vocht te geven om de fermentatie tot de tweede draai voort te zetten. Om dit te bereiken moet voldoende tijd worden gegeven voor de absorptie van water. De beste manier is om op dezelfde manier te werk te gaan als bij het vullen en het benodigde wa-

ter in twee stappen toe te voegen -- tijdens het draaien en de volgende ochtend. Terwijl de nieuwe hoop wordt gemaakt, moet met een koevoet nog een reeks verticale luchtopeningen worden gemaakt met een onderlinge afstand van 3 voet en 6 inches.

Tweede *keer.* Ongeveer vijf weken na de lading wordt het materiaal een tweede keer gekeerd, maar in omgekeerde richting. Tegen die tijd is het schimmelstadium bijna voorbij, wordt de massa donkerder van kleur en vertoont het materiaal duidelijke tekenen van afbraak. Vanaf nu nemen bacteriën een steeds groter aandeel in de humusproductie en wordt het proces anaeroob. **[052]** De tweede omwenteling is een geschikte gelegenheid om voldoende water toe te voegen om de fermentatie te voltooien. Dit moet worden toegevoegd tijdens het draaien zelf en opnieuw de volgende ochtend om het vochtgehalte op de ideale toestand te brengen - die van een uitgeperste spons. Naarmate de productie vordert, zal je merken dat de massa verkruimelt en dat het steeds minder moeilijk wordt om het materiaal vochtig te houden. Dit komt door twee dingen: (1) er is minder water nodig tijdens de fermentatie; (2) het absorberend en watervasthoudend vermogen van de massa neemt snel toe naarmate het stadium van afgewerkte humus nadert.

Kort na de tweede beurt begint het rijpingsproces. Tijdens deze periode vindt de fixatie van stikstof uit de lucht plaats. Onder gunstige omstandigheden kan maar liefst 25 procent extra vrije stikstof worden verkregen. Van de extra vrije stikstof kan worden verkregen uit de atmosfeer.

De activiteit van de verschillende micro-organismen die hu-

mus synthetiseren kan het gemakkelijkst gevolgd worden aan de hand van de temperatuurgegevens. Een zeer hoge temperatuur, ongeveer 65°C. , wordt vastgesteld aan het begin, die zich voortzet met een gematigde neerwaartse gradiënt tot 30°C. aan het einde van negentig dagen. Dit bereik komt goed overeen met de optimale temperatuurcondities die nodig zijn voor de micro-organismen die cellulose afbreken. De aërobe thermofiele bacteriën gedijen het best tussen 40°C en 55°C. Voor elke beurt vindt er een duidelijke vertraging van de fermentatie plaats: dit gaat gepaard met een daling van de temperatuur.

Zodra de massa opnieuw wordt gemaakt, wanneer een grondiger bijmenging met overvloedige beluchting plaatsvindt, is er een hernieuwde activiteit waarbij het onopgeloste deel van het plantaardig materiaal van de buitenkant van de hoop of kuil wordt aangevallen. Deze activiteit wordt gevolgd door een duidelijke temperatuurstijging.

DE OPSLAG VAN HUMUS

Drie maanden na het laden hebben de micro-organismen hun taak volbracht en is humus volledig gesynthetiseerd. Het is nu klaar voor het land. Als het na de rijping op hopen wordt bewaard, moet men rekening houden met een verlies aan efficiëntie. De oxidatieprocessen zullen doorgaan. Nitrificatie zal beginnen, wat resulteert in de vorming van oplosbare nitraten. Deze kunnen verloren gaan door uitspoeling tijdens hevige regenval of ze zullen de anaerobe organismen voorzien van precies het materiaal dat ze nodig hebben voor hun zuurstofvoorziening. Dergelijke verliezen treden niet in

dezelfde mate op wanneer de humus wordt opgeslagen door het aan de grond toe te voegen. Vers bereide humus is misschien wel het belangrijkste bezit van de boer en moet daarom worden verzorgd alsof het echt geld is. Het is ook een belangrijk onderdeel van de levende have van de boerderij. Hoewel deze levende have alleen onder de microscoop te zien is, vereist het net zoveel aandacht en zorg als de varkens die met het blote oog te zien zijn. Als humus moet worden opgeslagen, moet het afgedekt worden bewaard en van tijd tot tijd worden gekeerd.

PRODUCTIE

De productie van compost per jaar hangt natuurlijk af van de omstandigheden. Op het Institute of Plant Industry in Indore, waar de aanvoer van urine en mest altijd groter was dan die van plantaardig afval, konden vijftig karrenvrachten (elk 27 c. ft.) rijpe compost, dat wil zeggen 1.350 kubieke voet of 50 kubieke yard, worden bereid.

Een kubieke feet, kon worden bereid uit één span ossen. Als er voldoende plantaardig afval beschikbaar was geweest, had de hoeveelheid minstens verdubbeld kunnen worden. Het werkvee in Indore was van het Malvi-ras, ongeveer driekwart zo groot als de gemiddelde melkkoe in landen als Groot-Brittannië. De urine en mest van een gemiddelde Engelse koe of os zouden daarom, als ze goed gecomposteerd werden met voldoende afval, ongeveer zestig karrenvrachten humus per jaar produceren, wat gelijk staat aan ongeveer 1.600 kubieke feet of 60 kubieke yards. – 48,9 m^3 –

Omdat het vochtgehalte van humus gedurende het jaar varieert van 30 tot 60 procent, is het onmogelijk om de productie in tonnen te registreren tenzij het percentage water wordt bepaald. Dit probleem kan worden opgelost door de productie uit te drukken in kubieke feet of kubieke yard. De dosering per acre moet ook worden uitgedrukt in kubieke feet of kubieke yard. Twee kubieke yard – 1,8 m^3 – compost weegt ongeveer een ton.

Bij het bedenken van het Indore Proces is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van landbouwervaringen, inclusief die uit het verleden. Na de methoden van de natuur, zoals te zien in het bos, zijn de praktijken die het meeste licht werpen op de bereiding van humus die van het Oosten, die beschreven zijn door King in *Farmers of Forty Centuries*. In China heeft een natie van oplettende boeren voor zichzelf eenvoudige methoden uitgewerkt om al het plantaardige, dierlijke en menselijke afval dat beschikbaar is terug te brengen naar de bodem: een dichte bevolking is in stand gehouden zonder enige afname in vruchtbaarheid.

Bij de meer zuivere laboratoriumonderzoeken naar de productie van humus bleken er twee van grote waarde bij het perfectioneren van het Indore Proces: (1) de artikelen van Waksman waarin het grote belang van micro-organismen bij de vorming van humus consequent werd benadrukt en (2) het werk van H.B. Hutchinson en E.H. Richards over kunstmatige mest van boerenerven. Waksman's nadruk op de rol van micro-organismen in de vorming van humus en op het grote belang van de juiste samenstelling van het afval dat moet worden omgezet, heeft veel gedaan om het onderwerp

uit een moeras van chemische details en empirisme te halen en naar het brede vlak van de biologie te tillen waar het terecht toe behoort. Toen men zich eenmaal realiseerde dat compostering afhankelijk is van het werk van schimmels en bacteriën, kon de hervorming van de verschillende composteringssystemen die overal ter wereld te vinden zijn, ter hand worden genomen. De essentie van humusproductie is eerst de organismen te voorzien van de juiste grondstof en vervolgens te zorgen voor geschikte werkomstandigheden. Hutchinson en Richards kwamen het dichtst bij het Indore Proces, maar er werden twee fatale fouten gemaakt: (1) het gebruik van chemicaliën in plaats van urine als activator bij het afbreken van plantaardig afval, en (2) het patenteren van het ADCO-proces. Urine bestaat uit de afvoer van elke cel en elke klier van het dierlijke lichaam en bevat niet alleen de stikstof en mineralen die nodig zijn voor de schimmels en bacteriën die cellulose afbreken, maar ook alle bijkomende groeistoffen. De ADCO-poeders leveren slechts fabrieksmatig gemaakte chemicaliën en kalk -- een veel inferieure basis dan de houtas en aarde die worden gebruikt in het Indore Process. Het richt de aandacht op opbrengst in plaats van op kwaliteit. **[053]** Het introduceert in compostering dezelfde fundamentele fout die in de landbouw wordt gemaakt, namelijk het gebruik van chemicaliën in plaats van natuurlijke mest. Verder plaatst het patenteren van een proces (zelfs als, zoals in dit geval, de patenthouders geen persoonlijk voordeel behalen) de onderzoeker altijd in slavernij; hij wordt de slaaf van zijn eigen schema; starheid neemt de plaats in van flexibiliteit; vooruitgang wordt dan moeilijk, of zelfs onmogelijk. Het ADCO-proces werd in 1916

gepatenteerd: in 1940 is de methode in feite onveranderd gebleven.

De test voor elk proces voor het omzetten van afvalproducten van de landbouw in humus is flexibiliteit en aanpasbaarheid aan alle mogelijke omstandigheden. Het moet zich ook ontwikkelen en in staat zijn om nieuwe kennis en nieuwe gezichtspunten te absorberen wanneer deze zich voordoen. Tot slot moet het suggestief zijn en nieuwe en veelbelovende onderzoekslijnen aangeven. Als het Indore Process deze strenge testen kan doorstaan, zal het snel verweven raken in de landbouwpraktijk. Dan zal het een blijvend karakter hebben gekregen en zijn doel hebben bereikt -- het teruggeven van hun manuriale rechten op de bodems van deze planeet. In de volgende vier hoofdstukken wordt de vooruitgang beschreven die de afgelopen acht jaar is geboekt in de richting van dit ideaal.

[054]

HOOFDSTUK – 05

PRAKTISCHE TOEPASSINGEN VAN HET INDORE PROCES

Nadat het eerste volledige verslag van het Indore Process in 1931 was gepubliceerd, volgde de toepassing van de methode in een aantal centra zeer snel. De eerste resultaten werden samengevat in een lezing die verscheen in het nummer van de Journal of the Royal Society of Arts van 8 december 1933. Ongeveer 2000 extra exemplaren van deze lezing werden gedrukt en verspreid gedurende de volgende twee jaar. Tegen het einde van 1935 werd het duidelijk dat de methode zeer snel vooruitgang boekte over de hele wereld: een toenemende stroom van interessante resultaten werd gerapporteerd. Deze werden beschreven in een tweede lezing op 13 november 1935, die werd afgedrukt in het Journal of the Society van 22 november 1935. Deze lezing werd vervolgens opnieuw uitgegeven in pamfletvorm. In totaal zijn er 6.425 extra exemplaren van deze tweede lezing verspreid. In 1936 werd er nog meer vooruitgang geboekt, waarvan een kort verslag verscheen in het Journal of the Royal Society of Arts van 18 december 1936; er werden 7.500 exemplaren gedrukt.

Er zijn twee vertalingen van de lezing uit 1935 gepubliceerd. De eerste in het Duits in Der Tropenpflanzer van februari 1936, de tweede in het Spaans in de Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica van maart 1937. Deze kranten hebben veel gedaan om het Indore proces bekend te maken over de hele wereld en om een aantal nieuwe en actieve composteringscentra op te starten. De stand van zaken in juli 1938 werd kort geschetst in een artikel dat werd gepubliceerd in het Journal of the Ministry of Agriculture of Great Britain van augustus 1938.

In dit en de volgende hoofdstukken wordt een poging gedaan om de voortgang tot aan het moment van ter perse gaan samen te vatten. Het is handig om deze informatie eerst te rangschikken onder gewassen.

KOFFIE

Het eerste centrum in Afrika dat met het proces begon, was het Kingatori Estate bij Kyambu, een paar mijl van Nairobi, waar het werk in februari 1933 begon. Bij puur toeval zag ik het eerste begin van compostering op dit landgoed. Dit gebeurde tijdens een rondreis door Afrika waarbij ik ook de Great Rift Valley bezocht. **[055]** Toen ik op het punt stond om vanuit Nairobi te vertrekken op deze expeditie, kwam Major Belcher, de manager van Kingatori, naar me toe en zei dat hij net opdracht had gekregen van Major Grogan, de eigenaar van het landgoed, om het Indore proces te starten en al het mogelijke afval om te zetten in humus. Hij vroeg me hem te helpen en ter plekke verschillende praktische details te bespreken. Ik zag af van de tocht naar de Great Rift

Valley en bracht de dag door op het Kingatori Estate, waar het duidelijk was uit de algemene toestand van de struiken en de textuur van de grond dat een voortdurende toevoer van vers gemaakte humus dit landgoed zou transformeren, waarvan mij werd verteld dat het representatief was voor de koffie-industrie in de buurt van Nairobi. In een brief van 19 september 1933 rapporteerde majoor Belcher zijn eerste resultaten als volgt:

> Ik heb nu 30 kuilen in regelmatig gebruik en haal gemiddeld 5 ton rijpe compost uit elke kuil. Dit geeft me een bemesting van 3-1/2 ton per acre per jaar en zou, denk ik, de grond geleidelijk in een echt goede conditie moeten brengen.
>
> Ik heb al 30 acres bewerkt, maar het is nog wat vroeg om enig resultaat te zien. Het is 30 acres jonge 4 jaar oude koffie met een zware oogst. Op dit moment ziet het er prachtig uit en als dat zo blijft tot de oogst in december wordt geplukt en de bomen volgend jaar weer zwaar kunnen dragen, twijfel ik er niet aan dat de compost daarvoor verantwoordelijk is. Jonge bomen met een grote oogst zijn erg geneigd om last te krijgen van afsterven van de primaries en lichte bonen en geen oogst in het volgende jaar. Op dit moment is daar niets van te merken.
>
> Ik heb veel geïnteresseerde bezoekers gehad en de boekhandelaar in Nairobi moet steeds meer exemplaren van *The Waste Products of Agriculture* bestellen.
>
> De districtscommissaris in Embu is uitgebreid met het proces begonnen met het dubbele doel om de sanitaire omstandigheden in het dorp en de vruchtbaarheid van de grond te verbeteren. In feite is hij er al enige tijd voor ons mee begonnen.

> Ik heb begrepen dat het binnenkort illegaal wordt om geiten- en rundermest uit de reservaten van de kolonie te exporteren. Een zeer invloedrijk lid van de koffie-industrie merkte tegen me op dat hij dacht dat uw proces een revolutie teweeg zou brengen in de koffieteelt en een ander zei dat hij het beschouwde als de grootste stap voorwaarts van de afgelopen tien jaar.'

Twee jaar later stuurde hij me een tweede rapport waarin hij verklaarde dat er in de afgelopen 28 maanden 1.660 ton compost, met ongeveer 1,5 procent stikstof, op dit landgoed was gemaakt en op het land was gebracht. De kosten per ton waren 4s. 4d. -- voornamelijk de kosten voor het verzamelen van de grondstof. Het werk in uitvoering werd getoond aan een constante stroom bezoekers uit andere delen van Kenia, Rhodesië, Oeganda, Tanganyika en Belgisch Congo. Majoor Belcher is de tel kwijtgeraakt van het werkelijke aantal.

Dit pionierswerk heeft veel meer gedaan dan het Indore Proces in het routinewerk van het landgoed in te passen. Het diende als experimenteerstation en demonstratiegebied voor de koffie-industrie over de hele wereld. **[056]** Vele nieuwe centra volgden Kingatori op. De snelle verspreiding van de methode wordt als volgt samengevat door Majoor Grogan in een brief gedateerd Nairobi, 15 mei 1935:

> U zult blij zijn te horen dat uw proces zich snel verspreidt in deze streken en nu erkend is als routinepraktijk op de meeste van de goed geleide koffieplantages. Het cumulatieve effect van twee jaar op mijn plantage is geweldig. Ik heb nu rondom mijn koffieputten een groot gebied met olifantengras aange-

legd om bulk te leveren en we hebben heel wat zakgeld verdiend met de verkoop van olifantengras aan het platteland. Ik ben nu op zoek naar de beste inheemse peulvruchten om samen met olifantsgras te verbouwen en krijg zeer hoopvolle resultaten van de verschillende Crotalerias en Tephrosias die ik uit de woestijngebieden van Taveta heb meegenomen. Ze gaan snel weg en houden zo stand tegen het lokale onkruid.'

Majoor Grogan heeft in zijn verwijzing naar de verspreiding van het Indore Proces in Oost-Afrika een zeer belangrijke factor weggelaten, namelijk zijn persoonlijke aandeel in dit resultaat. Hij nam het initiatief tot de eerste proef op de Kingatori Estate en heeft er altijd op aangedrongen dat de methode in Kenia een kans zou krijgen. In Tanganyika heeft de invloed van Sir Milsom Rees, G.C.V.O., tot vergelijkbare resultaten geleid.

Dit voorbeeld van de introductie en verspreiding van het Indore Process op de koffieplantages van Kenia en Tanganyika is om drie redenen in detail gegeven: (1) het was een van de eerste toepassingen van de Indore methode op de plantage-industrieën; (2) het is typerend voor veel andere soortgelijke toepassingen elders; en (3) het stelde mij voor het eerst een nieuw werkterrein voor tijdens mijn pensionering waarin de onderzoekservaring van een mensenleven volledig kon worden benut.

Kenia en Tanganyika zijn slechts twee van de koffiecentra van de wereld. De grootste producent is de Nieuwe Wereld. Hier is bevredigende vooruitgang geboekt na de publicatie in de *West India Committee Circular* van 23 april 1936 van

een kort verslag van het Indore Process.

Dit leidde tot belangrijke ontwikkelingen, eerst in Costa Rica en daarna in Centraal- en Zuid-Amerika, als gevolg van een Spaanse vertaling door Senor Don Mariano Montealegre van mijn lezing uit 1935 lezing voor de Royal Society of Arts waarnaar al verwezen is. Deze werd in alle delen van Latijns-Amerika gelezen: de lezing vestigde de aandacht op de essentiële noodzaak van organisch materiaal bij de productie van koffie in de Nieuwe Wereld. Gedurende de volgende twee jaar werden niet minder dan zeven Spaanse vertalingen van mijn artikelen over humus gepubliceerd in de *Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica.* In januari 1939 verscheen een speciaal nummer van de *Revista* getiteld *En Busca del Humus* (Op zoek naar Humus). Dit nummer was gewijd aan een verzameling artikelen waarin het Indore Process en de verschillende ontwikkelingen van de afgelopen acht jaar werden beschreven.

De duidelijke reactie van koffie op humus in Afrika, India en de Nieuwe Wereld suggereerde dat het gewas een mycorrhiza-vormer zou blijken te zijn. Een aantal monsters van de oppervlaktewortels van koffieplanten werd verzameld in Travancore, Tanganyika en Costa Rica en naar huis gestuurd voor onderzoek. In alle gevallen vertoonden ze de mycorrhizale associatie.

THEE

De Oost-Afrikaanse resultaten met koffie suggereerden natuurlijk dat er iets gedaan moest worden met thee - een sterk

georganiseerde plantage-industrie met de meeste plantages in grote groepen, gecontroleerd door een klein Londens directoraat, grotendeels gerekruteerd uit de industrie zelf. Het probleem was hoe een dergelijke organisatie het best kon worden aangepakt. In 1934 was mijn kennis van thee en van de thee-industrie minimaal: Ik had nog nooit een theeplant gekweekt, laat staan een theeplantage beheerd. Ik had slechts twee theeplantages bezocht, een bij Nuwara Eliya in Ceylon in 1908 en de andere bij Dehra Dun in 1918. Ik had echter wel contact gehouden met het onderzoek naar thee. Terwijl ik over deze vraag nadacht, kwam de Voorzienigheid mij te hulp in de vorm van een verzoek van een wederzijdse vriend om Dr. C. R. Harler (die net was ontslagen toen het Tocklai Research Station, dat werd onderhouden door de Indian Tea Association, in 1933 werd gereorganiseerd) te helpen een nieuwe en betere opening te vinden, zo mogelijk een met meer ruimte voor onafhankelijk en origineel werk. Ik hernieuwde mijn kennismaking met Dr. Harler en stelde voor dat hij zich zou gaan bezighouden met de omzetting in humus van afvalproducten van theeplantages. Hij was zeer geïnteresseerd en kort daarna (augustus 1933) accepteerde hij de baan van wetenschappelijk medewerker bij de Kanan Devan Hills Produce Co. in de High Range, Tray encore, die hem werd aangeboden door de heren James Finlay & Co., Ltd. (Schotland). Bij zijn indiensttreding bij deze goed geleide en zeer efficiënte onderneming verzekerde Dr. Harler zich van de actieve belangstelling van de toenmalige General Manager, Mr. T. Wallace, en ging aan de slag om het Indore Process uit te proberen op een landgoedschaal in zijn hoofdkwartier in Nullatanni, vlakbij Munnar.

Er waren geen moeilijkheden bij het toepassen van de methode: er was een ruime voorraad plantaardig afval en dierlijke mest beschikbaar: de plaatselijke arbeiders namen het werk aan en de Estate Managers werden al snel enthousiast.

Na ontvangst van deze informatie informeerde ik bij Dr. H.H. Mann, een voormalig wetenschappelijk hoofdambtenaar van de Indiase Thee Associatie, of er onder de levende draden van het Londense directoraat van de thee-industrie iemand was die waarschijnlijk bijzonder geïnteresseerd zou zijn in de humuskwestie.

Ik kreeg het advies om naar de heer James Insch te gaan, een van de directeuren van Walter Duncan & Co. Op verzoek van de heer Insch werd in oktober 1934 een geïllustreerd document met instructies voor de managers van de Duncan Group opgesteld en werden 250 exemplaren gedrukt.

De directeuren van andere groepen theeplantages begonnen al snel het Indore-proces te overwegen en er werden nog eens 4000 exemplaren van de handleiding verspreid. Tegen het einde van 1934 hadden drieënvijftig plantages van de Duncan Group in Sylhet, Cachar, de Assamvallei, de Dooars, Terai en het Darjeeling-district monsterpartijen humus gemaakt en gedistribueerd, in totaal ongeveer 2000 ton. Op het moment van schrijven, december 1939, verwachten de plantages van de Duncan Group alleen al meer dan 150.000 ton humus per jaar te maken. Vergelijkbare ontwikkelingen hebben zich voorgedaan in een aantal andere groepen, met name op de landgoederen die worden beheerd door de heren James Finlay & Co., die nooit de leiding zijn kwijt-

geraakt in de productie van humus, wat natuurlijk voortvloeide uit het pionierswerk van Dr. Harler in Travancore. Er is een goed begin gemaakt. De twee sterkste groepen theeplantages in het oosten zijn compost gaan produceren.

Het is bijzonder moeilijk om precies te zeggen hoeveel humus er op dit moment wordt gemaakt op de theeplantages van het Britse Rijk. Het is alleen mogelijk om een schatting te geven. In april 1938 verklaarden de heren Masefield en Insch: **[057]** Het is waarschijnlijk niet overdreven om te zeggen dat er tegenwoordig jaarlijks een miljoen ton compost wordt gemaakt op de theeplantages van India en Ceylon, en dit is bereikt in een periode van vijf jaar. Sinds dit geschreven is, zijn de theeplantages van Nyasaland en Kenia ook begonnen met het Indore proces, met duidelijk succes.

Deze ontwikkelingen zijn gepaard gegaan met veel discussie. Er waren en zijn nog steeds twee opvattingen over de beste manier om thee te bemesten. De ene denkrichting, waartoe ook de theeonderzoeksinstituten behoren, is van mening dat aangezien de opbrengst van bladeren direct wordt beïnvloed door het aanbod van gecombineerde stikstof in de bodem, het probleem van bodemvruchtbaarheid zo eenvoudig is dat het zich beperkt tot het gebruik van de goedkoopste vorm van kunstmest, in dit geval ammoniumsulfaat. Dit standpunt wordt natuurlijk krachtig ondersteund door de kunstmest belangen. De resultaten die zijn behaald met ammoniumsulfaat op kleine percelen in Tocklai en Borbhetta worden triomfantelijk naar voren gebracht om het argument te onderbouwen dat hierop neerkomt: dat thee kan

worden verbouwd op een lopende band die wordt gesmeerd door chemische meststoffen. De zwakke punten van een dergelijk argument zijn duidelijk. Deze kleine percelen vertegenwoordigen niets in de thee-industrie: ze vertegenwoordigen alleen zichzelf. Het is onmogelijk om een klein perceel te beheren of om de producten ervan te produceren en te verkopen zoals een theetuin dat doet. Met andere woorden, het kleine perceel is geen praktische politiek. Nogmaals, land als Tocklai en Borbhetta, dat zo duidelijk reageert op ammoniumsulfaat, moet slecht worden bewerkt, anders zouden kunstmatige planten niet zo krachtig zijn. Overal ter wereld is de tendens dat naarmate de grond vruchtbaarder wordt, kunstmatige middelen steeds minder resultaat opleveren totdat het effect helemaal verdwijnt. Slechte landbouw en een experimentele techniek die geen stand houdt, zijn slechte fundamenten om een beleid op te baseren. Het gebruik van gerepliceerde en gerandomiseerde plots, gevolgd door hogere wiskunde bij het interpreteren van de resultaten van deze kleine stukjes land, kan niets doen om de fundamentele ondeugdelijkheid van de Tocklai-procedure te herstellen. Het heeft zichzelf veroordeeld. Verder lijken de voorstanders van ammoniumsulfaat voor de theeplant te zijn vergeten dat op zijn minst een deel van de extra opbrengst die met deze mest wordt verkregen, te wijten kan zijn aan een verhoging van de zuurgraad van de grond. Thee heeft, zoals bekend, een zure bodem nodig: ammoniumsulfaat verhoogt de zuurgraad.

De humus-denkrichting is van mening dat het bij thee gaat om kwaliteit en een reserve aan vruchtbaarheid van de bo-

dem, zoals die door het oerbos is gecreëerd: dit kan alleen worden verkregen door vers bereide humus van plantaardig en dierlijk afval en door het juiste gebruik van schaduwbomen, groenbemesting en het voorkomen van bodemerosie. Zodra de theebodem echt vruchtbaar kan worden gemaakt, zorgt de stikstofvoorziening voor de plant vanzelf en hoeft er geen geld te worden verspild aan de vluchtige voordelen van kunstmest. Het probleem van de bemesting van thee is dus niet zozeer het effect van wat bemesting op de jaaropbrengst, maar het aanleggen van een voorraad vruchtbaarheid. Op deze manier worden het bemestingsprobleem en de stabiliteit van het bedrijf als going concern samengevoegd. Het is onmogelijk om de winst- en verliesrekening en de balans van een composteringsprogramma van elkaar te scheiden omdat de jaarlijkse humusbemesting beide beïnvloedt.

Het zal interessant zijn om de resultaten van deze strijd in een grote plantage-industrie te zien. Op dit moment gebruiken een paar van de sterkste en meest succesvolle groepen humus en geven ze weinig of niets uit aan kunstmest. Andere bedrijven daarentegen zijn er net zo van overtuigd dat hun redding ligt in het gebruik van goedkope chemische meststoffen. Tussen deze twee uitersten wordt een middenweg gevolgd -- humus aangevuld met kunstmest. Moeder aarde zal te zijner tijd haar oordeel vellen in plaats van de voorstanders van deze verschillende visies.

[059] Kan de theestruik zelf enig licht werpen op deze controverse of is ze veroordeeld tot een louter passieve rol in een dergelijke wedstrijd? Heeft de theestruik iets te zeggen over haar eigen voorkeur? Als dat zo is, moeten haar voor-

stellingen op zijn minst zorgvuldig worden overwogen. De plant of het dier zal de meeste vragen over zijn behoeften beantwoorden als de vraag goed gesteld wordt en als zijn antwoord zorgvuldig bestudeerd wordt.

Tijdens de eerste proeven met het Indore Process werd duidelijk dat de theeplant iets heel interessants te vertellen had over de humuskwestie. Ik kreeg het ene voorbeeld na het andere onder ogen, waar kleine toepassingen van compost van vijf ton per hectare onmiddellijk gevolgd werden door een duidelijke verbetering in groei, algemene kracht en weerstand tegen ziekten. Hoewel zeer verheugend, waren deze resultaten in één opzicht enigszins verontrustend. Als humus alleen indirect werkt door de vruchtbaarheid van de grond te verhogen, is er tijd nodig voor de verschillende fysische, biologische en chemische veranderingen om plaats te vinden. Als de plant onmiddellijk reageert, moet er naast een verbetering in de vruchtbaarheid nog een andere factor aan het werk zijn. Wat zou die factor kunnen zijn? In een circulaire van 7 oktober 1937 aan correspondenten in de thee-industrie suggereerde ik dat de meest voor de hand liggende verklaring voor een plotselinge verbetering in thee, waargenomen na één toepassing van compost, het effect van humus is in het stimuleren van de mycorrhizale relatie waarvan bekend is dat die voorkomt in de wortels van dit gewas.

Tijdens een recente rondreis (november 1937 tot februari 1938) naar theeplantages in het oosten onderzocht ik het wortelstelsel van een aantal theeplanten die bemest waren met goed gemaakte compost, en vond overal hetzelfde - talrijke plukjes gezond uitziende wortels in combinatie met

zich snel ontwikkelend gebladerte en twijgen die veel boven het gemiddelde uitstaken. Zowel onder- als bovengrondse humus leidde duidelijk tot een duidelijke staat van welzijn. Toen de karakteristieke plukjes jonge wortels microscopisch onderzocht werden, zagen we dat de corticale cellen letterlijk overspoeld waren met mycelium en in veel grotere mate dan de regel is bij een echt ernstige infectie door een parasitaire schimmel. Er was duidelijk sprake van een mycorrhizale relatie. Deze noodzakelijkerwijs haastige en onvolmaakte waarnemingen, gedaan in het veld, werden al snel bevestigd en uitgebreid door Dr. M. G Rayner en Dr. Ida Levisohn, die een groot aantal van mijn monsters onderzochten, waaronder een paar waarbij alleen kunstmatige planten werden gebruikt, of waar de grond volledig uitgeput was en de tuin vervallen was met misschien maar de helft van het volledige plantenbestand. In deze gevallen werden de karakteristieke plukjes gezonde wortels niet waargenomen; wortelontwikkeling en groei waren beide gebrekkig; de mycorrhizale relatie was afwezig of slecht ontwikkeld. Waar kunstmatige planten gebruikt werden op versleten thee, werd infectie door bruinachtige hyfen van een Rhizoctonia-achtige schimmel (vaak geassocieerd met licht parasitisme) opgemerkt. Wanneer de wortels van thee, bemest met goed gemaakte compost, kritisch werden onderzocht, vertoonde het hele corticale weefsel van de jonge wortels altijd een overvloedige endotrofe mycorrhizale infectie, waarbij het voornamelijk intracellulaire mycelium blijkbaar tot één schimmel behoorde. De schimmel was altijd beperkt tot de jonge wortels en er werd geen uitbreiding van de infectie naar oude wortels waargenomen. In de binnengedrongen cellen

vertoont het mycelium een regelmatige cyclus van veranderingen van invasie tot samenklontering van de hyfen rond de celkernen, vertering en desintegratie van hun korrelige inhoud en de uiteindelijke verdwijning van de producten uit de cellen.

[060] Humus in de bodem beïnvloedt de theeplant dus rechtstreeks via een tussenpersoon -- de mycorrhizale relatie. De natuur heeft gezorgd voor een interessant stukje levende machinerie om een vruchtbare bodem met de plant te verbinden. Het is duidelijk dat we heel goed moeten letten op de respons - wat betreft opbrengst, kwaliteit en ziekteresistentie - die volgt op het gebruik van dit prachtige stukje mechanisme. We moeten er ook voor zorgen dat het humusgehalte van de grond zodanig is dat de plant optimaal gebruik kan maken van zijn eigen machines.

De mycorrhizale relatie in thee en zijn duidelijke invloed op de voeding van de plant plaatst de mestproblemen van dit gewas op een nieuw niveau - dat van toegepaste biologie. Het welzijn van de theeplant is niet afhankelijk van de goedkoopste vorm van stikstof, maar van humus en de gevolgen van de mycorrhizale relatie. We hebben duidelijk te maken met een bosplant die het best gedijt op levende humus -- niet op het dode bijproduct van een fabriek.

Het is eenvoudig om de juistheid van dit standpunt te testen. Dat kan op twee manieren: (1) door een vergelijking van theezaailingen die gekweekt zijn op substraat (waarvan de humushoudende bovengrond verwijderd is) en bemest zijn met een volledig kunstmatig mengsel of met vers bereide humus, en (2) door het effect van kunstmatige planten te ob-

serveren in een theetuin waar de grond echt vruchtbaar is. Dergelijke proeven zijn al begonnen. In het geval van zaailingen die zijn gekweekt op ondergrond bemest met: (1) geen ton humus per acre, of (2) de equivalente hoeveelheid NPK in de vorm van kunstmest, heeft de heer Kenneth Morford enkele zeer interessante resultaten behaald in Mount Vernon in Ceylon. Negen maanden na het zaaien was het humusperceel verreweg het beste -- de planten waren 10 hoog, vertakt, met overvloedig, gezond, donkergroen gebladerte. De percelen met kunstplanten waren 6 centimeter hoog, onvertakt, met schaars, ongezond, bleek gebladerte. Een onderzoek van de wortelsystemen was verhelderend. De humusplanten ontwikkelden een sterke penwortel van 12 centimeter lang; het perceel met de kunstmatige planten vertoonde weinig pogingen om ook maar een penwortel te ontwikkelen, alleen uitgebreide voedingswortels vlakbij het oppervlak. Het wortelstelsel verklaarde meteen waarom het humusperceel bestand was tegen droogte en waarom het kunstmestperceel zo afhankelijk was van water geven. Het experiment van de heer Morford zou herhaald moeten worden in enkele andere theegebieden in het oosten. De resultaten spreken voor zich en hoeven niet beargumenteerd te worden.

Het effect van ammoniumsulfaat op een echt vruchtbare grond is zeer interessant. Zoals te verwachten was, waren de resultaten voor het grootste deel bijna negatief, omdat er geen beperkende factor is in de vorm van een tekort aan stikstof, fosfor of kalium onder dergelijke omstandigheden. Op oude plantages, waar organisch materiaal niet regelmatig

is vervangen, wat resulteert in het verlies van veel van de oorspronkelijke vruchtbaarheid, zou een dergelijk experiment een duidelijke indicatie geven over de vraag of, onder bestaand beheer, de bodem vruchtbaarheid verliest, behoudt of wint. Als de bodem voldoende humus bevat, zijn de mycorrhizale relatie en de nitrificatie van organisch materiaal alles wat de plant nodig heeft om een volledige oogst van de hoogst mogelijke kwaliteit te produceren onder de lokale omstandigheden. De theeplant is daarom al bezig met het voorbereiden van zijn eigen bewijs in de rechtszaak - Humus versus Ammoniumsulfaat.

[061] Het probleem van het bemesten van thee is eenvoudig. Het bestaat uit het omzetten van het gemengde plantaardige afval van een theeplantage en van het omringende land in humus door middel van de urine en de mest van een adequate kudde vee - runderen, varkens of geiten. Aangezien de theedistricten in regio's met veel regen liggen, zal het in veel gevallen nodig zijn om de hopen of kuilen tegen hevige regenval te beschermen. Er moet ook voor voldoende plantaardig afval worden gezorgd. De oplossing van de praktische problemen hangt af van de plaatselijke omstandigheden. In Gandrapara in de Dooars, een landgoed dat beïnvloed wordt door de zuidwestelijke moesson, heeft de heer J.C. Watson op een zeer grondige manier gezorgd voor een ruime voorraad humus, waarvan een verslag te vinden is in Appendix A. Het is niet alleen interessant voor theeproducenten, maar ook voor de hele plantage-industrie.

De omzetting van plantaardig en dierlijk afval in humus is slechts één aspect van het bodemvruchtbaarheidsprobleem

van een theetuin. Er zijn nog een aantal andere aspecten, zoals het gebruik van schaduwbomen, drainage, het voorkomen van erosie, de beste manier om theesnoeisel en groenbemesting te gebruiken, het gebruik van wateronkruiden zoals waterhyacint, de behandeling van wortelziektes, het kweken van zaad, het maken van humus van alleen plantaardig afval en het effect van kunstmest op de kwaliteit van thee. Deze zullen nu kort worden besproken.

Over het algemeen wordt in Noordoost-India meer aandacht besteed aan schaduwbomen dan in Zuid-India en Ceylon. Er is een tendens dat de schaduw afneemt naarmate men zuidelijker komt. Het kan zijn dat de factor die het onveranderlijke gebruik van schaduw in Noordoost-India heeft bepaald, de intense droogte en hitte van de periode van maart tot juni is, die in het zuiden niet voorkomt. Aangezien thee echter een bosplant is en theeteelt altijd gezien moet worden als toegepaste bosbouw, lijkt het een vergissing om schaduw te veel te beperken. De organische stof die de wortels en bladeren van de schaduwbomen leveren, de bescherming die ze de grond bieden tegen zon, wind en regen, en het bekende voordeel van gemengde teelten moeten allemaal zeer belangrijke factoren zijn voor het behoud van de vruchtbaarheid. Dit wordt bevestigd door het superieure uiterlijk van de thee op goed beschaduwde plantages in Ceylon vergeleken met die op land hiernaast waar de schaduwbomen zijn verwijderd.

Een groot deel van het plantaardige afval op een theeplantage bestaat uit snoeihout en groenbemesting. Dit wordt opgevorkt, begraven in lange ondiepe greppels of verwerkt tot

humus. Is er een effectievere methode om met dit afval om te gaan? Als de thee gesnoeid wordt, maakt de plant een nieuwe struik. Kan de plant er niet toe worden aangezet om tegelijkertijd een deel van zijn wortelsysteem opnieuw aan te maken in goed doorluchte, rijke grond? Ik denk van wel. Op landgoederen met voldoende schaduw en afwatering kunnen de volgende twee methoden voor het composteren van theesnoeisel en groenbemesting worden uitgeprobeerd:

1. Dit materiaal moet worden opgevorkt met een compostlaag van 5 tot 10 ton per hectare. De ontbinding zal dan veel sneller en effectiever verlopen dan nu het geval is. Deze methode van compostering van theesnoeihout is uitgeprobeerd en succesvol bevonden in Gandrapara.

2. Het snoeihout en de groenbemesting moeten worden gecomposteerd in kleine kuilen tussen afwisselende rijen thee. De kuilen moeten 2 voet lang en 1-½ voet breed zijn en 9 inch tot een voet diep, parallel aan de afvoerkanalen of contour afvoerkanalen en zo geplaatst dat de wortels van elke theeplant in contact komen met slechts één kuil. **[062]** De kuilen worden dan voor bijna de helft gevuld met gemengd snoeihout van thee en groenbemesting, dat vervolgens wordt bedekt met een dunne laag compost of rundermest. Er wordt meer groen materiaal toegevoegd tot de kuil bijna vol is. Daarna wordt hij bedekt met drie centimeter aarde. De kuilen worden nu kleine compostkamers; er wordt humus geproduceerd terwijl er geen gewas op de thee groeit; regenwormen worden aangemoedigd; de wortels van de theeplanten in de buurt dringen al snel de kuil binnen; een deel van het wortelsysteem van alle theeplanten in het gebied wordt dan opnieuw gecreëerd in zeer vruchtbare, doorlatende grond.

Wanneer de gesnoeide struiken moeten worden gekiept op plantages waar de eerste pluk niet wordt gemaakt, kan een andere set van soortgelijke putten worden gemaakt in de lege ruimtes tussen de eerste putten in elke lijn en op dezelfde manier worden gevuld.

Wanneer de volgende struiken worden gesnoeid, kan precies dezelfde procedure worden uitgevoerd in de tot nu toe ongestoorde ruimtes tussen de rijen thee.

Wanneer de vierde reeks kuilen is gemaakt, heeft elke theestruik een groot deel van zijn wortelsysteem in rijke aarde herschapen.

In januari 1938 werd in Mount Vernon op Ceylon voor het eerst op grote schaal geëxperimenteerd met de kuilmethode. De resultaten zijn in alle opzichten bevredigend. De theeopbrengst is toegenomen, de planten zijn bestand gebleken tegen droogte en de kosten van het werk zijn een goede investering gebleken.

Op verschillende theeplantages in Assam worden de laaggelegen gebieden tussen de thee gebruikt voor de groei van waterhyacint voor de composthopen. Wanneer dit materiaal een kwart tot een derde van het volume van de hoop vormt, kan het water geven tijdens het droge seizoen aanzienlijk worden verminderd. Ongeveer driekwart van het onkruid wordt geoogst, de rest blijft over voor de oogst van het volgende jaar. Omdat bekend is dat waterhyacint het aantal muggen vermindert, zou het voor een theeplantage vanuit het oogpunt van malariabestrijding lonend kunnen zijn om deze plant te verbouwen voor compostering op alle laaggelegen gebieden. Als waterhyacint op grote schaal wordt ver-

bouwd op theeplantages voor de productie van humus, zal de gebruikte arbeid het nieuws ongetwijfeld overbrengen naar de grote rijstgebieden in Noordoost-India. Hier kan een van de grootste vooruitgang in de voedselproductie in de wereld worden bereikt door de omzetting van waterhyacint eerst in humus en vervolgens in rijst.

In veel van de traktaten die thee produceren komen kleine gebieden voor waar de struiken worden aangevallen door wortelziekte. Het is waarschijnlijk dat lokale grondlagen, op enige afstand onder het oppervlak, de drainage tegenhouden en dat dit stilstaande water de natuurlijke weerstand van de theeplant verlaagt. In het verslag van mijn rondreis stelde ik voor dat verticale kolomdrains, gevuld met stenen, kiezels of zelfs oppervlaktegrond, deze problemen zouden kunnen voorkomen. In Zweden worden soortgelijke drains met goede resultaten gebruikt.

De zwakste schakel in de thee-industrie is de productie van zaad. Tijdens mijn rondreis heb ik maar weinig echt goed beheerde zaadtuinen gezien. Het is essentieel dat de bomen die zaad dragen goed geselecteerd worden, op voldoende afstand van elkaar staan, goed gedraineerd zijn en bemest worden met vers bereide compost. De natuur zorgt voor een automatische zaadcontrole. Als er ziektes op de bomen of in de zaden verschijnen, is er iets mis. Alleen als de bomen en het zaad gezond, krachtig en vrij van ongedierte zijn, is de oogst van zulke bomen geschikt voor het kweken van planten, waarvan in China gezegd wordt dat ze honderd jaar meegaan. De theeplant moet een goede start in het leven hebben.

[063] Vooral op Ceylon zijn pogingen gedaan om humus te maken zonder dierlijk afval. De resultaten voldeden niet aan de verwachtingen. De afbraak van resistent materiaal zoals de bladeren en snoeihout van thee is dan onbevredigend: de organismen die humus synthetiseren worden niet goed gevoed: de residuen van deze organismen die een belangrijk deel van de uiteindelijke humus vormen missen de bijdragen van het dier. Niemand is er tot nu toe in geslaagd om een efficiënt en permanent landbouwsysteem op te zetten zonder levende have. Er is dan ook geen reden om aan te nemen dat de thee-industrie een uitzondering zal blijken op wat uiteindelijk een regel is in de natuur.

Een van de meest besproken onderwerpen in de theesector is het effect van kunstmest op de kwaliteit. Er heerst een wijdverspreide opvatting dat de kwaliteit geleidelijk afneemt sinds de introductie van kunstmest. Een van de planters in het Darjeeling-district, de heer G.W. O'Brien, de eigenaar van de Goomtee en Jungpana Tea Estates, die nog steeds thee van de hoogste kwaliteit produceert, vertelde me in 1935 dat hij nooit kunstmest heeft gebruikt sinds de plantages eenendertig jaar geleden onder zijn beheer kwamen. De enige mest die wordt gebruikt is koeienmest en plantaardig afval, met andere woorden humus. De rol van de mycorrhizale relatie in thee helpt bij het geven van een wetenschappelijke verklaring voor deze resultaten. Het lijdt weinig twijfel dat deze relatie zowel de kwaliteit van de thee als de productiviteit en gezondheid van de struik zal beïnvloeden. Humus en de mycorrhizale relatie kunnen natuurlijk geen kwaliteit creëren waar die nooit heeft bestaan: het ui-

terste dat deze factoren kunnen bereiken is het herstellen van de mate van kwaliteit die een plaats bezat toen het voor het eerst van bos naar thee werd gebracht.

SUIKERRIET

De afvalproducten van suikerriet variëren aanzienlijk. In de boerenlandbouw, waar de hele megastapel wordt verbrand voor het verdampen van het sap in open pannen, bestaat het belangrijkste afval uit oude rietbladeren, rietstronken en de as die achterblijft bij de brandstof. Op de suikerplantages moet een aantal fabrieksafvalstoffen aan de bovenstaande lijst worden toegevoegd - filterperskoek, wat onverbrande megastrooisel en het afvalwater van de distilleerderij dat overblijft na de productie van alcohol (in Natal bekend als dunder). Het belangrijkste afval in beide gevallen zijn echter de oude dode bladeren (rietafval), een zeer moeilijk materiaal om humus van te maken vanwege de structuur en chemische samenstelling.

[064] Voor de komst van kunstmest was het op suikerplantages de gewoonte om dieren - muilezels en ossen - te houden voor transport en voor de teelt. Deze dieren werden neergestrooid met rietafval en met behulp van hun afval werd een ruwe boerderijmest verkregen, die in West-Indië bekend staat als stalmest. Al snel na de introductie van kunstmest begon men de waarde van dit product te schatten op basis van chemische analyse.

Er werden vergelijkingen gemaakt tussen de productiekosten van het NPK-gehalte en die van een gelijkwaardige hoe-

veelheid van deze chemische elementen in de vorm van kunstmest. Het resultaat was dat chemische mest al snel de plaats innam van stalmest: het dier werd beschouwd als een dure luxe. Met de komst van de tractor en de vrachtauto werd de vraag beantwoord. Waarom dure dieren houden zoals muildieren en ossen die van het land gevoed moeten worden als hun werk goedkoper gedaan kan worden door machines en geïmporteerde brandstof? Het besluit om helemaal af te zien van dieren en boerderijmest volgde natuurlijk omdat het duidelijkst mogelijke bewijs - dat van de winst- en verliesrekening - beschikbaar was. Dergelijke valse redeneringen komen helaas maar al te vaak voor in de landbouw.

De reactie van het suikerrietgewas zelf op deze verandering in bemesting was interessant. Er gebeurden twee dingen: (1) insecten- en schimmelziekten namen toe; (2) de rietsuikerrassen vertoonden een duidelijke neiging om uit te lopen. Deze problemen werden opgevangen door een constante stroom van nieuwe zaailingen. In tegenstelling tot dit gedrag van het suikerriet op de grote plantages, wordt hetzelfde gewas geteeld door de telers in Noord-India, waar de enige mest die gebruikt wordt koeienmest is en waar praktisch geen ziekten voorkomen en geen uitloop van variëteiten. Het inheemse suikerriet van de Verenigde Provincies wordt al twintig eeuwen verbouwd zonder enige hulp van mycologen, entomologen of plantenkwekers.

Waarom raakt een rietsuikerras op en waarom valt het ten prooi aan ziekten? Suikerriet wordt vegetatief vermeerderd door stekken. Wanneer de knoppen waaruit de nieuwe riet-

stengels ontstaan in India met natuurlijke mest worden gekweekt, is de variëteit in feite permanent. Op de suikerplantages echter, wanneer de knoppen worden opgekweekt met chemicaliën, is de variëteit van korte duur. Er moet een eenvoudige verklaring zijn voor dit verschil in gedrag.

Wat gebeurde er in de begindagen van de suikerplantages vóór de komst van chemicaliën en voordat nieuwe zaailingen werden ontdekt? In West-Indië bijvoorbeeld werd tot het laatste decennium van de vorige eeuw praktisch alleen de Bourbonvariëteit verbouwd. Er waren weinig of geen ziekten en deze oude variëteit vertoonde geen neiging om uit te lopen. De ervaring van de telers in de Verenigde Indiase Provincies heeft zich dus herhaald op de plantages zelf.

De eenvoudigste verklaring voor de uitval van suikerrietvariëteiten is dat kunstmatige planten niet echt geschikt zijn voor het suikerriet en dat ze leiden tot beginnende ondervoeding. Als dit zo is, zal de synthese van koolhydraten en eiwitten enigszins onvolmaakt zijn: elke generatie riet zal enigszins onder de maat beginnen. Het proces zal uiteindelijk eindigen in een riet met een duidelijk verlies aan vegetatieve kracht en niet in staat om de aanvallen van de parasiet te weerstaan. Met andere woorden, de variëteit is op.

Deze hypothese zal worden omgezet in iets dat in de buurt komt van een principe als kan worden bewezen dat het suikerriet een mycorrhiza-vormer is en op twee manieren wordt gevoed: (1) door de koolhydraten en eiwitten die in de groene bladeren worden gesynthetiseerd en (2) door de directe vertering van schimmelig mycelium in de wortels.

In 1938 en 1939 werden stappen ondernomen om de wortels van suikerriet te onderzoeken om dit standpunt te testen. Er werd materiaal verkregen uit India, Louisiana en Natal. In alle gevallen vertoonden de wortels de mycorrhizale associatie. De grote hoeveelheid materiaal uit Natal bevatte riet dat alleen met kunstmatige planten, alleen met humus en met beide gekweekt was. De resultaten waren verhelderend. Humus wordt gevolgd door de vestiging van overvloedige mycorrhiza en de snelle vertering van de schimmel door de wortels van het riet. Kunstmatige planten hebben de neiging om de associatie helemaal te elimineren of om de vertering van de schimmel door de wortels van het riet te verhinderen. Deze resultaten suggereren dat de overgang van stalmest naar kunstmest aan de basis ligt van de rietziekten en de oorzaak is van het uitlopen van de variëteit. We hebben te maken met de gevolgen van beginnende ondervoeding - een toestand die nu zeer algemeen wordt over de hele wereld in vele andere gewassen naast suikerriet.

[065] Deze observaties laten er weinig twijfel over bestaan dat het toekomstige beleid in de suikerrietteelt de omzetting van rietafval en ander afval in humus moet zijn. De moeilijkheid bij het composteren van rietafval is echter om de fermentatie op gang te brengen en vervolgens in stand te houden. De bladeren zijn gepantserd en absorberen niet gemakkelijk water. Verder bevat het materiaal weinig stikstof (ongeveer 0,25 procent), terwijl de as (7,3 procent van de massa) 62 procent siliciumdioxide bevat. De micro-organismen die humus maken, hebben moeite om te beginnen met zulk vuurvast materiaal. Het probleem is hoe je ze het beste

kunt helpen bij hun werk: (1) door ervoor te zorgen dat het afval water opneemt en (2) door ze te voorzien van zoveel mogelijk gemakkelijk fermenteerbaar plantaardig materiaal. Melasse, indien beschikbaar, kan gebruikt worden om de fermentatie te bevorderen. Als humus van de hoogste kwaliteit moet worden gesynthetiseerd, moet er ook voor voldoende urine en mest worden gezorgd, anders ontstaat er een product zonder de bijkomende groeistoffen. Met een redelijke aanvoer van urine en mest en voldoende gemakkelijk fermenteerbaar plantaardig afval zoals groenbemesting, is er geen reden waarom rietafval en ander afval van een suikerplantage niet tot eersteklas humus kan worden gemaakt en waarom een suikerlandgoed niet zelf tot mest zou kunnen worden gemaakt. De voorwaarden waaraan voldaan moet worden, blijken duidelijk uit het werk dat al gedaan is. Dymond heeft aangetoond dat rietafval vóór compostering een beetje moet verweren: de verweerde bladeren moeten dan vanaf het begin vochtig worden gehouden. Op deze manier worden schimmels en bacteriën enorm geholpen. Filterperskoek, huidschilfers en ander afval helpen allemaal bij het omzettingsproces, zoals blijkt uit de resultaten van zijn verschillende experimenten die hij in 1938 in Natal uitvoerde (Tabel 2)

Deze resultaten zijn vergelijkbaar met en bevestigen de resultaten van Tambe en Wad in Indore in 1935. In Natal wordt geschat dat 100 ton gestript suikerriet ongeveer 40 ton compost oplevert met ongeveer 280 lb. stikstof en 160 lb. fosforzuur.

Table 2 Composting cane trash in Natal							
Composted with	*Moisture*	*Loss on ignition*	*N*	*Total P_2O_5*	*Available P_2O_5*	*Total K_2O*	*Available K_2O*
1. Kraal manure	60.5	30.6	0.74	0.28	0.14	S.T.	--
2. Filter cake	74.2	44.0	0.67	0.68	0.52	S.T.	--
3. Kraal manure and filter cake	61.0	33.3	0.71	0.40	0.28	S.T.	--
4. Kraal manure, filter cake and molassas	64.8	34.6	0.70	0.40	0.20	T.	S.T.
5. Dunder	28.5	20.0	0.72	0.40	0.21	0.52	0.30
6. Kraal manure, filter cake, ammonium sulphate, and potassium sulphate	59.2	27.8	1.00	0.42	0.29	0.72	0.49
7. Farm composts with available materials	55.5	27.6	0.78	0.32	0.24	S.T.	--
8. Farm composts with available materials	52.2	29.6	0.67	0.89	0.56	S.T.	--
9. Farm composts with available materials	57.8	33.1	0.91	0.56	0.44	S.T.	--
10. Farm composts with available materials	41.0	30.0	0.84	0.44	0.36	S.T.	--
11. Farm composts with available materials	29.2	9.9	0.67	0.27	0.20	S.T.	--

(Tabel 2).Compostering van rietafval in Natal

[066] De grootste moeilijkheid bij het composteren van rietafval is altijd het corrigeren van de brede koolstof-stikstof-verhouding. Het is een praktisch probleem - hoe kunnen we de verschillende afvalstoffen het beste op de goedkoopste manier samenbrengen en de afgewerkte humus vervolgens over het land verdelen. Het is duidelijk dat er geen vaste procedure is. De juiste oplossing van het probleem verschilt per locatie: het werk is van dien aard dat het alleen door de

man ter plekke kan worden gedaan.

De suikerplantages van de toekomst zullen naar alle waarschijnlijkheid geleidelijk zelfvoorzienend worden op het gebied van mest. Na verloop van tijd zal er geen geld meer worden uitgegeven aan kunstmest. De omschakeling van de huidige bemestingsmethoden zal echter tijd kosten en in het begin zal er geen sprake zijn van voldoende humus van hoge kwaliteit omdat er te weinig dieren worden gehouden.

Wat is de beste manier om de kleine hoeveelheid humus te gebruiken die in het begin kan worden gemaakt? Dit is een zeer belangrijke kwestie. Ik stel voor dat deze wordt gebruikt voor het land waarop het plantmateriaal wordt verbouwd. Deze rietstengels moeten worden opgekweekt in greppels volgens het Shahjahanpur-principe (zie hoofdstuk 14) en er moet alles aan worden gedaan om de beluchting van de grond gedurende de hele levensduur van het gewas in stand te houden. De greppels moeten ten minste drie maanden voor het planten goed gecultiveerd en bemest worden met vers bereide humus. Deze rietstengels moeten worden beschouwd als de belangrijkste op het landgoed en er moet geen moeite worden gespaard om het best mogelijke materiaal te produceren. Of onrijp suikerriet verder geplant moet worden is een vraag voor de toekomst. Wat zeker is, is dat riet dat geplant moet worden echt goed moet groeien in een grond die rijk is aan vers bereide humus. Elk gewas moet goed beginnen. Naarmate de aanvoer van organisch materiaal op de suikerrietplantages toeneemt, kunnen de methoden die de beste resultaten geven bij het verbouwen van deze suikerrietplantages worden uitgebreid naar het hele

landgoed.

Dat het bovenstaande mogelijk is, blijkt duidelijk uit een studie van het werk dat in India en Natal is gedaan. In maart 1938 sloot Dymond een zorgvuldig onderzoek van het hele probleem af met de volgende woorden:

> Kunstmatige gewassen zijn gemakkelijk toe te passen, gemakkelijk te kopen in goede tijden, of helemaal niet gekocht in slechte tijden; ze vormen een eindeloos gespreksonderwerp met de buren, een bron van ruzie met de verkopers; ze zijn een plicht en een zoethoudertje voor het geweten; terwijl humus meer arbeid, meer aandacht, transport en moeite betekent. Niettemin is humus de basis van permanente landbouw, kunstmatig het beleid van vandaag hier en morgen weer weg.

© www

[068]

HOOFDSTUK - 05B

PRAKTISCHE TOEPASSINGEN VAN HET INDORE PROCES (VERVOLG)

KATOEN

Voordat men in 1924 begon met het onderzoek naar katoen aan het pas opgerichte Institute of Plant Industry in Indore, werd een overzicht gemaakt van de katoenteelt in de verschillende delen van India. Tegelijkertijd werd het lopende onderzoek naar dit gewas kritisch bekeken.

De twee belangrijkste katoenteeltgebieden in India zijn: (1) de zwarte katoengronden van het schiereiland, die afkomstig zijn van basalt; (2) het alluvium van Noordwest-India, de afzettingen achtergelaten door de rivieren van de Indo-Gangetische vlakte.

In het eerste zijn er duizenden voorbeelden die zonder enige twijfel de richting aangeven die het onderzoek naar dit gewas zou moeten nemen. Rond de dorpen op de zwarte katoengronden liggen zones met veel organische stof. Hier doet katoen het goed, ongeacht het seizoen: de planten groeien goed en zijn vrij van ongedierte: de opbrengst van zaadkatoen is hoog. Op vergelijkbaar, maar niet bemest land hiernaast is de groei relatief slecht: alleen in jaren met goed verdeelde regenval is de opbrengst bevredigend. De beper-

kende factor in de groei is de ontwikkeling, snel na het begin van de regens, van een colloïdale toestand die de beluchting verstoort en de percolatie belemmert. Dit komt voor op alle zwarte bodems, maar organisch materiaal verzacht deze toestand.

Op het alluvium van Noordwest-India komt een vergelijkbare beperkende factor voor. Hier wordt katoen verbouwd op irrigatie, waardoor de fijne bodemdeeltjes eerst samenklonteren en later colloïden vormen. Na verloop van tijd laten vooral de Amerikaanse variëteiten door hun groei zien dat ze niet helemaal thuis zijn. De helmknoppen werken vaak niet goed, de planten zijn niet in staat om een volledige oogst zaad te vormen, de rijpingsperiode wordt onnodig verlengd en de vezel mist kracht, kwaliteit en leven. **[069]** De oorzaak van deze problemen is opnieuw een slechte beluchting van de grond, die op deze gronden tot een zeer milde alkalische toestand lijkt te leiden. Hierdoor kan het katoengewas niet voldoende water uit de grond opnemen. Een van de eenvoudigste methoden om dit te voorkomen is door de grond te helpen samengestelde deeltjes te vormen met behulp van humusbemesting.

De basis van het onderzoek naar katoen in India werd daarom gelegd door een onderzoek op het veld van het gewas zelf. Het probleem was hoe de beluchting en percolatie van de bodem het beste behouden kon worden. Dit kon worden opgelost door meer humus te verkrijgen. Goede landbouwmethoden waren dus de sleutel tot de katoenproblemen in India.

Een studie van het onderzoekswerk dat over de hele wereld

is gedaan, veranderde niets aan deze mening. De fundamentele zwakte van het katoenonderzoek bleek de versnippering van de factoren te zijn, een verlies aan richting, het niet definiëren van de te onderzoeken problemen en een wetenschappelijke aanpak op een veel te smal front zonder het evenwicht en de stabiliteit die worden geboden door voldoende landbouwervaring.

Er werden daarom stappen ondernomen om het werk aan de productie van humus te versnellen dat was begonnen in het Pusa Research Institute. Het Indore Proces was het resultaat. Het was eerst nodig om het uit te proberen op het katoengewas. De resultaten zijn samengevat in de volgende tabel:

Table 3
The increase general fertility at Indore

Year	*Area in acres of improved land under cotton*	*Average yield in lb. per acre*	*Yield of the best plot of the year in lb. per acre*	*Rainfall in inches*
1927	20.60	340	384	27.79 (distribution good)
1928	6.64	510	515	40.98 (a year of excessive rainfall)
1929	36.98	578	752	23.11 (distribution poor)

Tabel 3 *De algemene vruchtbaarheidstoename in Indore*

De cijfers tonen aan dat, ongeacht de hoeveelheid en de verdeling van de neerslag, de toepassing van humus al snel de gemiddelde opbrengst van zaadkatoen - 200 lb. per acre –

verdrievoudigde t.o.v. de telers op vergelijkbaar land in de buurt.

[070] Bij de bereiding van humus in Indore was een van de belangrijkste afvalstoffen de oude katoenstengels. Voordat deze konden worden gecomposteerd, moesten ze worden gebroken. Dit werd gedaan door ze op de wegen van het landgoed te leggen, waar ze snel door het verkeer werden verkleind tot een geschikte conditie om te gebruiken als strooisel voor het werkvee voorafgaand aan de fermentatie in de compostputten.

De eerste katoenteler die het Indore Proces toepaste, was kolonel (nu Sir Edward) Hearle Cole, C.B., C.M.G., op het Coleyana Estate in het Montgomery District van Punjab, waar in juni 1932 een compostfabriek werd opgericht naar het voorbeeld van de fabriek van het Institute of Plant Industry in Indore. In dit centrum wordt al het beschikbare afval vanaf het begin regelmatig gecomposteerd: de productie bedraagt nu vele duizenden tonnen afgewerkte humus per jaar. De katoenoogst heeft duidelijk voordeel gehad van de regelmatige bemesting met humus; de kwaliteit van de vezel is verbeterd; er worden hogere prijzen verkregen; er is nu een derde minder irrigatiewater nodig dan vroeger. De naburige landgoederen hebben allemaal compostering toegepast: veel geïnteresseerde bezoekers hebben het werk in uitvoering gezien. Een voordeel van dit werk voor de Punjab is echter aan de aandacht ontsnapt, namelijk het belang van de grote hoeveelheden goed gekweekt zaad, gekweekt op vruchtbare grond, die dit landgoed bijdraagt aan de zaaddistributieschema's van het Provinciale Landbouwdepartement. Planten-

veredeling kan alleen succesvol zijn als er twee dingen zijn: een verbeterd ras en zaad voor distributie dat is gekweekt op humusrijke grond.

Het eerste lid van een landbouwdepartement dat de Indore methode van compostering voor katoen toepaste, was de heer W. J. Jenkins, C.I.E., toen hoofd landbouwofficier in Sind, die bewees dat humus van de grootste waarde is om de alkalitoestand onder controle te houden, de gezondheid van de katoenplant te behouden en de vezelopbrengst te verhogen. In Sakrand bijvoorbeeld werden in 1934-5 niet minder dan 1.250 karrenvrachten afgewerkte humus bereid uit afvalmateriaal zoals katoenstengels en gewasresten.

De afgelopen jaren is het Indore proces uitgeprobeerd op enkele katoenboerderijen in Afrika die eigendom waren van de Empire Cotton Growing Corporation. In Rhodesië zijn bijvoorbeeld interessante resultaten behaald door de heer J.E. Peat in Gatooma. Deze werden gepubliceerd in de Rhodesia Herald van 17 augustus 1939. Compost verbeterde duidelijk de vezels en verhoogde de opbrengst, niet alleen van katoen, maar ook van het wisselgewas maïs.

Waarom katoen zo duidelijk reageert op humus is nog maar net ontdekt. Het is een interessant verhaal dat moet worden opgetekend. In juli 1938 publiceerde ik een artikel in de Empire Cotton Growing Review (vol. xv, no. 3, 1938, p. 186) waarin de rol van de mycorrhizale relatie in de overdracht van ziekteresistentie van een vruchtbare bodem naar de plant werd besproken. In de laatste paragraaf van dit artikel werd de suggestie gedaan dat mycorrhiza 'vrijwel zeker van belang is voor katoen en de grote verschillen die zijn

waargenomen in Cambodja katoen in India, zowel in opbrengst als in de lengte van de vezel, wanneer geteeld op (1) tuinland (rijk aan humus) en (2) gewone onbewerkte grond, zou goed verklaard kunnen worden door deze factor'. In het volgende nummer van dit tijdschrift (vol. xv, no. 4, 1938, p. 310) heb ik het bewijs geleverd dat katoen een mycorrhizavormer is. Het belang van deze factor voor de katoenindustrie werd benadrukt in de volgende woorden:

> 'Wat de katoenproductie betreft, wijst de ervaring met andere gewassen, waarvan de wortels de mycorrhizale relatie vertonen, heel duidelijk op wat nodig zal zijn. Er zal meer aandacht moeten worden besteed aan de beproefde methoden van goede landbouw en aan het herstel van de vruchtbaarheid van de bodem door middel van humus bereid uit plantaardig en dierlijk afval. Op die manier kan een evenwicht tussen de bodem, de plant en het dier tot stand worden gebracht en gehandhaafd. Op een bepaald katoenareaal is een duidelijke verhouding tussen het aantal stuks vee en het katoenareaal essentieel. Dit is allemaal nodig om de mycorrhizale relatie te laten werken en om de natuurlijke kanalen tussen de bodem en de plant te laten functioneren. Elke poging om zijspoor dit mechanisme is zeker te mislukken.
>
> Het onderzoek naar katoen van morgen zal moeten beginnen met een nieuwe basis - bodemvruchtbaarheid. In de overgang tussen het onderzoek van vandaag en dat van de toekomst zullen een aantal problemen die nu onderzocht worden, ofwel helemaal verdwijnen ofwel een heel ander gezicht krijgen. Een vruchtbare bodem zal de plant in staat stellen om de synthese van eiwitten en koolhydraten in het groene blad tot in de perfectie uit te voeren. Bijgevolg zal de tol die nu wordt geëist door schimmels, insecten en andere ziekten eerst in omvang

afnemen en vervolgens worden teruggebracht tot zijn normale onbeduidendheid. We zullen ook minder horen over bodemerosie in plaatsen zoals Nyasaland waar katoen wordt verbouwd, omdat een vruchtbare bodem in staat zal zijn om de regenval op te nemen en zo deze problemen bij de bron te voorkomen.

Bevestiging van deze baanbrekende resultaten volgde al snel. In de *Transactions of the British Mycological Society* (vol. xxii, 1939, p. 274) vermeldt Butler het voorkomen van mycorrhiza als weelderig ontwikkeld in katoen uit Soedan en ook in katoen van de zwarte grond van Gujerat (India). In Nature van 1 juli 1939 registreerde Younis Sabet de mycorrhizale relatie in Egypte. In de Empire Cotton Growing Review van juli 1939 bevestigde Dr. Rayner het bestaan van mycorrhiza in zowel Cambodja als Malvi katoen dat op mijn aanraden door Mr. Y. D. Wad in Indore, Centraal India, werd gekweekt in zowel zwarte katoengrond als in zandgrond uit Rajputana.

SISAL

Zoals bekend leveren de bladeren van de sisalplant ongeveer 93 procent afvalmateriaal en ongeveer 7 procent vezels op, waarvan gewoonlijk niet meer dan 5 procent wordt geëxtraheerd. Het afval wordt uit de decorticators verwijderd door een waterstroom, meestal naar een naburig ravijn of holte waar het zich ophoopt. Soms worden ze in beken of rivieren geleid. De resultaten zijn bedroevend. Er vindt rotting plaats op de stortplaatsen en er ontstaat overlast die van kilometers ver te zien is. De beken worden vervuild en de vissen gaan

dood. Door deze primitieve methoden van afvalverwerking is de gemiddelde sisalfabriek een zeer deprimerende en onaangename plek. **[072]** Bovendien wordt het water dat bij deze werkzaamheden wordt gebruikt - dat tegen hoge kosten moet worden verkregen door het slaan van putten of boorgaten, door het maken van dammen of reservoirs en vervolgens wordt opgepompt - verspild. Twee van de dringende problemen van de sisalindustrie zijn daarom: (1) de omzetting van de vaste residuen, inclusief de korte vezels, in een nuttig product zoals humus en (2) het gebruik van het afvalwater voor geïrrigeerde gewassen.

Deze twee problemen zijn met succes opgelost op het landgoed van majoor Grogan in Taveta in Kenia door de manager, majoor S.C. Layzell, M.C. Het werk begon in 1935 en is sindsdien gestaag ontwikkeld. Een verslag van de resultaten werd gepubliceerd in het East African Agricultural Journal van juli 1937.

Het eerste probleem was om de vloeistof in het gootafval te scheiden van de vaste stoffen. In Taveta wordt al het afval van de decorticator over een rooster aan het einde van de goot geleid. Het rooster houdt de vaste stoffen tegen en laat de zure 'soep' in een betonnen opvangbak onder de goot lopen, van waaruit het via een kanaal met een passende hellingshoek en een verval van 1 op 1000 naar het geïrrigeerde gebied wordt getransporteerd. Vanaf het rooster wordt het vaste afval op lattentrucks (het gebruikelijke houten frame met vier wielen en een platform van latten dat haaks op het spoor staat) naar een betonnen bassin gebracht waar het kan uitlekken.

PLAAT I: Omzetting van sisalafval.

Het afval filteren.

Draineren.

Irrigatie met afvalwater.

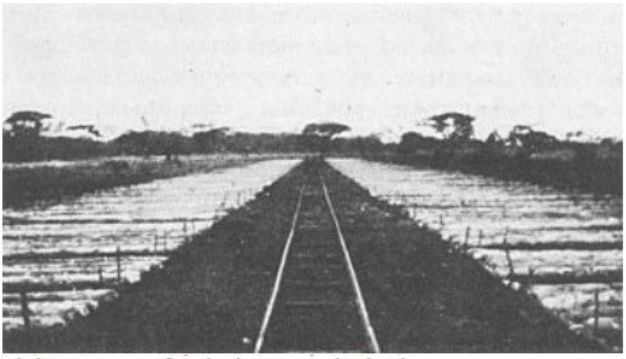
© www

Het drainagewater uit dit bassin wordt door een kleine irrigatievork naar een ander gebied geleid waar het wordt gebruikt voor het verbouwen van gewassen. Er zijn dus twee bronnen van irrigatiewater -- het water van de hoofdgoot en de afvoer van de geladen vrachtwagens (plaat I).

[073] De indeling van de compostgrond is belangrijk. Sisalpalen, in groepen van vier, op gelijke afstand van elkaar, worden aan weerszijden en haaks op de rails geplaatst. Op deze palen, die een halve meter uit elkaar staan voor beluchting van onderaf, wordt het afval lichtjes verspreid tot een hoogte van 2 feet in hopen van 15 bij 4 feet. Omdat alle nieuwe hopen een starter nodig hebben, moet elk landgoed dat voor het eerst compost maakt een kleine voorraad vers gemaakte humus krijgen van een ander sisalcomplex dat het Indore proces heeft toegepast. Een paar handenvol van deze oude compost, gelijkmatig verdeeld over de hoop, is voldoende om de fermentatie te starten. Het afval wordt dertig dagen op de palen gelaten, waarna het afbraakproces door middel van thermofiele bacteriën begint. De temperatuur stijgt tot een punt waarop het onmogelijk is om je hand in de hoop te houden.

De eerste draai vindt dertig dagen na de eerste vorming van de hoop plaats, wanneer de inhoud van twee hopen wordt samengevoegd tot één hoop, omdat tegen die tijd het volume aanzienlijk is afgenomen. Na de eerste omwenteling gaat de afbraak nog een fase verder, voornamelijk door schimmels. Tijdens deze fase wordt de hele hoop vaak elke ochtend bedekt met een langstelige paddenstoel (Plaat II).

PLAAT II. Omzetting van sisalafval.



Lichtspoor en fundering van sisalpalen.

Verspreiden.

Gedraaide hopen met lagen olifantengras.

© www

[075] Na nog eens dertig dagen vindt de tweede omwenteling plaats. Het rijpingsproces begint dan en is ongeveer de negentigste dag na het maken van de oorspronkelijke hopen voltooid. Majoor Layzell schrijft dat het eindproduct op eersteklas bladschimmel lijkt en 1,44 procent stikstof bevat. Alleen al op basis van de chemische samenstelling wordt de compost lokaal gewaardeerd op 2 pond per ton.

Een groot deel van de humus gaat naar de sisalkwekerijen zodat alle nieuwe gebieden kunnen worden gestart met krachtige en goed gekweekte planten. De rest gaat naar de gebieden die sisal produceren.

De sisalplant doet het alleen goed op vruchtbare grond en heeft daarom intensieve in plaats van extensieve teelt nodig. Wanneer dit wordt vergeten, eindigt de onderneming in een faillissement omdat, naarmate de grond in de buurt van de fabriek uitgeput raakt, het lood naar de decorticators al snel de winst opslokt. Het spel is niet langer de moeite waard. De omzetting van het afval in humus lost dit probleem op: de vruchtbaarheid van de grond rond de fabriek kan behouden blijven en zelfs verbeterd worden. Verder zullen de stortplaatsen van weerzinwekkend sisalafval tot het verleden behoren.

Voor het verwerken van het afval en het draaien van de hopen van een decorticator die 120 ton vezels per maand produceert, zijn vierendertig man en twee hoofdmannen nodig. Zestien extra mannen werden ingezet op het rooster en bij de vrachtwagens, zodat er in totaal vijftig arbeidskrachten met twee hoofden nodig waren voor het maken van compost in dit centrum. Er zijn geen problemen bij het verwerken

van sisalafval als de arbeiders een voorraad goedkope olie krijgen om de huid te beschermen, anders veroorzaakt het sap van de bladeren eczeem op de armen en benen van degenen die met het werk bezig zijn.

De gootvloeistof wordt voornamelijk gebruikt voor het verbouwen van voedselgewassen voor de arbeiders om het gebruikelijke vaste rantsoen van meel, bonen en zout te verbeteren. Het psychologische effect van dit alles op de arbeiders is opmerkelijk: de aanblik van een groot gebied met bananen, suikerriet, citrusvruchten en aardappelen neemt alle angst voor een mogelijk voedseltekort weg uit de hoofden van de arbeiders en hun gezinnen: ze voelen zich veilig. Bovendien verbeteren hun lichamelijke gezondheid en hun efficiëntie als arbeiders snel. Een gegarandeerde voedselvoorziening is een grote aantrekkingskracht gebleken op arbeiders en heeft gezorgd voor een eenvoudige en automatische wervingsmethode.

Op Taveta bevat de grond veel kalk, zodat het niet nodig is om het zure irrigatiewater eerst te neutraliseren. Op andere plantages zou dit punt aandacht moeten krijgen. Misschien is de eenvoudigste manier om van de zuurgraad af te komen om voldoende ruw kalksteen in poedervorm aan het gietwater toe te voegen net nadat de vaste stoffen zijn afgescheiden voor compostering.

Er moet aan twee voorwaarden worden voldaan voordat de methoden die op Taveta zijn uitgewerkt elders kunnen worden toegepast: (1) er moet een geschikt vlak stuk land in de buurt van de fabriek zijn voor het verbouwen van geïrrigeer-

de gewassen; (2) de algemene lay-out moet zodanig zijn dat er voldoende ruimte is voor een composteerplaats waar het afval met een lichte spoorweg naartoe kan worden gebracht en van waaruit de afgewerkte humus gemakkelijk naar het geïrrigeerde gebied en naar de rest van het landgoed kan worden vervoerd.

[076] Er is een duidelijke verbetering in de productie van humus op een sisalplantage. Aan het plantaardige afval moeten dierlijke resten worden toegevoegd. Als het onmogelijk is om voldoende vee te houden voor al het sisalafval, moeten er twee soorten humus worden gemaakt: de eerste soort met dierlijke mest voor de moederplanten en de kwekerijen, de tweede soort voor de planten die vezels opleveren.

MAÏS

Een van de grote zwakheden van de Britse landbouw op dit moment is de afhankelijkheid van onze veestapel - zoals varkens, pluimvee en melkvee - van geïmporteerde voedingsmiddelen. Onze dierlijke industrie wordt steeds net zo onevenwichtig met betrekking tot de levering van voedingsstoffen geteeld op vruchtbare grond als onze stedelijke bevolking. Een van de dierlijke voedingsmiddelen die in grote hoeveelheden wordt geïmporteerd is maïs. Helaas wordt een groot deel van deze import verbouwd op versleten grond. We voeden onze dieren en indirect onszelf met producten die overal en hoe dan ook worden verbouwd, zolang het maar goedkoop is.

Moeder aarde heeft echter een effectief protest laten horen. De maïsbodems in gebieden als Kenia en Rhodesië vertoonden al snel tekenen van uitputting. De opbrengsten liepen terug. Iedereen die praktische ervaring heeft met het verbouwen van maïs had dit kunnen voorspellen. Dit gewas vereist een vruchtbare bodem.

De maïstelers van Kenia, Rhodesië en Zuid-Afrika leerden deze les al snel. Het voortdurend beplanten van onontgonnen grond met een uitputtende teelt verminderde de opbrengst snel. Dit gebeurde net toen het Indore Proces werd bedacht. De toepassing ervan op de maïsvelden van Kenia en Rhodesië leidde tot goede resultaten. Het composteren van maïsstengels en andere plantaardige resten, inclusief groenbemesting, werd overal in Kenia en Rhodesië toegepast.

Van de vele resultaten die worden behaald, kunnen twee voorbeelden worden genoemd: in Rongai in Kenia heeft de heer J.E.A. Wolryche Whitmore het Indore Proces toegepast op drie boerderijen. De werkende ossen worden 's nachts in bed gelegd met droge maïsstengels, tarwestro, gras en ander beschikbaar ruwvoer. Na een week onder het vee wordt dit gecomposteerd in kuilen met houtas en aarde van onder de dieren. Als er onvoldoende aarde wordt gebruikt, wordt de temperatuur niet hoog gehouden. Twee beurten met tussenpozen van een maand leveren na negentig dagen een bevredigend product op. Het effect op het maïsgewas is zeer duidelijk. In Rhodesië heeft kapitein J.M. Moubray soortgelijke resultaten behaald. Deze worden gedetailleerd beschreven in Appendix B).

Een van de plagen van maïs in Rhodesië - de bloeiende parasiet die plaatselijk bekend staat als heksenkruid (Striga lutea) - kan worden bestreden met humus. Deze interessante ontdekking werd gedaan door Timson wiens resultaten werden gepubliceerd in het Rhodesia Agricultural Journal van oktober 1938. Humus gemaakt van het vervuilde strooisel in een veekraal, aangebracht met een hoeveelheid van 10 ton per hectare op land dat ernstig was aangetast door heksenwier, werd gevolgd door een uitstekende maïsoogst die praktisch vrij was van deze parasiet. **[077]** Het controleperceel ernaast was een rode loper van deze plaag. Op hetzelfde land werd vervolgens een tweede maïsoogst uitgevoerd. Opnieuw was het vrij van heksenwier. Deze parasiet belooft een waardevolle censor te zijn om aan te geven of de maïsbodems van Rhodesië vruchtbaar zijn of niet. Als er heksenwier verschijnt, heeft het land humus nodig; als het afwezig is, bevat de grond voldoende organisch materiaal. Goede landbouw biedt dus een automatische controlemethode.

Humus beïnvloedt de kwaliteit van maïs en de opbrengst. In het belang van zowel de maïsexporterende als de maïsimporterende landen moet er een nieuw systeem komen voor het sorteren en verhandelen van de producten van vruchtbare grond. Maïs die is geteeld op land dat is bemest met humus en zonder kunstmest, moet als zodanig worden beschreven en gesorteerd. Alleen op deze manier kunnen goed geteelde producten tot hun recht komen. Het moet duidelijk worden onderscheiden op zijn weg van het veld naar het dier en gescheiden worden gehouden van inferieure maïs. De kopers weten dan dat de gesorteerde producten die ze

aan hun vee voeren, goed geteeld zijn. Ze zullen snel ontdekken dat het geschikt is voor hun dieren. Deze kwestie van het sorteren van producten op basis van de manier waarop het wordt geteeld, geldt voor veel andere gewassen dan maïs. Het belang ervan voor de toekomst van de landbouw en de gezondheid van de natie wordt genoemd in een later hoofdstuk.

RIJST

Verreweg het belangrijkste voedselgewas ter wereld is rijst. Het is daarom interessant om te zien hoe dit graangewas reageert op humus. We zouden verwachten dat het aanzienlijk zou zijn, omdat de rijstkwekerijen altijd zwaar bemest zijn met dierlijke mest en vlak voor het verplanten zijn de zaailingen veel rijker aan stikstof dan in enig ander stadium in het leven van de plant.

De eerste proef met het Indore Process werd gedaan door wijlen Mrs. Kerr in het Leper Home and Hospital, Dichpali in H.E.H. the Nizam's Dominions. Haar reactie na het lezen van *De Afvalproducten van de Landbouw* in 1931 was: 'Als hij gelijk heeft, betekent dit een totale economische revolutie in de dorpen van India. Rijst werd uitgekozen als gewas om de methode op te testen. Ze stierf toen de proef nog bezig was. De resultaten zijn als volgt samengevat in een brief van haar man, Rev. G. M. Kerr, gedateerd Dichpali, 2 november 1933:

> We hebben drie en volkomen gemiddelde stukken van onze rijstvelden afgesneden. Op perceel nr. 1 was 1,25 tot 1,5 in-

ches Indore compost ondergeploegd. Op perceel nr. 2 lag wat afval van de boerderij plus 3/8 inch Indore compost. Perceel 3 was de controle en had niets.

Omdat we u deze cijfers graag willen geven, kunnen we de resultaten van het strogewicht niet in tabelvorm geven. Perceel nr. I is vijf dagen geleden gemaaid, perceel nr. 2 pas twee dagen geleden en perceel nr. 3 gisteren. Perceel 1 is dus droog en percelen 2 en 3 zijn nog nat. We hebben de resultaten van het stro in bundels van vergelijkbare grootte weergegeven, maar nr. 1 is het betere stro en zal aanzienlijk beter buffelvoer opleveren (tabel 4).

Als al onze 30 acres rijstvelden volledig gecomposteerd zijn, kunnen we hier nog eens 50 of 60 lepralijders verwelkomen om gereinigd te worden. Dit is geen wetenschappelijke conclusie volgens jullie gebruikelijke rekenmethodes, maar het is de praktische kwestie zoals die ons aanspreekt.'

In een volgende brief van 10 oktober 1935 werd de ervaring van Dichpali met het Indore Proces als volgt samengevat:

Indore compost is een van de materiële zegeningen van dit leven, net als stoom, elektriciteit en draadloos. We zouden hier gewoon niet zonder kunnen. Het heeft al onze landbouwbelangen veranderd. Drie jaar geleden was het grootste deel van het land van de armste soort, grote stukken waren zo zout dat er een wit aluinachtig poeder op het oppervlak lag. We hebben nu 28 acres hersteld en daarop hebben we dit jaar een recordoogst rijst. Er zijn nog nooit zulke gewassen verbouwd op het land, tenminste niet in vele jaren. De resterende 15 acres zijn net als voorheen met de rijst schraal en dun. Door middel van onze fabriek van 30 kuilen houden we een voorraad com-

post bij, maar we kunnen nooit genoeg maken om aan onze behoeften te voldoen. We passen het nu ook toe op onze velden met voedergewassen met opmerkelijke resultaten. Compost verspreid over een veld tot een diepte van ongeveer een kwart inch zorgt voor een gewas dat minstens drie of vier keer zwaarder is dan anders mogelijk zou zijn.

Table 4
Crop results of three plots of rice grown under varying conditions at the Home for Lepers, Dichpali

	No. 1 Plot	*No. 2 Plot*	*No. 3 Plot*
Amount of land measured for the contrast. All portions had the same cultivation	6,394 sq. ft.	6,394 sq. ft.	6,394 sq. ft.
Amount of seed sown. All the seed sown was the same quality	6 lb.	6 lb.	6 lb.
Amount of rice taken in each case by measure, not weight	422 lb.	236 lb.	60 lb.
Amount of straw in similar sized bundles	138 bundles	106 bundles	40 bundles

Tabel 4 *Gewasresultaten van drie percelen rijst geteeld onder verschillende omstandigheden in het tehuis voor lepralijders, Dichpali*

De duidelijke reactie van rijst op organisch materiaal in de rijstkwekerijen is welbekend. De resultaten van Dichpali bewijzen dat het verplante gewas ook reageert op humus. In de kwekerijen zijn de bodemomstandigheden aëroob: na het verplanten staan de wortels van de gewassen onder water, waarbij de zuurstofvoorziening grotendeels afhankelijk is van de activiteiten van algen. **[079]** Hoe beïnvloedt humus de rijstplant in watercultuur onder omstandigheden waarin de actieve zuurstof opgelost moet zijn in water? Vertonen de

wortels van rijst in de kwekerijen en ook na het verplanten de mycorrhizale relatie? Als dat zo is, is de verklaring van de Dichpali resultaten eenvoudig. Als dat niet zo is, hoe beïnvloedt humus in natte teelt dan de fotosynthese in het groene blad? Nitrificatie van het organisch materiaal lijkt moeilijk onder zulke omstandigheden om twee redenen: (1) het proces heeft veel lucht nodig; (2) het gevormde nitraat zou overmatig verdund worden door het grote volume water in de rijstvelden. Als de mycorrhizale associatie echter optreedt in overgeplante rijst, verklaren de resultaten van Dichpali zichzelf.

Terwijl dit boek ter perse ging, werden op 27 oktober 1939 door de heer Y.D. Wad in de staat Jhabua, Centraal-India, monsters verzameld van oppervlaktewortels van overgeplante rijst, 116 dagen na het zaaien, geteeld in met humus bemeste grond. Ze werden onderzocht door Dr. Ida Levisohn op 11 december 1939, wiens rapport als volgt luidt:

> De stuggere lateralen van de eerste orde vertonen een wijdverspreide endotrofe mycorrhizale infectie, waarbij de mycorrhizale gebieden macroscopisch worden aangegeven door troebelheid, pareling en de afwezigheid van wortelharen. De actieve hyfen hebben een grote diameter; ze gaan gemakkelijk door de celwanden heen en vormen spiralen, blaasjes en arbuskels; ze vertonen de vroege en latere stadia van vertering. De resulterende massa korrelig materiaal lijkt snel uit de cellen te worden getranslokeerd.

Het lijdt geen twijfel dat rijst een mycorrhiza-vormer is, een feit dat tegelijkertijd de opmerkelijke respons van dit gewas

op humus verklaart en een aantal nieuwe onderzoekslijnen opent. Opbrengst, kwaliteit, ziekteresistentie en de voedingswaarde van het graan zullen naar alle waarschijnlijkheid afhangen van de efficiëntie van de mycorrhiza-associatie.

GROENTEN

Een van de grootste problemen bij tuinieren in de volle grond en onder glas is de aanvoer van humus. In het verleden, toen paardentransport de regel was en grote aantallen van deze dieren in de steden werden gehouden, was het bijvoorbeeld in de buurt van Londen de gewoonte dat de wagens die de kratten met groenten voor de vroege ochtendmarkt binnenbrachten, een lading mest meenamen. De introductie van de verbrandingsmotor veranderde dit: een algemeen tekort aan mest was het gevolg. In de meeste gevallen worden tuinderijen niet geëxploiteerd in combinatie met grote gemengde bedrijven, dus er is geen mogelijkheid om deze gebieden zelfvoorzienend te maken wat betreft mest: de essentiële dieren zijn er niet. Het resultaat is dat een steeds groter deel van de groenten die in de steden worden verkocht, wordt geteeld op kunstmest. Op deze manier is een bevredigende opbrengst mogelijk, maar qua smaak, kwaliteit en houdbaarheid is het product duidelijk inferieur aan de groenten die op boerenmest worden gekweekt.

[080] Het is gemakkelijk om een onderscheid te maken tussen groenten geteeld op NPK. Ze zijn taai, leerachtig en vezelig en missen ook smaak. In schril contrast die geteeld met humus zijn mals, bros, en beschikken over een over-

vloed aan smaak. Een van de lessen in diëtetiek die moet worden onderwezen aan kinderen in elke school en instelling in het land, en ook in elk huis, moet het verschil tussen groenten, salades, aardappelen en fruit geteeld met humus of met kunstmatige. Het bewijs stapelt zich op dat de aansprakelijkheid voor veel voorkomende kwalen zoals verkoudheid, mazelen, enzovoort veel minder wordt wanneer de groenten, fruit, aardappelen en ander voedsel dat geconsumeerd wordt, afkomstig is van vruchtbare grond en vers gegeten wordt.

Hoe komt men aan de noodzakelijke humus voor de groenten van hoge kwaliteit die nodig zijn in stedelijke gebieden? Er zijn twee oplossingen mogelijk.

In de eerste plaats moet tuinbouw, waar mogelijk, worden uitgevoerd als een tak van gemengd bedrijf met een adequate veestapel, zodat alle afvalproducten, plantaardig en dierlijk, van het hele bedrijf kunnen worden omgezet in humus door het Indore Process. De eerste proef met dit systeem werd uitgevoerd bij de Iceni kwekerijen, Surfleet, Lincolnshire. Het werk begon in december 1935 en kan het best worden beschreven in de eigen woorden van kapitein Wilson uit een memorandum dat hij opstelde voor de leden van de British Association die zijn boerderij op 4 september 1937 bezochten:

> Het landgoed Iceni bestaat uit ongeveer 325 hectare en is als volgt samengesteld:
>
> Bouwland &c 225 acres
> Blijvend grasland 30 acres
> Ruw grasland 35 acres

Land met intensieve tuinbouw 35 hectare

Het belangrijkste idee bij de ontwikkeling van het landgoed was om aan te tonen dat het zelfs vandaag de dag, in bepaalde gebieden in Engeland, een commercieel voorstel is om slecht bewerkt land over te nemen en het weer vruchtbaar te maken met een groot aantal mensen per hectare.

Daartoe is het landgoed ontwikkeld als een complete landbouweenheid met een juiste verhouding tussen levend vee, akkerland, grasland en tuinbouw, met de overtuiging dat het landgoed na een paar jaar goed beheer bijna, zo niet helemaal, een zelfvoorzienende eenheid kan worden, onafhankelijk van externe leveranties van chemische meststoffen, enz. en veevoer, waarbij het land in een hoge staat van vruchtbaarheid wordt gehouden, wat tegenwoordig heel ongebruikelijk is, door middel van

1. Een goede balans van de gewassen
2. De omzetting van al het tarwestro in mest op de mestvelden en het gebruik van deze mest en zoveel mogelijk van de afvalproducten van het land voor het maken van humus voor de bodem. **[081]**

Wat betreft (2), de methode voor het maken van humus staat bekend als "Het Indore Proces" en is succesvol gebleken.

De productie in 1936 bedroeg ongeveer 700 ton en in het lopende jaar zal dat waarschijnlijk ongeveer 1.000 ton zijn.

Als gevolg van dit gebruik van humus heeft het land dat intensief wordt verbouwd al een staat van onafhankelijkheid bereikt en de afgelopen twee jaar zijn er helemaal geen chemicaliën gebruikt in de tuinen, noch als meststoffen, noch als sprays voor de bestrijding van ziekten en plagen. Het enige

wasmiddel dat bij de fruitbomen is gebruikt, is een toepassing van kalkzwavel elke winter, en men hoopt dit binnenkort te kunnen elimineren.

De landbouwgrond is nog niet onafhankelijk van de aankoop van kunstmest, maar de gebruikte hoeveelheid is gestaag verminderd van 106 ton in 1932, wat 675 pond kostte, tot 40-1/2 ton in het lopende jaar, wat 281 pond kostte. Ook het aardappelgewas, dat vroeger vier of vijf keer werd besproeid, wordt nu slechts één keer besproeid en men hoopt dat dit over vele jaren ook niet meer nodig zal zijn als het land gezond is geworden en in een goede staat van vruchtbaarheid verkeert.

Ik twijfel er niet aan dat uiteindelijk, met een uitgebalanceerde vruchtwisseling, dezelfde mate van onafhankelijkheid kan worden bereikt op de boerderij als al is bereikt op mijn tuinbouwgrond.

De waarschijnlijke teelt zal uiteindelijk als volgt zijn: 75 acres aardappelen.

75 acres tarwe.
25 acres gerst, haver, bonen en lijnzaad (voor veevoer).
15 acres wortels (voor veevoer).
30 acres klaver- en raaigrasvelden voor een jaar om te voeren aan varkens en pluimvee en om te maaien voor hooi.

De levende have op de boerderij bij de aangifte in juni was als volgt:

22 stuks vee (koeien en jongvee van eigen fok).
14 paarden (inclusief veulens).
15 zeugen (voor de fok).
103 andere varkens.
120 leghennen (van eigen fok).

En hoewel het nog wat vroeg is om te zeggen, denk ik dat de bovenstaande cijfers ongeveer goed zijn voor de grootte van de boerderij, met de toevoeging van ongeveer 20 runderen voor het voeden van de winterwerf. Deze laatste import zal over een paar jaar overbodig zijn, wanneer het aantal runderen van mijn eigen fokkerij zal zijn toegenomen.

[082] Sinds dit memorandum is er nog meer vooruitgang geboekt op Surfleet. De factor die momenteel de productie op de alluviale gronden in de Holland Division van Lincolnshire (waar de moestuin van kapitein Wilson ligt) beperkt, is ongetwijfeld de beluchting van de grond. Deze bodems pakken gemakkelijk in, waardoor de toevoer van zuurstof voor de micro-organismen in de bodem en voor de wortels van de gewassen vaak wordt onderbroken. Drainage onder de grond vermindert deze negatieve factor. In de herfst van 1937 werd het hele groenteterrein van kapitein Wilson gedraineerd. Zoals verwacht heeft de verbetering van de beluchting van de bodem die onmiddellijk daarop volgde, de gewassen in staat gesteld om het volledige voordeel van humus te verkrijgen. Dit is een duidelijk voorbeeld van een situatie waarin de totstandbrenging van het natuurlijke evenwicht tussen de bodem, de plant en het dier heeft geresulteerd in een grotere oogst en een hogere kwaliteit van de producten.

Een andere en misschien eenvoudigere oplossing voor het probleem van organisch materiaal in de groenteteelt is om gebruik te maken van de miljoenen tonnen humus in de gecontroleerde stortplaatsen in de buurt van onze steden en

dorpen. Dit onderwerp wordt in detail besproken in hoofdstuk 8.

WIJNRANK

Een vergelijking tussen de wijnbouw in het Oosten en het Westen is in meer dan één opzicht interessant. In het Oosten wordt dit gewas voornamelijk geteeld voor voedsel: in het Westen, inclusief Afrika, worden de meeste druiven verwerkt tot wijn.

Het kenmerk van de teelt van de *wijnstok* in Azië is de lange levensduur van het ras, het universele gebruik van dierlijke mest en de relatieve afwezigheid van insecten- en schimmelziekten. Kunstmest, sproeimachines en gifsprays zijn onbekend.

In het Westen is de balans tussen het wijnbouwareaal en het aantal dieren zoek: de wijnstok heeft het dier grotendeels verdrongen: het tekort aan mest is aangevuld met kunstmest: de levensduur van het ras is kort: insecten- en schimmelziekten zijn universeel: de sproeimachine en de gifspuit zijn overal te zien: het verlies aan evenwicht in de druiventeelt is gepaard gegaan met een verlaging van de kwaliteit van de wijn.

Tijdens de afgelopen drie zomers, tijdens uitgebreide tochten door de Provence, werd scherp gelet op wijngaarden waar het uiterlijk van de wijnstokken in alle opzichten overeenkwam met die van Centraal-Azië, namelijk goed gegroeide planten die er thuis uitzagen en waar het gebladerte en de jonge groei echte bloei vertoonden. Uiteindelijk wer-

den in de buurt van het dorp Jouques in het departement Bouches du Rhône zulke wijnstokken gevonden. Ze hadden nooit kunstmest gekregen, alleen dierlijke mest: de wijngaard had een goede lokale reputatie voor de kwaliteit van zijn wijn. Met de eigenaresse werden afspraken gemaakt om de actieve wortels te laten onderzoeken. Ze vertoonden de mycorrhizale associatie. De wijnstok is een mycorrhiza-vormer en daarom is humus in de bodem essentieel voor een perfecte voeding; de lange levensduur van de variëteit en de afwezigheid van ziekten in Centraal-Azië zijn meteen verklaard.

[083] In een recent overzicht van de fruitteelt in de Westelijke Provincie van de Unie van Zuid-Afrika, dat verscheen in het Farmer's Weekly (Bloemfontein) van 23 augustus 1939, verwijst Nicholson naar een lokale wijngaard, aan de hoofdweg tussen Somerset West en Stellenbosch, die het Indore proces heeft overgenomen:

> "Automobilisten die langs deze weg rijden kunnen niet anders dan opmerken hoe gezond de wijngaarden van deze boer eruit zien en hoe ordelijk de hele boerderij is. Aan het begin van deze winter bezocht ik de boerderij op tijd om de enorme stapels mest te zien - prachtig, fijn verrot struikgewas dat in deze staat was gebracht door het in de kraal onder de dieren te leggen. Varkens hadden ook hun rol gespeeld. Tijdens het wijnpersseizoen worden alle druivenvellen aan de varkens gevoerd en later in de vorm van mest teruggegeven aan de wijngaarden.'

Als de wijnbouwers van Europa zich realiseren hoeveel ze

verliezen door een onevenwichtige landbouw in de vorm van het uitlopen van het ras, verlies van weerstand tegen ziekten en verlies van kwaliteit in de wijn, zullen er ongetwijfeld stappen worden ondernomen door een paar pioniers om de veestapel te vergroten, al het beschikbare afval om te zetten in humus en zo snel mogelijk terug te keren naar de natuur.

[085]

HOOFDSTUK – 06

ONTWIKKELINGEN VAN HET INDORE-PROCES

GROENBEMESTING

Sinds Schultz-Lupitz rond 1880 voor het eerst liet zien hoe de open zandgronden van Noord-Duitsland verbeterd konden worden in textuur en vruchtbaarheid door het inwerken van een groen gewas van lupine, zijn de mogelijkheden van deze methode om het land te verrijken grondig onderzocht door de proefstations. Nadat de rol van de knolletjes op de wortels van peulvruchten in de fixatie van stikstof uit de lucht was bewezen, concentreerden de problemen van groenbemesting zich natuurlijk rond het gebruik van peulvruchten om de voorraad gecombineerde stikstof en organisch materiaal in de bodem aan te vullen. Aan het einde van de negentiende eeuw leek het zo eenvoudig om, door alleen maar een peulgewas te telen, in één klap en op een zeer economische manier het grote probleem van het behoud van de bodemvruchtbaarheid op te lossen. Met een beetje moeite kon de peulvrucht worden gebruikt als stikstoffabriek, terwijl de rest van het gewas voor humus kon zorgen. Dit alles zou kunnen worden bereikt tegen geringe kosten en zonder ernstige verstoring van de gewone teelt. Deze verwachtingen, een natuurlijke erfenis van de NPK-mentaliteit, hebben

geleid tot ontelbare groenbemestingsexperimenten over de hele wereld met praktisch elke soort peulgewas. In een paar gevallen, met name op open, goed beluchte gronden waar de regenval na het ploegen van het groenbemestingsgewas goed verdeeld was en er voldoende tijd was voor bederf, waren de resultaten bevredigend. In de meeste gevallen waren ze echter teleurstellend. Het is daarom nuttig om het hele onderwerp te onderzoeken en zo mogelijk de redenen vast te stellen waarom deze methode om de vruchtbaarheid van de grond te verbeteren zo vaak lijkt te mislukken.

[086] Een beschouwing van de factoren die een rol spelen bij de groei, het verval en het gebruik van de resten van een groen gewas zal meteen het algemene falen van groenbemesting om het volgende gewas te doen toenemen verklaren en ook voor altijd een einde maken aan de ietwat extravagante hoop op een herhaling van de Duitse resultaten, die slaagden omdat alle factoren, inclusief de tijd, toevallig gunstig waren. Het heeft geen zin om deze methode slaafs te kopiëren, tenzij we tegelijkertijd de Noord-Duitse bodem- en klimaatomstandigheden kunnen reproduceren.

De belangrijkste factoren bij groenbemesting zijn: (1) kennis van de stikstofkringloop in relatie tot de plaatselijke landbouw; (2) de omstandigheden die nodig zijn voor een snelle groei en ook voor de vorming van overvloedige knobbeltjes op de wortels van het peulgewas dat wordt gebruikt voor groenbemesting; (3) de chemische samenstelling van het groene gewas op het moment dat het wordt ondergeploegd; (4) de bodemomstandigheden tijdens de periode waarin het rot plaatsvindt. Deze vier factoren moeten wor-

den bestudeerd voordat de mogelijkheden van groenbemesting kunnen worden onderzocht.

Het belang van de stikstofkringloop in relatie tot de lokale landbouw is een factor in groenbemesting waaraan veel te weinig aandacht is besteed. Zoals in hoofdstuk 14 uitvoeriger zal worden aangetoond, kunnen de mogelijkheden van groenbemesting alleen volledig worden benut als we weten in welke perioden van het jaar nitraatophopingen plaatsvinden, hoe deze ophopingen passen in de lokale landbouwpraktijk en wanneer nitraten verloren dreigen te gaan door uitspoeling en andere middelen. Als het gewas het nitraat niet volledig benut, moet deze kostbare stof worden geïmmobiliseerd door middel van groenbemesting of door middel van onkruid en algen. Het mag niet aan zichzelf worden overgelaten. Het moet ofwel worden opgenomen door het gewas of worden opgeslagen door een andere plant.

De bodemomstandigheden die nodig zijn voor de groei van peulgewassen die als groenbemesting worden gebruikt, zijn nooit voldoende bestudeerd. Clarke ontdekte in Shahjahanpur in India dat het voordelig was om een kleine hoeveelheid mest op de grond te strooien vlak voordat het groenbemestingsgewas werd gezaaid. Het effect hiervan is dat de groei en nodulaire ontwikkeling op een opmerkelijke manier worden gestimuleerd. Bovendien vergaat het groene gewas bij het inzaaien veel sneller dan wanneer deze bemesting wordt weggelaten. Het kan zijn dat, naast het stimuleren van de nodulaire ontwikkeling, de kleine bemesting met boerderijmest nodig is om de mycorrhizale associatie, waarvan bekend is dat die bestaat in de wortels van de meeste vlinder-

bloemigen, in werking te zetten. Deze associatie is een factor die volledig is vergeten bij groenbemesting. Er wordt niet naar verwezen in Waksman's uitstekende samenvatting op pp. 208-14 van de laatste editie van zijn monografie over humus. Deze factor zal waarschijnlijk ook belangrijk blijken te zijn bij het gebruik van de humus die achterblijft bij groenbemesting.

De levende brug tussen de humus in de bodem en de plant moet goed worden gevoed, anders is de voeding van het gewas dat we willen profiteren is bijna zeker te lijden.

Naarmate de groei vordert, verandert de chemie van een groen gewas aanzienlijk: het materiaal in een jong gewas of in een volwassen gewas leidt, wanneer het wordt aangeboden aan de micro-organismen van de grond, tot zeer verschillende resultaten. Waksman en Tenney hebben de resultaten beschreven van de afbraak van een typische groenbemestingsplant (rogge) die in verschillende groeiperioden is geoogst. Als de planten jong zijn, breken ze snel af: een groot deel van de stikstof komt vrij als ammoniak en komt beschikbaar. **[087]** Als de planten volwassen zijn, breken ze veel langzamer af: er is onvoldoende stikstof voor afbraak, dus de micro-organismen gebruiken een deel van de bodemnitraten om het tekort aan te vullen. In plaats van de bodem te verrijken met beschikbare stikstof, leidt de ontbinding van het gewas tot een tijdelijke verarming. Deze fundamentele zaken zijn samengevat in de volgende tabel 5:

Table 5
Rapidity of decomposition of rye plants at different stages of growth
(Waksman and Tenney)
Two grammes of dry material decomposed for 27 days

Stage of growth	*CO_2 given off*	*Nitrogen liberated as ammonia*	*Nitrogen consumed from the media*
	mg. C	mg. N	mg. N
Plants only 25-35 cm. high	286.8	22.2	0
Just before heads begin to form	280.4	3.0	0
Just before bloom	199.5	0	0
Plants nearly mature	187.9	0	8.9

Tabel 5 *Snelheid van afbraak van roggeplanten in verschillende groeistadia (Waksman en Tenney) Twee gram droog materiaal in 27 dagen afgebroken*

De hoeveelheid humus die ontstaat door het rotten van een groen gewas hangt ook af van de leeftijd van de planten. Jonge planten, die weinig lignine en cellulose bevatten, laten een zeer klein humusresidu achter. Volwassen planten daarentegen zijn rijk aan cellulose en lignine en leveren een grote hoeveelheid humus. Deze verschillen worden weergegeven in tabel 6. **[088]** Uit deze resultaten volgt dat als we groenbemesting willen gebruiken om de voedingsstoffen in de bodem snel te verhogen, we het groene gewas altijd in het jonge stadium moeten onderploegen; als ons doel is om het humusgehalte van de bodem te verhogen, moeten we wachten tot het groenbemestingsgewas zijn maximale groei heeft bereikt.

Table 6
Formation of humus during decomposition of rye plants at different stages of development
(Waksman and Tenney)

Chemical constituents	*At beginning of decomposition**	*At the end of decomposition period***	
Just before heads begin to form			
	mg.	mg.	% of original
Total water-insoluble organic matter	7,465	2,015	27.0
Pentosans	2,050	380	18.5
Cellulose	2,610	610	23.4
Lignin	1,180	750	63.6
Protein insoluble in water	816	253	31.0
Plants nearly mature			
	mg.	mg.	% of original
Total water-insoluble organic matter	15,114	8,770	58.0
Pentosans	3,928	1,553	39.5
Cellulose	6,262	2,766	44.2
Lignin	3,403	3,019	88.7
Protein insoluble in water	181	519	286.7

* 10 gm. material (on dry basis) used for young plants and 20 gm. for old plants.
** 30 days for young plants and 60 days for mature plants.

Tabel 6 Vorming van humus tijdens de afbraak van roggeplanten in verschillende ontwikkelingsstadia (Waksman en Tenney)

** 10 g materiaal (op droge basis) gebruikt voor jonge planten en 20 g voor oude planten.*

*** 30 dagen voor jonge planten en 60 dagen voor volwassen planten.*

De bodemomstandigheden na het onderploegen van het groen gewas zijn niet minder belangrijk dan de chemische samenstelling van het gewas. De micro-organismen die de groenbemester afbreken, hebben vier dingen nodig: (1) voldoende gecombineerde stikstof en mineralen; (2) vocht; (3) lucht; (4) een geschikte temperatuur. Deze moeten allemaal samen aanwezig zijn.

De factor die zo vaak leidt tot problemen is de armoede van de bodem - onvoldoende gecombineerde stikstof en mineralen. Hieruit volgt dat wanneer een rijp gewas wordt ondergeploegd, het effect van het verval ervan op het volgende gewas altijd afhangt van de vruchtbaarheid van de grond. Als de grond in een slechte conditie is, zal het grootste deel van de beschikbare stikstof geïmmobiliseerd worden voor het verval van de groenbemester; het volgende gewas zal honger lijden; groenbemesting zal dan een tijdelijke mislukking zijn. Als de grond echter vruchtbaar is of als we vers bereide humus onderploegen met de groenbemester, zal de extra gecombineerde stikstof die nodig is voor de afbraak aanwezig zijn; het volgende gewas zal er niet onder lijden. Bodemvruchtbaarheid geeft de boer in dit opzicht, net als in zoveel andere zaken, veel speelruimte. Allerlei dingen kunnen veilig gedaan worden met een bodem met een goed hart, die onmogelijk zijn als de grond onvruchtbaar is. Een goede vruchtbaarheidsreserve zal daarom altijd een belangrijke factor zijn bij groenbemesting.

Aangezien de afbraak van een groen gewas wordt uitgevoerd door micro-organismen, stopt de afbraak als de vochtigheid onder een bepaald punt zakt.

[089] Als de luchttoevoer wordt afgesneden door overvloedige regen na het ploegen of door het te diep begraven van het groene gewas, ontwikkelt zich snel een anaerobe bodemflora die zijn zuurstoftoevoer uit de ondergrond haalt. De waardevolle eiwitten worden aangetast en hun stikstof komt vrij als gas. De chemische reacties van het veen vervangen die van de vroege stadia van een goed beheerde composthoop. Dit gebeurt vaak onder moessonomstandigheden en is een van de redenen waarom groenbemesting zo vaak onbevredigend is in tropische landbouw.

Tot slot is de factor temperatuur belangrijk in landen zoals Groot-Brittannië, waar de winter een feit is. Hier moet groenbemesting vaak in de herfst plaatsvinden voordat de grond te koud wordt, zodat de eerste stadia van afbraak kunnen worden voltooid voordat de winter komt.

We kunnen nu de toepassingen van groenbemesting in de landbouw bekijken. Over het algemeen vallen ze in drie klassen uiteen: (1) het veiligstellen van nitraatophopingen; (2) de productie van humus, en (3) een combinatie van beide.

DE BESCHERMING VAN NITRAATOPHOPINGEN

Bij het bestuderen van deze belangrijke materie moeten we om te beginnen bedenken hoe de natuur, als ze aan zichzelf wordt overgelaten, altijd omgaat met de nitraten die door de micro-organismen in de bodem uit organisch materiaal worden bereid. Ze mogen nooit verloren gaan, maar worden geïmmobiliseerd door planten, inclusief de algenlaag in de bo-

vengrond. Deze laatste worden gemakkelijk afgebroken: ze zijn daarom uiterst waardevolle agentschappen voor het veiligstellen van nitraten.

De boer heeft twee methoden om nitraten te immobiliseren. Hij kan zijn overtollige nitraatophopingen onderscheppen door een peulgewas te zaaien of door zijn onkruid en bodemalgen zo te beheren dat ze automatisch hetzelfde doen. In beide gevallen worden nitraten die anders verloren zouden gaan, omgezet in jonge verse groei die niet verloren kan gaan door uitspoeling en die later door de organismen in de bodem weer snel kan worden omgezet in beschikbare stikstof en mineralen. Het is duidelijk dat als onkruid zo kan worden beheerd dat alle nitraatophopingen kunnen worden benut en de resulterende groei kan worden omgeploegd en op tijd kan worden afgebroken voor het volgende gewas, het niet nodig is om een vlinderbloemig gewas te zaaien om te doen wat de natuur zelf zoveel beter kan.

Een van de beste voorbeelden die ik heb gezien van het gecombineerde gebruik van onkruid en vanggewassen voor het immobiliseren van nitraten werd uitgewerkt door de heer L. P. Haynes in de grote hoptuin van de heren Arthur Guinness, Son & Co. in Bodiam in Sussex. De oppervlakteteelt in deze tuin stopt in augustus, kort nadat de hop gevormd is. Er wordt dan een beetje mosterd gezaaid, dat samen met het kippenkruid al snel een groen tapijt vormt zonder de rijping van de hop te verstoren. Bij het plukken zijn de gemengde zaailingen goed ingeburgerd, waarna ze de gevormde nitraten aan het einde van de zomer en in de vroege herfst helemaal voor zichzelf hebben. De groei is zeer snel. Tijdens de

herfst worden schapen ingezet om de mosterd te begrazen. Hun urine en mest vallen op het kippenkruid en dragen zo een deel van de essentiële dierlijke afvalstoffen bij. **[090]** In de lente wordt het gemakkelijk verteerbare kippenkruid in de vruchtbare grond geploegd en vergaat het op tijd voor de volgende hopoogst. De grond van deze hoptuin is nu zwaar gevuld met zaden van kippenkruid, zodat op het moment dat de oppervlakteteelt wordt stopgezet in augustus een nieuwe oogst begint. Dit beheer van een gewoon onkruid van vruchtbare grond om het aan te passen aan de behoeften van de hop leek me niets minder dan een geniale zet. Het zou moeilijk zijn om een efficiënter groenbemestingsgewas te vinden dan het gewas dat de natuur voor niets heeft voorzien. Is er een beter voorbeeld van het gebruik van een vruchtbaarheidsreserve voor de snelle afbraak van een groen gewas in de vroege lente? De grond in Bodiam is bijna nooit onbedekt; hij wordt ofwel door hop ofwel door kippenkruid bezet; het ene gewas sluit naadloos aan op het andere; de energie van het zonlicht wordt het hele jaar door bijna volledig benut; de onzichtbare werkkracht van de hoptuin - regenwormen en micro-organismen - wordt volledig bezet gehouden. Naarmate het gebruik van kunstmest en gifsprays afneemt, zal ook de efficiëntie van dit deel van de onzichtbare plant toenemen.

In landen als Groot-Brittannië zou veel meer gebruik gemaakt kunnen worden van deze methode van groenbemesting. Vooral in de fruitteelt, groenteteelt en aardappelteelt lijkt er geen reden te zijn waarom een herfstgewas van onkruid niet als groenbemesting op Bodiam-lijnen zou kunnen

worden behandeld. Als het land een goed hart heeft, zal de grond geen moeite hebben om het onkruid te laten rotten. Als het land arm is aan organisch materiaal, moet er een laag vers bereide humus van minstens 5 ton per hectare over het onkruid worden uitgestrooid voordat het wordt ondergeploegd.

DE PRODUCTIE VAN HUMUS

De productie van humus door middel van groenbemesting is veel moeilijker dan het gebruik van deze methode om nitraten te immobiliseren. Toch is het van het grootste belang voor het behoud van de bodemvruchtbaarheid. De factoren die betrokken zijn bij de omzetting van groenbemesters in humus in de bodem zijn dezelfde als die in de composthoop. Alle factoren moeten samenwerken. Als er één faalt, wordt het proces volledig verstoord. Als dit gebeurt, wordt het volgende gewas gezaaid in grond die in een onmogelijke toestand is gebracht. Er zal een beroep worden gedaan op het land om de vorming van humus te voltooien en tegelijkertijd een gewas te laten groeien. Dit is te veel gevraagd. De grond zal zijn onderbroken taak op zich nemen en doorgaan met het maken van humus. Het gewas wordt verwaarloosd. De oncontroleerbare factor is de regenval. Die moet precies goed zijn om de humusproductie in de bodem te laten slagen. In India, bijvoorbeeld, was het tijdens een ervaring van zesentwintig jaar ongeveer eens in de zes of zeven jaar precies goed. Voor de rest was het helemaal mis. Vaak viel er te veel regen na het ploegen, waardoor de aerobe fase nooit tot ontwikkeling kwam en er in plaats daarvan veenomstandig-

heden ontstonden. Andere keren viel er te weinig regen voor de vroege schimmelfase. Waar irrigatie beschikbaar is, maakt een tekort aan regen tijdens de Indiase moesson geen verschil.

In uitzonderlijke gevallen is het echter mogelijk om door te gaan met de productie van humus in de grond zonder enig risico op tijdelijke mislukking. We kunnen één Brits voorbeeld aanhalen. Op sommige grote boerderijen in de Holland Division van Lincolnshire worden erwten verbouwd als wisselgewas met aardappelen. **[091]** Het probleem is om humus te maken voordat het volgende gewas aardappelen wordt geplant. Dit is opgelost. Vroeg in juli worden de erwten gesneden en naar de pelmachines gebracht waar de groene zaden worden gescheiden en grote hoeveelheden gebroken loof overblijven. Onmiddellijk na het verwijderen van de erwten wordt het land ingezaaid met bonen. Het gebroken erwtenzaad wordt dan over het oppervlak van het nieuw ingezaaide land gestrooid, gevolgd door een lichte bemesting met mest - ongeveer 6 of 7 ton per hectare. De bonen groeien door de gistende laag aan het oppervlak van de grond en helpen deze vochtig te houden. Terwijl de bonen groeien, wordt over het hele veld humus gemaakt in een dunne laag. Eind september, wanneer de bonen in bloei staan, is deze compostering op de grond voltooid. Het groene gewas wordt dan licht ondergeploegd samen met een laag vers bereide compost. De aanmaak van humus in de grond wordt dan voortgezet. De bonen rotten onder deze omstandigheden snel; het proces van humusvorming is voltooid voor het planten van het volgende aardappelgewas.

DE BESCHERMING VAN NITRATEN GEVOLGD DOOR DE PRODUCTIE VAN HUMUS

De immobilisatie van nitraten door middel van een groen gewas gevolgd door de omzetting van de groenbemester in humus vereist tijd en volledige controle van alle handelingen. Een voorbeeld van de succesvolle toepassing van deze methode wordt beschreven in hoofdstuk 14. In Shahjahanpur in de Verenigde Provincies werden zware suikerrietoogsten geproduceerd door de nitraten die zich ophoopten bij het aanbreken van de zuidwestmoesson te onderscheppen door middel van een peulgewas en deze vervolgens om te zetten in humus met behulp van de herfstophoping van nitraat in dezelfde grond.

Uit de principes die ten grondslag liggen aan groenbemesting en de toepassingen van deze principes op de landbouwpraktijk volgt dat het onderploegen van een groen gewas geen eenvoudige kwestie is van het toevoegen van zoveel kilo stikstof per hectare, maar een enorm en veelzijdig biologisch probleem. Bovendien is het dynamisch, niet statisch; de betrokkenen leven; hun activiteiten moeten op elkaar aansluiten, op de landbouwpraktijk enerzijds en op het seizoen anderzijds. Als we zo'n complex proberen op te lossen op basis van alleen het stikstofgehalte of op basis van de koolstof-stikstofverhoudingen, gaan we zeker in tegen de grote biologische principes en komen we in conflict met de ene regel in de natuur na de andere. Het is dan ook geen wonder dat groenbemesting tot zoveel misverstanden en teleurstellingen heeft geleid.

DE HERVORMING VAN GROENBEMESTING

De onzekerheden van de humusproductie in de grond kunnen worden overwonnen door het telen van groengewassen om materiaal te leveren voor compostering. Dit verhoogt natuurlijk de arbeid en de kosten, maar in veel landen blijkt het een commercieel voorstel. In Rhodesië wordt nu bijvoorbeeld regelmatig zouthennep verbouwd om stikstofrijk strooisel te leveren dat gemengd wordt met maïsstengels om de koolstof-stikstofverhouding van het strooisel in de veestallen te verbeteren. Op deze manier wordt de belasting van de grond sterk verminderd; de grond hoeft alleen te verteren wat er over is van het wortelsysteem van het groene gewas tijdens de oogst. De productie van humus wordt verdeeld tussen de bodem en de composthoop.

Bij het omzetten van stikstofarme materialen (zoals suikerrietbladeren en katoenstengels) in humus is het een enorm voordeel om deze vuurvaste materialen te mengen met een groen peulgewas. De productie van humus wordt versneld en vereenvoudigd; er is minder water nodig; het land waarop het groene gewas werd geteeld, heeft er baat bij.

[093]

HOOFDSTUK – 07

ONTWIKKELINGEN VAN HET INDORE-PROCES

GRASLANDBEHEER

De problemen van graslandbeheer in een land als Groot-Brittannië kunnen op twee heel verschillende manieren worden benaderd. We kunnen de kwestie bestuderen vanuit het oogpunt van de huidige organisatie van landbouwonderzoek in dit land of we kunnen de wereldwijde ervaring van de gras- en klaverfamilies inbrengen alsof er nooit instellingen zoals het Welsh Plant Breeding Station, het Rowett Institute in Aberdeen of het Rothamsted Experiment Station - die zich allemaal onafhankelijk bezighouden met een of ander fragment van het graslandprobleem - waren overwogen. Aangezien de voordelen van een frisse blik talrijk en duidelijk zijn en aangezien de schrijver een lange en uitgebreide ervaring uit de eerste hand heeft met de teelt van een aantal gewassen die behoren tot de gras- en klaverfamilies, zullen de principes die ten grondslag liggen aan graslandbeheer in Groot-Brittannië vanuit een nieuwe invalshoek worden bekeken, namelijk de omstandigheden waarvan de praktijkervaring in de tropen heeft aangetoond dat ze noodzakelijk zijn voor grassen en peulvruchten om zich te uiten en hun

eigen verhaal te vertellen.

De gras- en klaverfamilies zijn wijdverspreid en worden over de hele wereld verbouwd - van de tropen tot de gematigde streken en op alle hoogten en onder alle mogelijke bodem- en vochtomstandigheden - als afzonderlijke gewassen of vaker nog gemengd. Overal is het equivalent van de korte lei, bestaande uit grassen en peulvruchten, te vinden. De succesvolle gemengde teelt van deze twee groepen planten bestaat al vele eeuwen: in het Oosten werden ze al samen geteeld in geschikte combinaties lang voordat Engeland uit de primitieve staat kwam waarin de Romeinse indringers het aantroffen - een eiland dat voor het grootste deel bedekt was met dichte bossen en onbegaanbare moerassen.

[093] Wat zijn de essentiële vereisten van de gras- en klaverfamilies? Het duidelijkste antwoord op deze vraag wordt gegeven door de tropische landbouw; hier dringen de groeifactoren zich veel duidelijker en dramatischer aan de plant op dan op een vochtig, gematigd eiland als Groot-Brittannië, waar al deze reacties geneigd zijn erg afgezwakt en zelfs vervaagd te zijn.

Suikerriet, maïs, gierst en het dubgras van India (*Cynodon dactylon Pers*.) zijn misschien wel de meest verbouwde en meest geschikte grassen voor dit onderzoek. Luzerne, san hennep (*Crotalaria juncea L.*), de trosboon (Cyamopsis psoralioides D.C.) en de duivenerwt (*Cajanus indicus Spreng*.) zijn overeenkomstige voorbeelden van de klaverfamilie. De laatste twee worden bijna altijd samen met gierst of maïs verbouwd, net zoals rode klaver en raaigras samen worden gezaaid in Groot-Brittannië.

De grassenfamilie moet eerst worden bekeken. Een gedetailleerde beschrijving van het verbouwen van suikerriet vind je in een later hoofdstuk. Humus en voldoende beluchting van de grond, in combinatie met nieuwe variëteiten die passen bij de verbeterde bodemomstandigheden, zorgen ervoor dat dit gras goed gedijt, bestand is tegen ziekten en maximale opbrengsten en sap van hoge kwaliteit produceert zonder dat de grond verarmt. Maïs gedraagt zich op dezelfde manier en is misschien wel een van onze beste bodemanalisten. Iedereen die probeert dit gewas te telen zonder organisch materiaal zal beginnen te begrijpen hoe essentieel bodemvruchtbaarheid is voor de grassenfamilie. De vereisten van het dubgras in India, een van de belangrijkste voedergewassen van de tropen, zijn frequente teelt en een overvloed aan humus. De reactie van deze soort op een combinatie van humus en beluchting van de bodem is zelfs nog opmerkelijker dan bij maïs: zodra deze factoren tekortschieten, stopt de groei. Het gedrag van dubgras, zoals later zal blijken, geeft duidelijk aan wat alle grassen over de hele wereld nodig hebben.

Wie in India luzerne kweekt onder irrigatie, staat voor een zekere mislukking, tenzij er stappen worden ondernomen om het gewas voortdurend te voorzien van mest van de boerderij en de oppervlaktegrond op een hoog niveau te beluchten. Als de bodem goed wordt onderhouden, is het mogelijk om twintig of meer goede gewassen per jaar te oogsten. Zodra de bovengrond wordt dichtgegooid en de regelmatige bemesting wordt stopgezet, wordt een heel ander resultaat waargenomen. Het aantal sneden daalt tot drie of vier

per jaar en de opstand gaat snel achteruit. Wanneer in India hennep wordt geteeld voor groenbemesting of voor zaad, worden alleen bevredigende resultaten verkregen als het gewas wordt bemest met rundveemest of humus. Deze twee peulgewassen staan niet op zichzelf. Elk lid van deze groep dat ik heb geteeld, reageert onmiddellijk op stalmest of humus. Maar dit alles is niet in overeenstemming met de theorie.

Volgens de leerboeken zouden de knolletjes in de wortels van peulvruchten de gecombineerde stikstof moeten leveren en zou deze groep geen stikstofhoudende mest nodig hebben. Praktijkervaring en theorie liggen zo ver uit elkaar dat het lijkt alsof er een andere factor in het spel moet zijn. Pas in januari 1938 ontdekte ik wat die factor was. Op het Waldemar theelandgoed in Ceylon zag ik een opmerkelijke oogst van een groenbemestingsplant -- *Crotalaria anagyroides* -- die in humusrijke grond groeide. De wortelontwikkeling was uitzonderlijk: een onderzoek van de actieve wortels toonde aan dat ze zwaar geïnfecteerd waren met mycorrhiza. **[095]** Andere tropische vlinderbloemigen die in vergelijkbare grond groeiden, vertoonden ook de mycorrhizale associatie. Dat gold ook voor verschillende klaversoorten die in Frankrijk en Groot-Brittannië verzameld waren. Deze resultaten suggereerden meteen de reden waarom san hennep, luzerne en vele andere tropische peulvruchten zo opvallend reageren op rundveemest. Ze moeten allemaal mycorrhiza-vormers zijn.

Het feit dat peulvruchten en grassen op dezelfde factoren reageren en dat de eerste groep mycorrhiza-vormers zijn, sug-

gereerde dat deze associatie ook bij grassen zou worden gevonden. Suikerriet werd als eerste onderzocht. Het bleek een mycorrhiza-vormer te zijn. Vervolgens werden de grassen van de weiden en graslanden van Frankrijk en Groot-Brittannië bestudeerd. Het gras van de beroemde weiden van La Crau, tussen Salon en Arles in de Provence, werd in 1938 en opnieuw in 1939 onderzocht op mycorrhiza. In beide seizoenen bleken de wortels van de grassen geïnfecteerd te zijn met mycorrhiza. Het rapport van Dr. Levisohn over de monsters verzameld in juli 1939 luidt als volgt: Sporadische maar diepe infectie van de lange en korte wortels: grof mycelium inter- en intra-cellulair: stadia van vertering: de producten van de vertering lijken snel te worden getranslokeerd. In het materiaal van La Crau dat in 1939 werd onderzocht, deed het meest opmerkelijke voorbeeld van de mycorrhizale relatie zich voor bij een Taraxacumsoort die minstens een kwart van de vegetatie uitmaakte. Hier was de infectie van de binnenste lagen van de lange en korte wortels "zeer wijdverspreid en diep. Het mycelium heeft een grote diameter, is dunwandig en heeft een korrelige inhoud. Verspreiding voornamelijk intra-cellulair. De spijsvertering vertoont alle stadia van desintegratie. Wortelharen schaars gevormd. De mycorrhizagebieden van de wortels worden macroscopisch aangegeven door pareling, grotere ondoorzichtigheid en lichte vergeling van de geïnfecteerde zones" (Levisohn). Dit suggereert dat sommige of alle zogenaamde onkruiden van grasland wel eens een belangrijke rol zouden kunnen spelen in de overdracht van kwaliteit van bodem naar plant en in de voeding van het dier. Stalen van de graszoden van twee bekende boerderijen in Engeland - het land

van de heer Hosier in Wiltshire en de weiden van de heer William Kilvert in Corve Dale in Shropshire - werden vervolgens onderzocht. De resultaten waren vergelijkbaar met die van La Crau. Het is duidelijk dat de grasfamilie, net als de klavergroep, mycorrhiza-vormers zijn, een feit dat meteen verklaart waarom beide plantenklassen zo duidelijk reageren op humus.

Deze onafhankelijke benadering van de graslandproblemen van landen als Groot-Brittannië heeft nieuwe principes aan het licht gebracht. Grassen en klavers vallen wat voeding betreft in één groep en niet, zoals tot nu toe gedacht, in twee groepen. Beide hebben dezelfde dingen nodig - humus en beluchting van de bodem. Beide zijn verbonden met het organisch materiaal in de bodem door een levende schimmelbrug die de sleutel vormt tot hun juiste voeding en dus tot het beheer van grasland. Als deze zienswijze juist is, volgt hieruit dat elke instantie die de natuurlijke vorming van humus onder de graszoden van onze graslanden verhoogt, gevolgd zal worden door een verbetering van het gras en een toename van hun veedragende capaciteit. De methoden die de humusvorming in de bodem verhogen, moeten nu worden bekeken. De volgende kunnen worden genoemd:

1.) Het borgsysteem. Het meest spectaculaire voorbeeld van humusvorming in de bodem onder een weiland is te zien op het land van de heer Hosier op de downs bij Marlborough. Met een pennenstreek schafte hij als het ware het boerenerf, de koeienstal en de mestkar af om de prijsdaling na de Grote Oorlog tegen te gaan. **[096]** Hij reageerde op de juiste manier op tegenslag: hij vond het een waardevolle stimulans

om nieuwe wegen in te slaan. De koeien werden gevoerd en moesten buiten leven. Ze werden gemolken in verplaatsbare emmers. Hun urine en mest werden systematisch en tegen lage kosten over deze braakliggende weilanden verspreid. De plantaardige resten van het gras kwamen in contact met urine, mest, lucht, water en basen. De weg was vrij voor het Indore Proces. De onzichtbare werkkracht van de heer Hosier kwam in actie: de micro-organismen in de bodem produceerden een humuslaag over de hele bodem: de regenwormen verspreidden het. De wortels van de grassen en klavers werden al snel op deze humus afgestemd door middel van de mycorrhizale associatie. Het gras werd beter; de draagkracht van de velden ging met sprongen omhoog. De bodemvruchtbaarheid stapelde zich op; ongeveer om de vijf jaar werd deze verzilverd door twee of drie keer stro te oogsten, waarna er weer een periode met gras volgde, enzovoort. Ook de gezondheid van de dieren had er baat bij; de voorspellingen uit de buurt (toen deze stoutmoedige innovatie begon) dat de koeien en vaarzen snel zouden omkomen door tuberculose en andere ziekten zijn niet uitgekomen. (De heer Hosier heeft meer gedaan dan het oplossen van een plaatselijk probleem en het leveren van bewijs ter ondersteuning van een nieuwe theorie. Zijn werk heeft de aandacht gevestigd op de potentiële waarde van onze laagvlakten - gebieden die in Romeinse en Saksische tijden een groot deel van de bevolking van Groot-Brittannië ondersteunden).

2.) Het gebruik van basisslakken. Op veel van de zware gronden onder gras is de beperkende factor voor humuspro-

ductie niet urine maar zuurstof. Alles behalve lucht is er in overvloed om humus te maken -- plantaardig en dierlijk afval en vocht. Onder dergelijke graszoden lijdt het land altijd aan verstikking. De grond sterft af. Dit blijkt uit de afwezigheid van nitraten onder dergelijke graszoden. Zo'n vijftig jaar geleden ontdekte men dat zulke weiden verbeterd konden worden door er basisslakken op te leggen. Aangezien dit materiaal fosfaat bevat en het gebruik ervan de klavers stimuleert, werd aangenomen dat deze bodems leden aan fosfaatuitputting als gevolg van het voeden van een constante opeenvolging van levend vee, waarvan elke generatie zoveel kilo fosfaat in hun botten verwijdert. Wanneer we echter de grasmat van een slakkenweide onderzoeken, zien we dat er humusvorming heeft plaatsgevonden. Als de toepassing van slakken op deze zware gronden na een interval van vijf of zes jaar wordt herhaald, is er vaak geen reactie meer. Als we basisslakken toepassen op weilanden op het krijt, is er geen resultaat. Er is slechts op één punt fosfaatdepletie op sterke gronden; helemaal geen op lichte krijtondergronden. Deze resultaten kloppen niet; ze spreken elkaar zelfs tegen. Hebben we echt te maken met een fosfaattekort op deze gronden? Kan de humus die gevormd wordt na het toevoegen van slakken niet het blijvende voordeel van deze bemesting verklaren? Kan het niet bewijzen dat het effect van slakken op zware gronden in eerste instantie een fysisch effect was dat de beluchting verbeterde, de zuurgraad verlaagde en zo de humusvorming op gang hielp? We kunnen een begin maken met het beantwoorden van deze vragen door te bestuderen wat er gebeurt als de beluchting van zwaar grasland wordt verbeterd door een alternatieve methode - onderploe-

gen.

3.) Ondergrond. Het effect van het substraten van zwaar grasland werd beschreven door Sir Bernard Greenwell, Bt. in een voordracht voor de Farmers' Club op 30 januari 1939, in de volgende woorden:

> **[097]** Als we ons grasland als eerste nemen, kan er waarschijnlijk meer worden gedaan door een goede mechanische behandeling gevolgd door intensieve veeteelt dan door kunstmatige bemesting. Sommige mensen stellen voor om veel van ons tweederangs grasland om te ploegen en opnieuw in te zaaien, maar ik heb gemerkt dat dit erg speculatief is omdat de kosten in de buurt van £3 tot £5 per hectare liggen en de resultaten onzeker zijn. Door sloten schoon te maken, drains te heropenen en door molendrainage kan er echter veel worden gedaan. Ik heb ook ontdekt dat je met een Ransome mollenploeg of onderploeg van het wieltype, die op een diepte van 12 tot 14 inch door het land wordt getrokken, met een tussenruimte van 4 feet, veel beter gras kunt produceren en dit wordt bewezen door de grootste expert van allemaal -- het dier. Op een veld dat gedeeltelijk was ondergeploegd, ontdekten we dat dit ondergeploegde deel hard werd begraasd door het vee, en dat het deel dat niet op deze manier was behandeld, slechts licht werd omgeploegd. De kosten hiervan zijn ongeveer 2s. 6d. per acre zonder overheadkosten en verloren tijd. We rekenen op £ 1 per dag voor een tractor van 40 pk, inclusief arbeid, afschrijving enzovoort, en een tractor kan 9 tot 10 acres per dag onderploegen met intervallen van 4 feet.

Slechte beluchting was duidelijk de beperkende factor in Marden Park. Toen dit eenmaal was verholpen, begon de

humusvorming en verbeterde het gras. Het zal interessant zijn om de resultaten van de volgende fase van dit werk te zien. De helft van een bezaaid veld is bemest met basisslakken en de reactie van de dieren wordt in de gaten gehouden. Als de dieren het veld gelijkmatig begrazen, heeft de slak waarschijnlijk geen effect: als de dieren de voorkeur geven aan de helft met slak, is deze mest nodig. (De resultaten van Marden Park suggereren nog een vraag. Zal sub-soiling van 2s. 6d. per acre de omploegcampagne vervangen die onlangs door het Ministerie van Landbouw is gelanceerd en waarvoor de staat £ 2 per acre betaalt? Als, zoals waarschijnlijk lijkt, de basisslakken- en opploegsubsidies beide overbodig zijn, komt er een grote som geld beschikbaar voor het verhogen van de humus in de bodems van Groot-Brittannië, waarvan de noodzaak geen argument behoeft).

4.) De teelt van grasland. Een van de aanbevelingen van het Welsh Plant Breeding Station is de gedeeltelijke of volledige cultivering van grasland. Gedeeltelijke cultivering gebeurt vanaf het oppervlak door verschillende soorten eggen; volledige cultivering door de ploeg. In beide gevallen wordt de beluchting verbeterd; de productie van humus wordt gestimuleerd; over het algemeen is het verkregen resultaat recht evenredig met de mate van cultivering; omploegen en opnieuw inzaaien is veel beter voor het gras dan alleen verticuteren met eggen. In dit werk moeten we zorgvuldig onderscheid maken tussen het middel en het doel. Het middel is een vorm van cultivering; het gevolg is altijd de productie van humus.

Het zal duidelijk zijn dat de verschillende methoden waar-

mee humus wordt geproduceerd onder de groeiende grasmat zelf of door de oude grasmat op te ploegen en te laten rotten, in alle opzichten overeenkomen met wat we kunnen leren van de grassen en peulvruchten van de tropen. Het advies van Sir George Stapledon met betrekking tot Groot-Brittannië wordt ondersteund door de eeuwenlange ervaring van de landbouw in het Oosten. Een sterkere ondersteuning is niet mogelijk. Er is maar één graslandprobleem in de wereld. Het is eenvoudig. **[098]** De bodem moet weer actief worden. De micro-organismen en regenwormen moeten worden voorzien van vers gemaakte humus en van lucht. Vervolgens moeten er rassen van grassen en peulvruchten komen die reageren op verbeterde bodemomstandigheden. Alleen op deze manier kunnen de boeren in Groot-Brittannië het beste halen uit ons groene tapijt. Onze graslanden zullen dan kunnen doen wat de natuur in het bos doet - zichzelf bemesten.

De volgorde waarin verbeteringen in het graslandbeheer moeten worden aangebracht is belangrijk. Eerst moet de bodemvruchtbaarheid worden verhoogd zodat de grassen en klavers zich volledig kunnen uiten. Daarna moeten verbeterde variëteiten geselecteerd worden die passen bij de nieuwe bodemomstandigheden. Als we de variëteit op zichzelf bestuderen zonder rekening te houden met de bodem en grasen klaversoorten met een hogere opbrengst ontwikkelen voor het land zoals het nu is, bestaat het gevaar, ja bijna een zekerheid, dat de boer weer een middel krijgt om zijn grond uit te putten. De nieuwe rassen zullen een kort leven beschoren zijn: ze zullen een boemerang blijken te zijn: de

laatste staat van de boerderij zal slechter zijn dan de eerste. Als echter eerst de bodemgesteldheid wordt verbeterd en het landbouwsysteem zodanig is dat de bodemvruchtbaarheid behouden blijft, krijgt de plantenkweker een veilig veld voor zijn activiteiten. Zijn werk zal dan een blijvende waarde hebben.

Hoe moeten we de vruchtbaarheid van grasland testen? De heer Hosier heeft het antwoord gegeven. Grasland kan getest worden op vruchtbaarheid door middel van een volledige kunstmest. Als de grond echt vruchtbaar is, zal zo'n bemesting geen resultaat opleveren, omdat er geen beperkende factor bestaat in de vorm van een tekort aan stikstof, fosfor of kalium. De heer Hosier heeft zijn ervaringen op dit gebied in een brief van 6 april 1938 in Marlborough als volgt samengevat:

> Op mijn verbeterde grasland heb ik bij verschillende gelegenheden proefpercelen met kunstmest neergezet en er was geen respons, zelfs niet bij volledige bemesting. Voordat ik in 1924 op grote schaal begon met melkveehouderij in de open lucht, heb ik 150 percelen neergezet en op veel plaatsen kon ik mijn naam schrijven met kunstmest.

De waarde van deze ervaring houdt niet op bij het testen van de vruchtbaarheid van de grond. Het wijst op het zeer grote aandeel van de graslanden in West-Europa die onvruchtbaar zijn en die grote hoeveelheden humus nodig hebben om hun vruchtbaarheid te herstellen. De meeste grasvelden reageren op kunstmest. Deze zijn allemaal onvruchtbaar.

De gevolgen van de verbetering van grasland in een land als

Groot-Brittannië kunnen nu worden samengevat. Het land zal meer vee dragen. Het overschot aan zomergras kan gedroogd worden voor wintervoer. De opgeslagen vruchtbaarheid in de weilanden kan op elk moment verzilverd worden in de vorm van tarwe of andere granen. Een waardevolle voedselreserve in oorlogstijd zal altijd beschikbaar zijn. Zoals de heer Hosier heeft aangetoond, is er geen schade door draadwormen wanneer zulke vruchtbare weiden worden opgebroken en ingezaaid met tarwe.

[100]

HOOFDSTUK – 08

ONTWIKKELINGEN VAN HET INDORE-PROCES

HET GEBRUIK VAN STADSAFVAL

De menselijke bevolking, voor het grootste deel geconcentreerd in steden en dorpen, wordt bijna uitsluitend onderhouden door het land. Naast de oogst van de zee voorziet de landbouw in het voedsel van de mensen en in de behoeften van plantaardige en dierlijke oorsprong die nodig zijn voor de fabrieken in de stedelijke gebieden. Hieruit volgt dat een groot deel van de afvalproducten van de landbouw in de steden te vinden moet zijn, ver weg van de velden die ze hebben voortgebracht. Een van de gevolgen van de concentratie van de menselijke bevolking in kleine gebieden is dan ook dat een belangrijk deel van het afval van de landbouw van het land wordt gescheiden, vaak over grote afstanden. Dit afval valt uiteen in twee verschillende groepen:

(a) Stadsafval dat voornamelijk bestaat uit de inhoud van vuilnisbakken, markt-, straat- en handelsafval met een kleine hoeveelheid dierlijke mest.

(b) De urine en uitwerpselen van de bevolking.

In vrijwel alle gevallen in dit land worden beide groepen afvalmaterialen behandeld als iets dat zo snel, zo onopvallend en zo goedkoop mogelijk moet worden opgeruimd. In Groot-Brittannië wordt het meeste stadsafval begraven op een gecontroleerde stortplaats of verbrand in een verbrandingsoven. Praktisch niets van ons stedelijk afval vindt zijn weg terug naar het land. In de meeste westerse landen wordt het afval van de bevolking eerst verdund met grote hoeveelheden water en vervolgens, na verschillende hoeveelheden zuivering, geloosd in rivieren of in zee. Afgezien van een klein beetje van het resulterende rioolslib gaan de resten van de bevolking volledig verloren voor de landbouw.

Vanuit het oogpunt van de landbouw zijn de steden parasieten geworden. Ze zullen onder het huidige systeem slechts blijven bestaan zolang de vruchtbaarheid van de aarde voortduurt. Daarna moet het hele weefsel van onze beschaving instorten.

[101] Bij het nadenken over hoe deze onbevredigende stand van zaken kan worden verholpen en hoe het afval van stedelijke gebieden kan worden teruggegeven aan de bodem, moet men zich van meet af aan de omvang van het probleem en de moeilijkheden die overwonnen moeten worden realiseren. Deze moeilijkheden zijn van tweeërlei aard: die welke bij het onderwerp zelf horen en die welke inherent zijn aan onszelf. Het huidige systeem van afvalwaterverwerking is de groei van honderd jaar; probleem na probleem moest worden opgelost zoals het zich voordeed vanuit het enige gezichtspunt van wat op dat moment het beste leek voor de stad; moeder aarde heeft weinig of geen vertegen-

woordigers in gemeenteraden gehad om haar zaak te bepleiten; de verwijdering van afval is altijd gezien als de enige zaak van de stad in plaats van iets dat het welzijn van de natie als geheel aangaat. De fragmentatie van het onderwerp in zijn stedelijke componenten - medisch, technisch, administratief en financieel - is gevolgd; de richting is verloren gegaan. Een versnipperde behandeling van dit onderwerp kan alleen maar tot een mislukking leiden.

Kan er op dit late tijdstip nog iets gedaan worden aan de hervorming? Kan moeder aarde zelfs maar een gedeeltelijke restitutie van haar landrechten bewerkstelligen? Als eerst de gemakkelijkste weg wordt genomen, kan er in een paar jaar veel worden bereikt. Het probleem om het afval van de stad terug op het land te krijgen is niet moeilijk. De taak om een werkend alternatief voor riolering via het water te demonstreren en het in de praktijk ingevoerd te krijgen is echter enorm. Op dit moment valt het volledig buiten de grenzen van de praktische politiek. Een catastrofe, zoals een universeel voedseltekort gevolgd door hongersnood, of de noodzaak om de stadsbevolking over het platteland te verspreiden om het te beschermen tegen directe en indirecte schade door vijandige vliegtuigen, moet ons overvallen voordat een dergelijke kwestie zelfs maar kan worden overwogen.

De effectieve verwijdering van stadsafval is echter veel minder moeilijk, zoals zal blijken uit wat er al bereikt is in dit land. De eerdere experimenten met stedelijk afval, samengevat in een recente publicatie van het Ministerie van Landbouw (*Mest en bemesting*, Bulletin 36, Ministerie van Landbouw en Visserij, H.M. Stationery Office, 1937), zijn

de revue gepasseerd. Stationery Office, 1937), waarin het vuilnisbakafval ongewijzigd werd gebruikt, wijzen de recente resultaten met verpulverd afval, bereid door het gesorteerde materiaal (om blikken, flessen en andere vuurvaste voorwerpen te verwijderen) door een hamermolen te halen, duidelijk op de ware rol van dit materiaal in de landbouw. De waarde ervan ligt niet in de chemische samenstelling, die bijna verwaarloosbaar is, maar in het feit dat het een perfect verdunningsmiddel is voor de mestvaalt, de zwakste schakel in de landbouw in veel landen. De gewone mesthoop op een boerderij is biologisch uit balans en chemisch instabiel. Ze is onevenwichtig omdat de micro-organismen die humus proberen te maken veel te veel urine en mest hebben en veel te weinig cellulose en lignine en onvoldoende lucht om mee te beginnen. Het is onstabiel omdat het zichzelf niet bij elkaar kan houden; de waardevolle stikstof gaat verloren als ammoniak of als vrije stikstof; de micro-organismen kunnen de urine niet snel genoeg opgebruiken voordat het afval wordt; de eiwitten worden gebruikt als een bron van zuurstof met het vrijkomen van vrije stikstof. De schimmels en bacteriën van de mesthoop werken onder onmogelijke omstandigheden. Ze leven een leven van constante frustratie dat alleen vermeden kan worden door ze een uitgebalanceerd rantsoen te geven. **[102]** Dit kan worden bereikt door de bestaande mesthopen te verdunnen met drie volumes verpulverd stadsafval. De micro-organismen krijgen dan alle cellulose en lignine die ze nodig hebben. De verdunning van de mesthoop verbetert automatisch de beluchting. Het volume van de resulterende mest wordt met minstens drie vermenigvuldigd; de efficiëntie ervan wordt ook verhoogd.

Een dergelijke hervorming van de mestvaalt is praktisch uitvoerbaar. We kunnen twee voorbeelden noemen. In de grote hoptuin in Bodiam in Sussex, eigendom van de heren Arthur Guinness, Son & Co, Ltd., wordt het hele jaar door dagelijks meer dan 30 ton verpulverd stadsafval uit Southwark gebruikt voor de productie van humus. Dit materiaal wordt in vrachtwagenladingen van 6 ton naar Bodiam vervoerd, per vrachtwagen naar de hoptuinen gebracht en daar gecomposteerd met al het afval van de tuin - hopranken, hoptouw, snoeisel van heggen en bermen, oud stro, alle beschikbare stalmest - en al het andere plantaardige en dierlijke afval dat plaatselijk kan worden verzameld. De jaarlijkse productie van humus is meer dan 10.000 ton, die wordt bereid tegen een all-in kostprijs van 10s. per ton, inclusief het verspreiden op het land. De manager van deze tuin, de heer L.P. Haynes, heeft vergelijkende kostencijfers opgesteld voor stikstof, fosfor en kalium die in de vorm van humus of kunstmest worden toegediend. De kosten van stadsafval van Bodiam zijn 4s. 6d. per ton; vrachtwagenvervoer van het spoor naar de tuin 3s. per ton; composthoop in elkaar zetten en keren en op het land verspreiden 2s. 6d. per ton.

De analyse van deze humus was: 0,96 procent stikstof, 2,45 procent fosfaat en 0,62 procent kalium. Zestien ton humus bevat dus 344 lb. stikstof, 769 lb. P2O5 en 222 lb. K2O. De kosten hiervan bedragen £8 per acre (10s. per ton inclusief strooien).De aankoop, het vervoer en het zaaien van deze hoeveelheden NPK in de vorm van ammoniumsulfaat, basisslakken en kaliumchloride komt op £ 9 12s. 7-1/2d. Er is dus een duidelijke besparing wanneer humus wordt ge-

bruikt. Dit is echter slechts een kleine post aan de creditzijde. De textuur van de grond verbetert snel, de bodemvruchtbaarheid wordt opgebouwd en er is steeds minder behoefte aan chemische mest en gifsprays om plagen te bestrijden.

Het bemestingsbeleid voor deze hoptuin is op een interessante manier bevestigd. Voordat een serieuze poging werd ondernomen om humus te bereiden op de huidige schaal, werd een kleine hoeveelheid verpulverd afval van Southwark gebruikt. Het grootste deel van de gebruikte mest bestond echter uit kunstmest, aangevuld met de verschillende organische meststoffen en kunstmest die op de markt waren. De arbeiders die in Bodiam werkten, waren daarom bekend met vrijwel elk type anorganische en organische mest. Een van hun privileges is de levering van mest voor hun tuinen. Ze hebben altijd gekozen voor verpulverd stadsafval omdat ze van mening zijn dat dit de beste groenten oplevert.

Een tweede grootschalige demonstratie van de voordelen die voortvloeien uit de hervorming van de mestvaalt is uitgevoerd in Marden Park in Surrey. Er zijn vele duizenden tonnen humus gemaakt door verpulverd stadsafval te composteren met gewone mest. In een voordracht aan de Farmers' Club op 30 januari 1939 verwijst Sir Bernard Greenwell als volgt naar deze resultaten: Ik heb hier zelf pas twee jaar ervaring mee, maar uit de resultaten die ik heb gezien blijkt dat we onze mest met vier kunnen vermenigvuldigen en gewassen kunnen oogsten die net zo goed zijn als wanneer het land bemest zou zijn met pure mest. In 1938 zag ik wat van dit werk. Veel van de velden op het landgoed waren in tweeën gedeeld, waarbij het ene deel bemest was met hu-

mus en het andere deel met een gelijk aantal karrenvrachten mest. **[103]** Ik inspecteerde een aantal van deze velden net toen de maïs in de aar kwam. In alle gevallen waren de gewassen die met humus werden verbouwd - tarwe, bonen, haver, klaver, enzovoort - duidelijk beter dan de gewassen die met boerenmest werden verbouwd. Deze resultaten toonden aan dat dit land vers bereide humus nodig heeft, niet zoveel lb. per hectare van dit en dat. Door te bemesten voeden we een complex biologisch systeem en voldoen we niet aan de behoeften van een lopende band in een fabriek.

Toen eenmaal het juiste gebruik van Southwark afval was aangetoond, ontstond er vraag naar dit materiaal. De verkoop steeg; de vraag is nu groter dan het aanbod. De details staan in tabel 7.

Table 7
Sales of crushed wastes at Southwark

Year	*Tons crushed**		*Tons sold*		*Income from sales*
	T.	C.	T.	C.	
	tons	cwt.	tons	cwt.	
1933-4	18,643	12 cwt.	7,971	9 cwt.	£653/9s/9d
1934-5	18,620	1 cwt.	6,341	9 cwt.	£482/2s/7d
1935-6	19,153	14 cwt.	9,878	5 cwt.	£1,001/11s/1d
1936-7	18,356	13 cwt.	12,760	15 cwt.	£1845/6s/8d
1937-8	18,545	15 cwt.	15,391	8 cwt.	£2,306/13s/7d
1938-9	17,966	3 cwt.	17,052	1 cwt.	£2,715/14s/8d

***Tabel** 7 Verkoop van vermalen afval in Southwark*

** Een bepaalde hoeveelheid van dit afval heeft het Depot zelf nodig voor het afdichten van een van zijn eigen stortplaatsen; het is dus niet mogelijk om al het vergruisde afval aan boeren te verkopen.*

Als je bedenkt dat het jaarlijkse vuilnisbakafval in Groot-Brittannië in de buurt van de 13.000.000 ton ligt en dat ongeveer de helft van dit materiaal gebruikt kan worden om de urine en mest van onze levende have optimaal te benutten, dan wordt duidelijk welke enorme mogelijkheden er bestaan om de vruchtbaarheid van de landzones binnen, laten we zeggen, vijftig mijl van de grote steden en dorpen te verhogen. Een blik op de Public Cleansing Return voor het jaar eindigend op 31 maart 1938, gepubliceerd door het Ministerie van Volksgezondheid, laat zien dat een bepaald deel van dit vuilnisbakafval nog steeds wordt verbrand in verbrandingsovens. Als boeren en tuinders zich echter eenmaal bewust worden van de agrarische waarde van dit materiaal, zal het niet lang meer duren voordat verbranding wordt opgegeven en al het organisch materiaal in ons stadsafval zijn weg vindt naar de mestvaalt. Als het zover is, kunnen de enorme stortplaatsen met soortgelijk afval, die zich ophoopten voordat gecontroleerd storten werd ingevoerd, in gebruik worden genomen. Deze bevatten nog veel meer miljoenen tonnen materiaal die op de manier van Southwark kunnen worden verwerkt. Op deze manier kunnen de mesthopen van een groot deel van het Engelse platteland hervormd worden en kan de vruchtbaarheid van een aanzienlijk gebied hersteld worden. Er is dan een goed begin gemaakt met de restitutie van de mestrechten van het platteland. De steden zullen zijn begonnen met het terugbetalen van hun schuld aan de bodem.

[104] Naast het afval van de vuilnisbakken en de stortplaatsen is er nog een andere en nog belangrijkere bron van on-

gebruikte humus in de buurt van onze steden en gemeenten. Dit gebeurt op de gecontroleerde stortplaatsen waar het meeste vuilnisbakafval nu begraven wordt. Bij gecontroleerde stort wordt het stadsafval op geschikte plaatsen in de buurt van steden gestort en afgedicht met een laag klei, aarde of as om overlast in het algemeen en ook het broeden van vliegen te voorkomen. De afdichting zorgt echter voor voldoende beluchting voor de eerste fase van de omzetting van het meeste organische materiaal in humus. Het resultaat is dat de stortplaats na een jaar of twee een humusmijn wordt. Het ruwe organische materiaal in dit afval wordt langzaam door schimmels en bacteriën omgezet in humus. Het enige wat nodig is, is om de fijn verdeelde humus van het vuurvaste materiaal te scheiden en op het land aan te brengen.

Een zeer waardevol onderzoekswerk over dit onderwerp is onlangs uitgevoerd in Manchester. De resultaten worden beschreven door de heren Jones en Owen in Some Notes on the Scientific Aspects of Controlled Tipping, gepubliceerd door de stad Manchester. Het belangrijkste doel van het werk was om de feiten vast te stellen die ten grondslag liggen aan gecontroleerd storten, zodat elke discussie over de doeltreffendheid van dit proces, in vergelijking met verbranding, gevoerd kan worden op basis van zorgvuldig vastgestelde kennis. Het onderzoek is echter van onschatbare waarde voor de landbouw. De experimenten begonnen in augustus1932 in Wythenshawe in een gecontroleerde stortplaats op een laaggelegen moerassig terrein dat periodiek overstroomd werd door de aangrenzende rivier de Mersey. Een van de nevendoelen van het storten was om het land in

de toekomst opnieuw te gebruiken voor recreatie of andere doeleinden. Voor de proeven werden zes proefpercelen uitgekozen, elk ongeveer 16 voet bij 12 voet. Het materiaal in de stortplaats was gewoon vuilnisbakafval dat tot een diepte van 6 voet werd gestort. Het eerste doel was om de gevolgen van bacteriële actie op het organisch materiaal in het inwendige van de stortplaats vast te stellen, zoals het genereren van temperatuur, de biologische en chemische veranderingen en elke verandering in de gasvormige atmosfeer in het inwendige van de massa. Nadat deze inleidende zaken waren opgelost, werd voorgesteld om het hoofdprobleem aan te pakken en de vraag te beantwoorden: Is gecontroleerd kantelen veilig?

Eerst werd zorgvuldig aandacht besteed aan de afdichting. Het oppervlak van de percelen werd bedekt met een laag fijn stof en as met een minimumdikte van 6 inch, verkregen door huishoudelijk afval over een maas van 3/8 inch te laten gaan. Een dergelijke afdichting, die ongeveer 2,5 procent organisch materiaal bevatte, bleek een geschikte mechanische bedekking te zijn en voorkwam ook het broeden van vliegen. De zijkanten en uiteinden van de proefpercelen werden bedekt met goed aangestampte klei. De percelen gedroegen zich dus alsof het grote bloempotten waren die in direct contact stonden met de vochtige aarde eronder, maar van de buitenatmosfeer gescheiden waren door een doorlatende afsluiting van gezeefd stof en fijne as.

Het ongesorteerde huisvuil waarop het experiment betrekking had, was een gemiddeld monster en bevatte ongeveer 42 procent organisch materiaal, de overige 58 procent be-

stond uit anorganisch materiaal. Na het storten en afsluiten was er een snelle stijging van de temperatuur, ongeacht het seizoen, tot een maximum van 71° C. tegen het einde van de eerste week. **[105]** Dit werd veroorzaakt door de activiteiten van de thermogene en thermofiele leden van de aerobe groep bacteriën die cellulose afbreken, warmte vrijmaken en grote hoeveelheden kooldioxide produceren. Tegelijkertijd vermenigvuldigen deze organismen zich snel en synthetiseren zo grote hoeveelheden proteïne uit de gemengde afvalstoffen. Dit vormt na het afsterven van de organismen een waardevol bestanddeel van de humus die overblijft wanneer de bacteriële activiteiten na ongeveer vijftien weken afsterven, zoals blijkt uit de terugkeer van de temperatuur van de stortplaats naar normaal. De gecontroleerde stortplaats gedraagt zich dus als een Indore composthoop.

Zoals te verwachten was door de heterogene aard en ongelijkmatige verdeling van de inhoud van de stortplaats, vertoonden de maximaal bereikte temperaturen aanzienlijke variaties. Tijdens de fermentatieperiode gebruikt de bacteriële flora (in eerste instantie aëroob) het zuurstofgehalte van de stortplaats en verlaagt dit, waardoor de weg wordt vrijgemaakt voor de facultatief anaërobe organismen die de omzetting van het organisch materiaal in humus voltooien.

Een gedetailleerd onderzoek van de gassen die in de stortplaatsen worden geproduceerd, toonde aan dat naast stikstof, kooldioxide en zuurstof, een aanzienlijke hoeveelheid methaan (16%) en kleinere hoeveelheden koolmonoxide (2,8%) en waterstof (2,5%) voorkwamen. Er werden alleen sporen van gezwavelde waterstof gedetecteerd. De aanwe-

zigheid van koolmonoxide, methaan en waterstof zou natuurlijk het gevolg zijn van de anaerobe fermentatie die plaatsvindt in de tweede fase van de humusproductie nadat de vrije zuurstof in de stortplaats is uitgeput. Deze gassen zijn vergelijkbaar met de gassen die geproduceerd worden door het rotten van organisch materiaal in de moerasrijstteelt in India, waar de toevoer van zuurstof bijna altijd gebrekkig is. De afwezigheid van meer dan een spoor van zwavelhoudende waterstof is geruststellend, omdat dit bewijst dat de intense reductie die voorafgaat aan de vorming van de zouten van alkalibodems niet plaatsvindt in een gecontroleerde stortplaats.

De manurale waarde van de humus in de stortplaatsen werd bepaald door analyse en taxatie. Het gemiddelde stikstofgehalte was 0,8%, het fosforzuurgehalte 0,5% en het kaliumgehalte 0,3%. De geschatte waarde van het droge materiaal per ton was 10s. Deze waarde moet echter vermenigvuldigd worden met een factor variërend van 2 tot 2,5, omdat de ervaring leert dat de marktprijs van organische mest, gebaseerd op vraag en aanbod, twee tot tweeënhalf keer hoger ligt dan de prijs die berekend is op basis van de chemische analyse. Het eenheidswaarderingssysteem geldt alleen voor kunstmest zoals ammoniumsulfaat dat in fabrieken wordt gemaakt; het geldt niet voor natuurlijke mest zoals humus.

Een van de laatste paragrafen van het rapport gaat over het gevaar van infectieziekten als mogelijk gevolg van gecontroleerd storten. De auteurs concluderen dat "gevaar als gevolg van de mogelijke aanwezigheid van ziekteverwekkende kiemen in een gecontroleerde stortplaats als onbestaand

kan worden afgedaan".

Eén van de percelen, nr. 1, ontwikkelde niet alleen een hoge temperatuur, maar vertoonde ook een veel geleidelijkere daling dan de andere percelen. Dit kwam blijkbaar door het hogere gehalte aan organisch materiaal in combinatie met een betere beluchting. De resultaten van dit perceel suggereren dat meer en betere humus zou kunnen worden verkregen in een gecontroleerde stort, als het doel van het storten zou zijn om de grootste hoeveelheid humus van de best mogelijke kwaliteit te verkrijgen. **[106]** Het zou niet moeilijk zijn om de zuurstofopname in het begin te verhogen door steeds meer lucht uit de atmosfeer toe te laten. Dit kan misschien het gemakkelijkst en goedkoopst worden gedaan door de dikte van de afdichting met ongeveer een derde te verminderen. Als de afdichting op deze manier wordt verkleind, komt er in de beginfase veel lucht in de gistende massa; de humus wordt verbeterd; het bespaarde afdekmateriaal kan worden gebruikt voor een nieuwe afdichting. De gecontroleerde stortplaats zou dan een zeer efficiënte humusfabriek worden.

In landen waar geen rioleringssysteem via het water bestaat, is het geen probleem geweest om het afval van de bevolking om te zetten in humus. De eerste proeven met het Indore Process voor dit doel werden in 1933 in Centraal-India voltooid door de heren Jackson en Wad in drie centra in de buurt van Indore -- de Indore Residency, Indore City en het Malwa Bhil Corps. Hun resultaten werden al snel overgenomen door een aantal staten in Centraal-India en Rajputana en door een aantal gemeenten in India. Latere ontwikkelin-

gen van dit werk, inclusief werktekeningen en kostencijfers, werden samengevat in een document dat werd voorgelezen op het gezondheidscongres van het Royal Sanitary Institute dat in 1938 in Portsmouth werd gehouden. Dit document is weergegeven als Bijlage C. Een blik op deze verklaring laat zien dat menselijk afval een nog betere activator is dan dierlijke resten. Het enige wat nodig is, is om te zorgen voor een overvloedige beluchting in het beginstadium en om ervoor te zorgen dat de nachtgrond in een dunne laag over het stadsafval wordt verspreid en dat er geen zakken of duidelijke lagen achterblijven. Beide belemmeren de beluchting, veroorzaken stank en trekken vliegen aan. Stank en vliegen zijn daarom een zeer nuttig controlemiddel. Als het werk goed wordt gedaan, is er geen stank en worden vliegen niet aangetrokken omdat de intense oxidatieprocessen die betrokken zijn bij de vroege stadia van de humussynthese in gang worden gezet. Alleen als de luchttoevoer in dit stadium wordt afgesloten, treden er rottende veranderingen op die overlast veroorzaken en vliegen aantrekken.

Of het altijd nodig zal zijn om permanente installaties te bouwen voor het omzetten van nachtgrond en stadsafval in humus, kan alleen de ervaring uitwijzen. In een aantal gevallen kan het gemakkelijker zijn om de compostering dagelijks uit te voeren in geschikte kuilen of greppels op de manier zoals beschreven in Appendix C. Op deze manier worden de kuilen of greppels zelf tijdelijke composteerkamers; keren is niet nodig; de lijn van kuilen of greppels kan al snel worden gebruikt voor landbouwdoeleinden - voor het verbouwen van allerlei soorten voedergewassen, graan en

groentegewassen. Tegelijkertijd blijft het land in een hoge staat van vruchtbaarheid.

Een aantal medische officieren over de hele wereld proberen het composteren van nachtgrond op de voorgestelde manier uit. Over een paar jaar zal er veel ervaring beschikbaar zijn, waarop de projecten van de toekomst gebaseerd kunnen worden.

Wat landen als Groot-Brittannië betreft, zijn de enige openingen voor het composteren van nachtgrond te vinden op het platteland en in de buitenstedelijke zones waar de huizen zijn voorzien van moestuinen. In dergelijke gebieden kunnen de enorme hoeveelheden humus in de gecontroleerde stortplaatsen worden gebruikt in aarde-kasten en de gemengde nachtgrond en humus kunnen licht worden begraven in de tuinen op de lijnen zo succesvol uitgevoerd door wijlen Dr Poore en beschreven in zijn *Landelijke Hygiëne*, waarvan de tweede editie werd gepubliceerd in 1894.

[107] Sinds het verschijnen van Dr. Poore's werk heeft een nieuwe ontwikkeling in de woningbouw plaatsgevonden in de tuinsteden en in kolonies zoals die gestart zijn door de Land Settlement Association. Hoewel er hier voldoende land is om alle mogelijke afval om te zetten in humus, zijn de watergedragen methode van afvalwaterverwijdering en de vuilniswagens van de overvolle stad slaafs gekopieerd. In een interessant artikel dat gepubliceerd werd in het *British Medical Journal* van 9 februari 1924, wees Dr. L.J. Picton, toenmalig Medisch Officier van Gezondheid van het stadsdistrict Winsford in Cheshire, erop hoe gemakkelijk het zou zijn om de principes van Dr. Poore toe te passen op een

tuinstad.

Aan de rand van een stad zou een perceel van 4 acres moeten worden genomen en daarop zouden twintig huizen moeten worden gebouwd. Stel dat het perceel ruwweg vierkant is en dat de weg langs één hoek loopt. Dan zal alleen deze hoek de waardevolle eigenschap "voorgevel" bezitten. Offer dit stukje voorgevel op door er een korte oprijlaan met grind doorheen te maken, die blind eindigt in een "draaicirkel" in het midden van het perceel. De huizen moeten allemaal op het zuiden gericht zijn -- dat wil zeggen dat alle woonkamers op het zuiden gericht moeten zijn. Ze moeten daarom langwerpig zijn, met hun lange assen oost en west (Fig. I). De voorraadkamer, de lobby, het toilet, de trap en de overloop liggen aan de noordkant van elk huis. De aardkast is het best vrijstaand, maar kan overdekt worden bereikt via een geventileerde doorgang of korte veranda, of, als het boven is, via een overdekte brug. De huizen moeten in een ruitvormig patroon op het perceel worden geplaatst, of met andere woorden, een vierkant met de hoeken naar het noorden, zuiden, oosten en westen. Zo zal één huis het meest noordelijke punt van het perceel innemen en van daaruit, naar het zuidoosten en zuidwesten, een rij van ongeveer vijf of zes huizen per kant, gerangschikt in echelon Net zoals pelotons in echelon elkaars vuurlinie niet blokkeren, zullen huizen op deze manier gerangschikt elkaars zonlicht niet blokkeren.

Nog een dozijn huizen in een V met de top naar het zuiden maken de ruitvormige lay-out compleet. Het hele perceel zou worden behandeld als één tuin en één hoofdtuinman zou, met de hulp die hij nodig had, verantwoordelijk zijn voor de cultivering ervan. Het dagelijks verwijderen van de kastaarde en het gebruik ervan als mest - het onmiddellijk toevoegen aan

de bovengrond en het daarmee licht bedekken - zou natuurlijk tot zijn taken behoren. Een tuinman die mest van grote waarde gebruikt, geen aaseter die afval verwijdert; een "tuintarief" dat door elke huiseigenaar wordt betaald, een investering die verse groenten oplevert en hem op de een of andere manier zijn uitgaven terugbetaalt, om nog maar te zwijgen van de aantrekkelijkheid die aan zijn omgeving wordt toegevoegd, in plaats van een "sanitair tarief" dat wordt betaald om van afval af te komen -- dit zijn de grondslagen van dit plan.

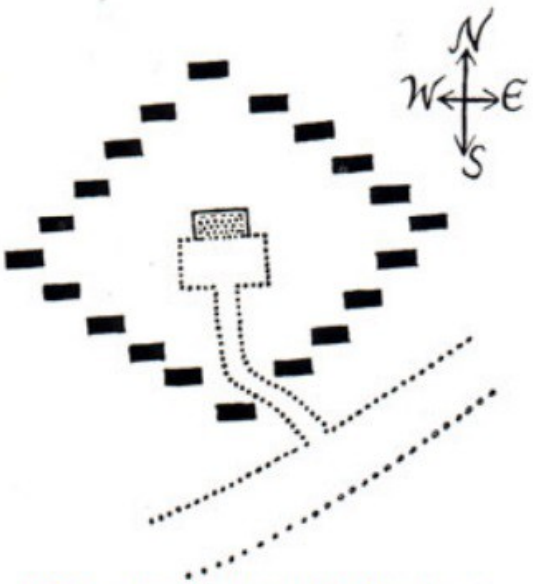


FIG. 1. Een modelontwerp voor 20 woningen.

Wat nodig is, zijn een paar werkende voorbeelden van zo'n huisvestingsplan en een gepubliceerd verslag van de resultaten. Deze zouden, als ze succesvol zijn, meteen van invloed zijn op alle toekomstige bouwplannen in plattelandsdistricten en de weg wijzen naar een aanzienlijke verlaging van de

huren en tarieven. De tuinstad en riolering via het water zijn een contradictio in terminis. Riolering op het water is ontstaan door overbevolking en de afwezigheid van landbouwgrond. Verwijder de overbevolking en de argumenten voor dit verkwistende systeem verdwijnen. In de *tuinstad* is het niet nodig om afval te verwijderen met de dure methoden van de stad. De grond doet het veel efficiënter en goedkoper. Tegelijkertijd zal de vruchtbaarheid van de tuinstadgebieden worden verhoogd en zal er automatisch worden gezorgd voor grote oogsten verse groenten en fruit - een van de factoren die ten grondslag liggen aan gezondheid.

Een dergelijke hervorming van de woningbouw zal niet stoppen aan de buitenranden van onze steden. Het zal zeker verspreiden naar de dorpen en het platteland, waar een paar voorbeelden van cottage tuinen, vruchtbaar gemaakt door het afval van de bewoners, zijn nog steeds te vinden hier en daar. Er zijn er meer nodig. Er zullen er meer komen zodra men zich realiseert dat het juiste gebruik van het afval van de bevolking afhangt van composteringsprocessen en het juiste gebruik van humus. Alle problemen, alle kosten en alle moeilijkheden bij het verwerken van menselijk afval komen voort uit het volgen van het verkeerde principe - water - en het in gang zetten van een enorme trein van rottingsprocessen. Het principe dat gevolgd moet worden is een overvloedige beluchting aan het begin: de omzetting van afval in humus door de processen die de natuur toepast in elk bos.

[110]

DEEL III

GEZONDHEID, ONGESTELDHEID EN ZIEKTE IN DE LANDBOUW

[110]

HOOFDSTUK – 09

BODEM BELUCHTING

De omzetting van bodemvruchtbaarheid in een gewas is alleen mogelijk door middel van oxidatieprocessen. De verschillende bodemorganismen - met name bacteriën en schimmels - en de actieve wortels hebben een constante toevoer van zuurstof nodig. Zodra dit werd erkend, werd beluchting een belangrijke factor in de studie van de bodem. In deze kwestie is de praktijk echter al lang voor de theorie gegaan: veel hulpmiddelen zoals drainage van de ondergrond, onderbemesting en gemengde teelten - die allemaal bijdragen aan de ventilatie van de bodem - worden al lange tijd gebruikt.

De volledige betekenis van bodembeluchting in de landbouw is pas de laatste kwart eeuw door onderzoekers erkend. De reden hiervoor is interessant. Tot voor kort bevonden de meeste landbouwexperimenten zich in vochtige gebieden waar de neerslag goed verdeeld is. Regen is een verzadigde oplossing van zuurstof en is zeer effectief in het leveren van dit gas aan de bodem wanneer percolatie mogelijk is. In dergelijke regio's hebben gewassen waarschijnlijk niet in dezelfde mate te lijden onder slechte beluchting als gewassen die geteeld worden in de droge regio's van Noordwest-India, waar de bodems slibachtig zijn en het meeste

vocht aangevoerd moet worden door irrigatiewater met een laag gehalte aan opgeloste zuurstof. Zulke bodems verliezen hun poreusheid met het grootste gemak wanneer ze onder water staan; de minuscule deeltjes lopen samen en vormen een ondoordringbare oppervlaktekorst. Alleen als het humusgehalte hoog wordt gehouden, kan voldoende doorlatendheid worden behouden. Lang voor de komst van het moderne kanaal handelden de boeren in India volgens dit principe. Het organische stofgehalte van de gebieden die door putten worden bevloeid, is altijd op een hoog niveau gehouden. Irrigatie-ingenieurs en landbouwafdelingen hebben deze ervaring maar langzaam benut. Er is kanaalwater geleverd, maar er zijn geen stappen ondernomen om tegelijkertijd het humusgehalte van de bodem te verhogen.

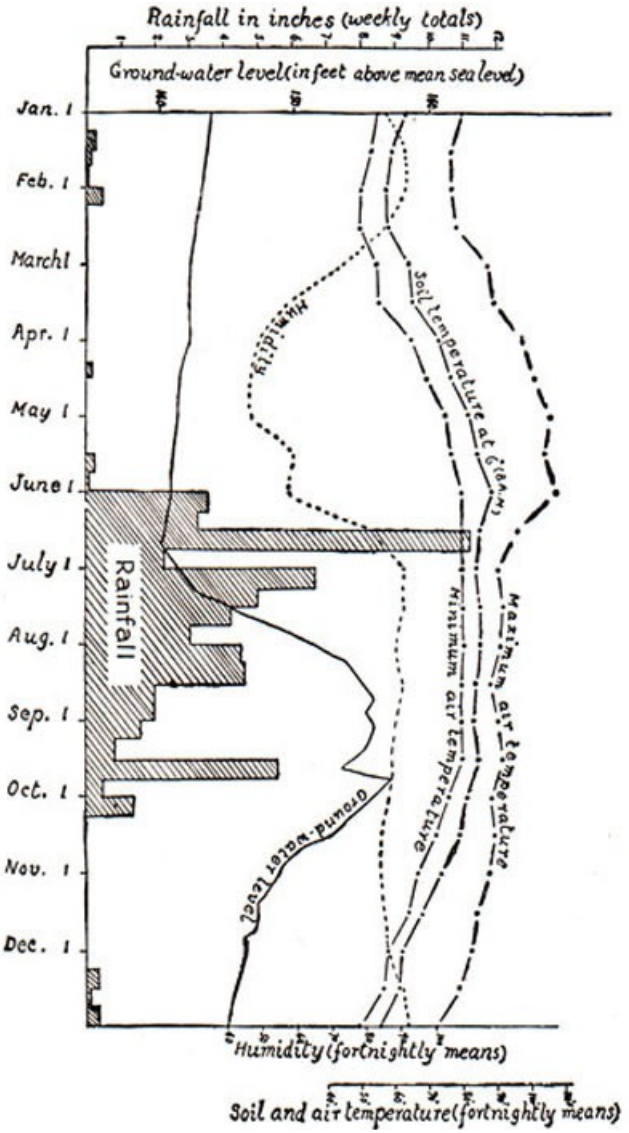
Uit de constante behoefte van de bodem aan verse lucht volgt dat elke instantie die, zelfs gedeeltelijk of tijdelijk, de beluchting verstoort van het grootste belang moet zijn in de landbouw. Er treden een aantal factoren op die elke gradatie tussen een beperkte zuurstoftoevoer en volledige verstikking teweegbrengen. De eerste leiden tot onvruchtbaarheid, de tweede tot de dood van de bodem.

Hoe reageert de plant op bodemomstandigheden waarin zuurstof de beperkende factor wordt? Over het algemeen reageert het wortelstelsel onmiddellijk. Dit is goed te zien bij bosbomen en in de ondergroei die je in bossen tegenkomt. De wortels passen zich aan de nieuwe omstandigheden aan; de bomen vestigen zich en verbeteren tegelijkertijd de beluchting en dragen ook bij aan de vruchtbaarheid van de bodem. Beluchting van de bodem kan daarom niet worden be-

studeerd alsof het een geïsoleerde factor in de bodemkunde is. Het moet samen worden bekeken met (1) de reacties van het wortelstelsel op een tekort aan lucht, (2) de relatie tussen wortelactiviteit en bodemomstandigheden gedurende het hele jaar en (3) de concurrentie tussen de wortels van verschillende soorten. Op deze manier wordt de volledige betekenis van deze factor in de landbouw en het behoud van bodemvruchtbaarheid duidelijk. Dit is het thema van dit hoofdstuk. Er zal een poging worden gedaan om de beluchting van de bodem uit te leggen zoals die van invloed is op de plant in relatie tot de omgeving en om te laten zien hoe de plant zelf kan worden gebruikt als onderzoeksmiddel.

DE BELUCHTINGSFACTOR VAN DE BODEM IN RELATIE TOT GRAS EN BOMEN

Tussen 1914 en 1924 onderzocht ik op Pusa de factoren die een rol spelen in de competitie tussen gras en bomen. Drie belangrijke problemen werden in het oog gehouden, namelijk, (1) waarom gras zo schadelijk kan zijn voor fruitbomen, (2) de aard van de wapens waarmee bosbomen gras overwinnen, en (3) de reactie van het wortelstelsel van bomen op de beluchting van de bodem. Een verslag van dit onderzoek werd gepubliceerd in de *Proceedings van de Royal Society of London* in 1925 (B, vol. xcvii, pp. 284-321). Omdat de resultaten de opvatting ondersteunen dat bij het onderzoek naar de beluchtingsfactor van de bodem de plant altijd een belangrijke bijdrage kan leveren, zijn een samenvatting van de belangrijkste resultaten en een aantal van de originele illustraties in dit hoofdstuk opgenomen.



PLAAT III. *Regenval, temperatuur, vochtigheid en drainage, Pusa, 1922.*

© www

De klimatologische factoren in Pusa zijn samengevat in plaat III. Je ziet dat na het breken van de zuidwestmoesson in juni de luchtvochtigheid stijgt, gevolgd door een gestage opwaartse beweging van het grondwaterpeil tot oktober, wanneer het weer daalt. In 1922 bedroeg de totale stijging van het grondwaterpeil 16,5 voet, een factor die de zuurstoftoevoer zeker zal verstoren, omdat de bodemlucht die rijk is aan kooldioxide langzaam de atmosfeer in wordt gestuwd door de stijgende grondwaterspiegel.

De grond is een sterk kalkhoudende leem met ongeveer 75 procent fijn zand en ongeveer 2 procent klei. Ongeveer 98 procent gaat door een zeef van 80 mazen per inch. Er is geen scheidslijn tussen grond en ondergrond: de ondergrond lijkt op de grond en bestaat uit afwisselende lagen leem, klei en fijn zand tot aan het water in de ondergrond, dat zich normaal gesproken op ongeveer 20 feet van het oppervlak bevindt. Het percentage calciumcarbonaat is vaak meer dan 30, terwijl het beschikbare fosfaat in de buurt van 0,001 procent ligt. Ondanks dit lage fosfaatgehalte is het gebied waarin Pusa ligt zeer vruchtbaar. Er wonen meer dan 1.200 mensen per vierkante mijl en er worden grote hoeveelheden zaden, tabak, vee en overtollige arbeidskrachten geëxporteerd zonder gebruik te maken van fosfaathoudende meststoffen. De feiten met betrekking tot de landbouwproductie in dit gebied spreken één van de theorieën van de landbouwwetenschap tegen, namelijk de behoefte aan fosfaatmeststoffen in gebieden waar de bodemanalyse een duidelijk tekort aan dit element laat zien. Twee andere factoren beperken echter de productie van gewassen - een tekort aan humus en verlies

van doorlaatbaarheid tijdens de late regens als gevolg van een colloïdale toestand van de grond; de poriën nabij het oppervlak raken verstopt met water; de percolatie stopt en de grond wordt bijna verstikt, een toestand die eerst wordt aangegeven door het gedrag van het wortelstelsel en vervolgens door beperkte groei.

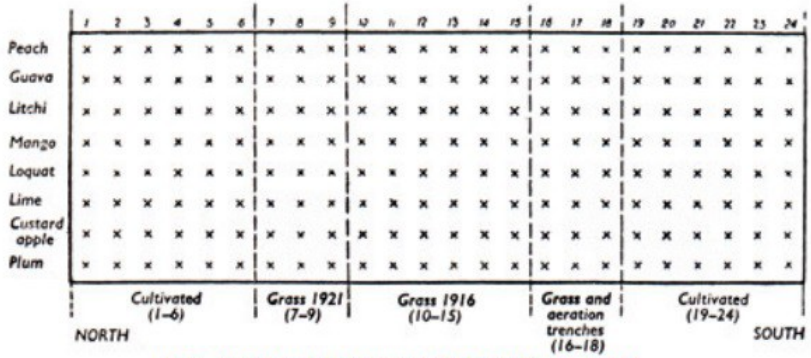
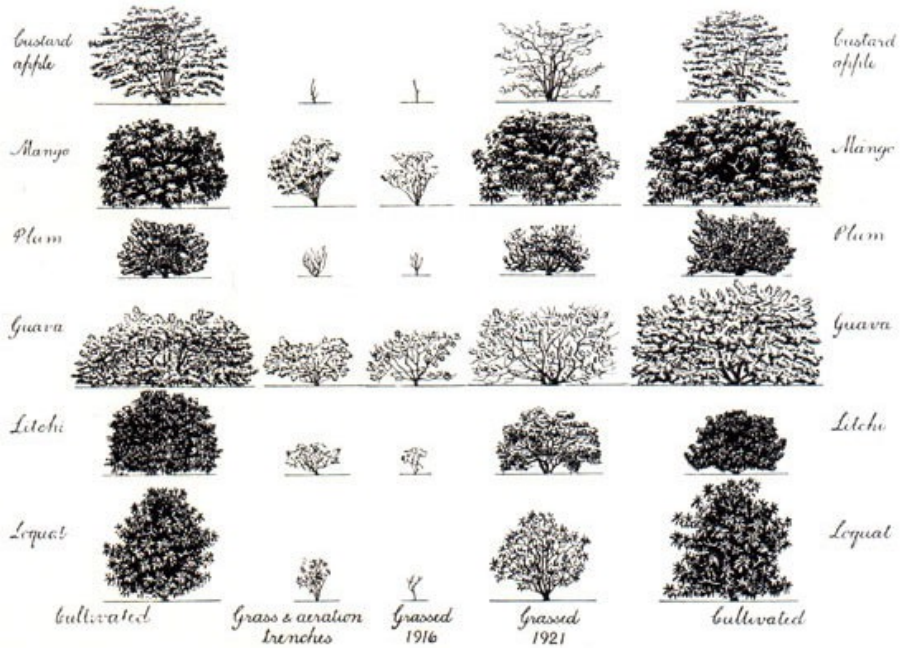


FIG. 2. Plattegrond van het experimentele fruitteeltgebied in Pusa.

[113] Voor het onderzoek naar de beluchtingsfactor van de bodem in relatie tot gras en bomen in Pusa werden acht soorten fruitbomen - drie bladverliezende en vijf groenblijvende - geplant op drie acre uniform land, waarbij elke soort werd gekweekt uit één ouder. De plattegrond (Fig. 2) geeft meer details en maakt de opstelling duidelijk. Twee jaar na het planten, toen de bomen volledig gevestigd en opmerkelijk gelijkmatig waren, werd een strook met negen bomen van elk van de acht rijen met gras bedekt. De twee eindpercelen, die schoon waren gecultiveerd, dienden als controle. Toen het gras goed ingeburgerd was en het schadelijke effect op de jonge bomen duidelijk zichtbaar was, werden de drie zuidelijke bomen van het grasperceel voorzien van be-

luchtingssleuven van 18 inch breed en 24 inch diep, gevuld met gebroken bakstenen. Om het effect van gras op voldragende bomen vast te stellen, werd de zuidelijke strook van het noordelijke controleperceel in 1921 van gras voorzien. De algemene resultaten van het experiment, gezien in 1923, zijn te zien op plaat IV. Het schadelijke effect van gras op fruitbomen in Pusa is nog intenser dan op kleigronden zoals die van Woburn in Groot-Brittannië. Verschillende soorten werden binnen een paar jaar volledig vernietigd.



PLAAT IV. De schadelijke effecten van gras op fruitbomen, Pusa, 1923.

[114] Aangezien er grote verschillen in wortelontwikkeling werden waargenomen tussen de bomen onder gras, onder gras met beluchtingssleuven en onder zuivere teelt, leek de eerste stap in het onderzoek naar de oorzaak van het schadelijke effect van gras een systematisch onderzoek van het wortelstelsel onder zuivere teelt te zijn om de algemene verspreidingsfeiten vast te stellen, de gebieden van wortelactiviteit gedurende het jaar te bepalen en deze informatie te correleren met de groei van het bovengrondse deel van de bomen. Dit werd uitgevoerd in 1921 en het werk werd herhaald in 1922 en opnieuw in 1923. De gebruikte methode was direct: het wortelstelsel snel blootleggen en een fijne waterstraal gebruiken om de actieve wortels los te maken van de bodemdeeltjes. Door voor elk onderzoek een nieuwe boom te gebruiken en door de inzet van aflossingsploegen was het mogelijk om elk gewenst deel van het wortelstelsel in een paar uur bloot te leggen tot 20 voet en de waarnemingen te doen voordat de wortels konden reageren op de nieuwe omstandigheden.

HET WORTELSTELSEL VAN LOOFBOMEN

De wortelsystemen van drie loofbomen -- de pruim, de perzik en de custardappel -- werden eerst bestudeerd. De resultaten die werden verkregen bij de drie soorten waren zeer vergelijkbaar, dus het is alleen nodig om een van hen in detail te beschrijven, namelijk de pruim.

De lokale pruimensoort verliest zijn bladeren in november en bloeit uitbundig in februari en maart. De vruchten rijpen begin mei, de warmste periode van het jaar. De nieuwe

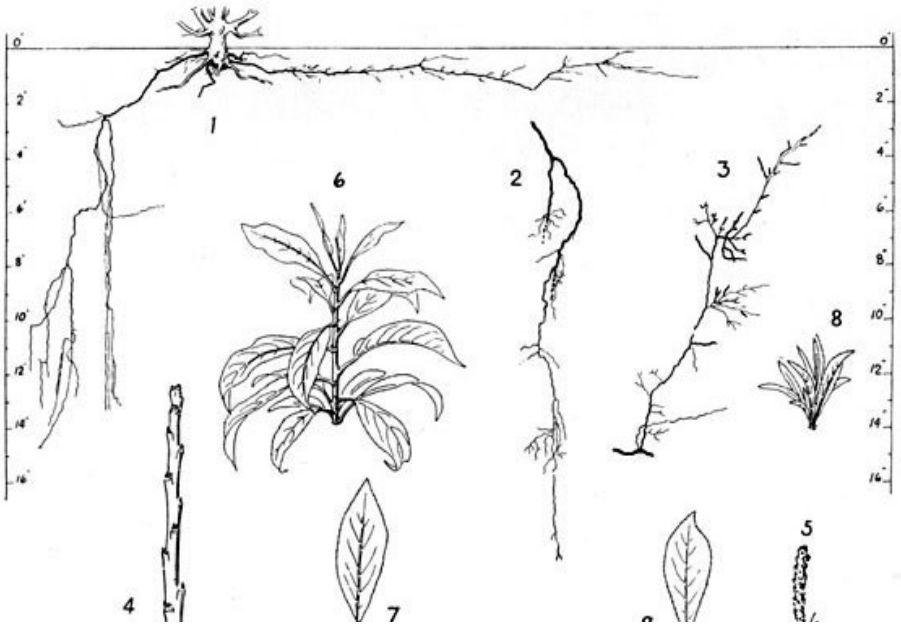
scheuten worden geproduceerd tijdens het warme weer en de vroege regens.

Het wortelsysteem is uitgebreid en lijkt in eerste instantie volledig oppervlakkig te zijn en te bestaan uit veel grote, vrij vertakkende wortels die min of meer parallel aan het oppervlak in de bovenste 18 inches – 45 cm. – grond lopen. Verder onderzoek onthulde een tweede wortelstelsel. Aan de onderkant van de grote oppervlakkige wortels komen kleinere leden vrij die verticaal naar beneden groeien tot ongeveer 16 feet – 4,8 meter (?) – van het oppervlak. Deze vallen uiteen in vele takken in de diepe lagen vochtig fijn zand, net boven de grondwaterspiegel. De Indiase pruimensoort heeft daarom twee wortelstelsels (plaat V, afb. I). Het diepe wortelstelsel begint zich al snel na het uitplanten van de jonge bomen te ontwikkelen. In augustus 1923 werden de wortelstelsels van jonge custardappels, mango's, guaves, limoenen en loquats, geplant in maart 1922, onderzocht. De jonge verticale wortels varieerden in lengte van 10 inches bij de custardappel en limoen tot 1 feet bij de mango, 1 feet 2,5 inches bij de guave en 1 feet 8 inches bij de loquat. Pas geplante bomen vormen eerst het oppervlakkige systeem, snel gevolgd door het diepe systeem.

Tijdens de rustperiode (december tot januari) worden er af en toe absorberende wortels gevormd in het oppervlakkige systeem. Wanneer de bloei begint, verspreidt de vorming van nieuwe wortelloze wortels zich van het oppervlak naar de diepe grondlagen. Als de bovengrond in maart uitdroogt, worden de actieve wortels in het oppervlakkige systeem bruin en sterven af en dit deel gaat over in een slapende toe-

stand. Vanaf half maart tot het begin van de regens in juni blijft de wortelopname volledig beperkt tot de diepere grondlagen. Dus op 14 april 1921, toen de bomen hun fruit aan het rijpen waren en nieuwe groei aan het maken waren tijdens een periode van intense hitte en droogte, werd het meeste water, stikstof en mineralen die nodig zijn voor de groei geabsorbeerd uit een laag vochtig fijn zand tussen 10 en 15 feet onder het oppervlak. **[115]** Deze stand van zaken duurt voort tot het begin van de regens in juni, wanneer er een plotselinge verandering plaatsvindt. Het bevochtigen van de bovengrond brengt het oppervlakkige wortelsysteem snel tot intense activiteit. Deze tot dan toe slapende wortels breken letterlijk in alle richtingen uit tot nieuwe actieve wortels, een proces dat ongeveer dertig uur na de eerste regenval begint. In de vroege moesson gebruiken de bomen dus het hele wortelsysteem, zowel oppervlakkig als diep. Eind juli vindt er een verandering plaats als het grondwaterpeil stijgt. Begin augustus zijn de actieve wortels praktisch beperkt tot de bovenste 2 feet grond. De absorptie is nu beperkt tot het oppervlaktesysteem. In deze periode reageren de actieve wortels op de slechte beluchting van de grond als gevolg van de stijging van het grondwaterpeil door naar de atmosfeer toe te groeien en zelfs uit de grond de lucht in, vooral onder de schaduw van de bomen en waar de grond bedekt is met een laag dode bladeren (plaat V, afb. 3). Dit aerotropisme gaat door tot begin oktober, wanneer de bovengrondse groei stopt en de bomen hun hout laten rijpen ter voorbereiding van de bladval en de winterrust. In oktober, wanneer het grondwaterpeil daalt en er lucht in de grond wordt gezogen, is er weer enige wortelactiviteit aan

het oppervlak en tot een hoogte van 3 feet.



PLAAT V. Pruim (Prunus communis, Huds.)

Fig. 1. Oppervlakkige en diepe wortels (25 april 1921)
Fig. 2. Het herstel van het diepe wortelstelsel (6 augustus 1923)
Fig. 3. Oppervlakkige wortels die naar de oppervlakte groeien (12 augustus 1922)
Fig. 4 en 5. Nieuw hout onder cultivering en gras (25 januari 1923)
Figs. 6 en 7. Nieuwe scheuten en bladeren onder schone teelt (5 april 1923)
Figs. 8 en 9. De overeenkomstige groei onder gras (5 april 1923)

Er is één interessante uitzondering op deze periodiciteit in de wortelactiviteit van de pruim. Tijdens het warme seizoen valt er soms bijna een inch regen. Het effect van drie van deze plensbuien op het oppervlakkige wortelstelsel van de pruim werd onderzocht. Wanneer de regenval 0,75 inch of meer bedroeg, reageerden de oppervlakkige wortels onmid-

dellijk en produceerden een massa nieuwe absorberende wortels. Toen de grond opdroogde, hielden deze op met functioneren en stierven af. In één geval, waar de regenval slechts 0,23 inch was, werd er geen effect geproduceerd. Irrigatie tijdens warm weer werkt op een vergelijkbare manier als deze plotselinge regenbuien. Het houdt het wortelsysteem aan de oppervlakte in actie tijdens deze periode en verklaart waarom irrigatie tijdens de warme maanden noodzakelijk is op alluvium om fruit van echt goede kwaliteit te krijgen. Het is waar dat zonder kunstmatige bewatering de bomen op Pusa rijpen, maar in grootte en kwaliteit is de oogst veel minder dan die verkregen wordt met behulp van irrigatie. Elk wortelgestel zal een pruim produceren. Hoge kwaliteit wordt alleen verkregen wanneer het oppervlaktesysteem functioneert; slechte kwaliteit is altijd het resultaat wanneer alleen het diepe systeem in actie is.

[116] Bij het gedetailleerde onderzoek van de actieve oppervlaktewortels van de pruim en van de zeven andere soorten in dit experiment, werd vaak vers schimmelig mycelium waargenomen dat vanuit de grond naar de groeiende wortels liep. In de diepere grondlagen werd dit nooit waargenomen. Naar alle waarschijnlijkheid is dit mycelium verbonden met de mycorrhizale associatie die zo gebruikelijk is bij fruitbomen. Deze kwestie is destijds niet verder onderzocht. Het is echter meer dan waarschijnlijk dat alle acht soorten fruitbomen in het Pusa Experiment mycorrhiza-vormers zijn en dat de schimmel die rond de actieve wortels werd waargenomen met deze associatie te maken had. De mycorrhizale relatie in de oppervlaktewortels is waarschijnlijk betrokken bij de

productie van fruit van hoge kwaliteit. Planten met twee wortelstelsels zoals deze zijn daarom bij uitstek geschikt voor toekomstig onderzoek naar de relatie tussen humus in de bodem, de mycorrhizale associatie en de ontwikkeling van kwaliteit. Het zou niet moeilijk zijn om planten te vergelijken die naast elkaar gekweekt zijn op de ondergrond (om de humus uit de bovengrond te verwijderen), de ene bemest met volledige kunstmest, de andere met vers bereide humus. In het eerste geval zou er weinig of geen mycorrhiza-invasie zijn, in het tweede waarschijnlijk aanzienlijk. Als, zoals het meest waarschijnlijk is, de mycorrhiza associatie kan de boom om voedingsstoffen op te nemen in de organische vorm door de vertering van schimmel mycelium, zou dit verklaren waarom kwaliteit alleen resulteert wanneer de oppervlakte wortels in actie zijn.

Ondersteuning voor de visie van planten voeding voorgesteld in de vorige paragraaf werd geleverd door de custard appel, waarvan de wortel ontwikkeling is vergelijkbaar met die van de pruim en perzik. In de custard appel nieuwe scheuten worden gevormd in het warme weer wanneer het water, stikstof en voedingsstoffen worden verkregen uit de diepe grondlagen alleen. Na de onderbreking van de regens en de hervatting van de wortelactiviteit aan de oppervlakte, worden de bladeren groter (van 5,8 x 2,6 *cm*. tot 10,5 x 4,5 *cm*.), krijgen ze een dieper en gezonder groen en worden de internodiën langer. De custardappel registreert de resultaten van deze verschillende factoren in de grootte en kleur van zijn bladeren en werkt op die manier als zijn eigen bodemanalist.

AFB. 3. Loof van de custardappel bij warm weer (onder aa) en tijdens de moesson (boven aa).

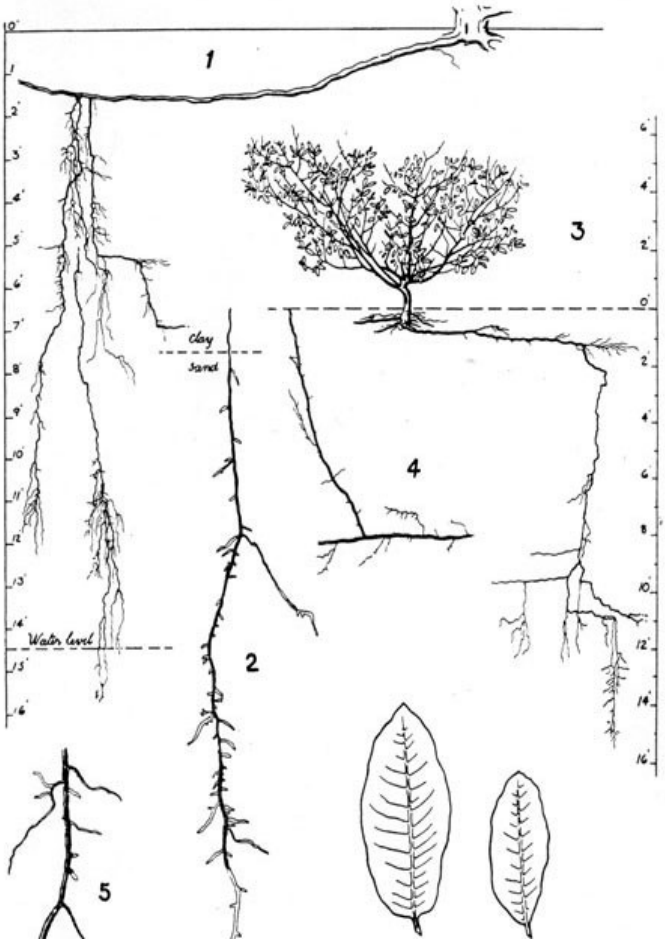
[117] Tijdens het drukken van dit boek werden exemplaren van de jonge actieve wortels van de custard appel, mango en linde verzameld in de boomgaard van Mr. Hiralal, Tukoganj, Indore, Centraal India, op 11 november 1939, door Mr. Y. D. Wad. Ze werden onderzocht door Dr. Ida Levisohn op 19 december 1939, die rapporteerde dat alle drie de soorten een typische endotrofe mycorrhizale infectie vertoonden, macroscopisch aangegeven door de afwezigheid van wortelharen, of een sterke vermindering van hun aantal, en, in het bijzonder bij de mango, door pareling. De actieve hyfen hadden in alle drie de gevallen een grote diameter, met dunne wanden en een korrelige inhoud, waarbij de verteringsstadia zich in de binnenste cortex voordeden met samenklontering van mycelium, resten van hyfen en homogene

korrelige massa. Absorptie van de schimmel leek met grote snelheid plaats te vinden. In de custard appel werd hetzelfde soort mycelium buiten de wortels gevonden en ermee verbonden.

HET WORTELSYSTEEM VAN GROENBLIJVERS

Het meest interessante wortelstelsel van de vijf evergreens die bestudeerd werden -- mango, guave, litchi, zure linde en loquat -- was de guave.

De guave laat begin maart zijn bladeren vallen en produceert tegelijkertijd nieuwe bladeren. Het bleek een uitstekende plant voor het bestuderen van het wortelsysteem, omdat de roodachtige wortels sterk ontwikkeld zijn en gemakkelijk te volgen in een grijze alluviale grond zoals die van Pusa. **[118]** Er is een overvloedig oppervlakkig systeem dat talrijke takken afgeeft die naar beneden groeien tot het niveau van permanent water (Plaat VI, Fig. 1). Het hele wortelsysteem, oppervlakkig en diep, bleek actief te zijn aan het begin van het warme weer (21 maart 1921), waarbij de belangrijkste zone van activiteit zich voordeed in een vochtige laag fijn zand 10 voet 4 duim tot 14 voet 7 duim van het oppervlak. Toen het hete weer zich vestigde, droogden de absorberende wortels van de guave aan de oppervlakte op en bleef de wortelactiviteit beperkt tot de diepere grondlagen. In 1922 begon de moesson op 3 juni. Op 5 juni, achtenveertig uur nadat de regens begonnen, werden de oppervlaktewortels blootgelegd. Van 1 voet 5 duim tot 12 voet werden nieuwe wortels gevonden in grote aantallen, de langste was I *cm*.



PLAAT VI. Guave (Psidium Guyava, L)

Fig. 1. Oppervlakkige en diepe wortels (23 november 1921)
Fig. 2. De invloed van de bodemtextuur op de vorming van de wortels (29 maart 1921)
Fig. 3. Het wortelstelsel onder gras (21 april 1921)
Fig. 4. Oppervlakkige wortels die naar de oppervlakte groeien (28 augustus 1921)
Fig. 5. Vorming van nieuwe wortels in fijn zand na de daling van het grondwater (20 november 1921)
Fig. 6. Afname van de bladgrootte na 20 maanden onder gras (rechts).

© www

Naarmate de grond vochtiger werd door de vroege regens, produceerde de slapende zone nieuwe wortels van boven naar beneden tot het hele wortelstelsel actief werd. Na juli vindt er een verandering plaats als het grondwater stijgt, waarbij de diepe wortels slapend worden naarmate de onderdompeling vordert. Op 25 augustus 1922 was de wortelactiviteit voornamelijk beperkt tot het oppervlaktesysteem in de bovenste 29 invch van de grond, de laatste actieve wortel kwam voor op 40 inch. In de late regens ontsnappen de actieve wortels aan verstikking door sterk aerotroop te worden (plaat VI, afb. 4). Een interessante verandering vindt plaats nadat het niveau van het water onder de grond in oktober is gedaald en de beluchting van de onderste grondlagen is vernieuwd. Het diepe wortelstelsel wordt weer actief in november, waarbij de mate van activiteit afhangt van de moessonregen (plaat VI, afb. 5). In 1921, een jaar met weinig neerslag toen de stijging van het grondwater erg klein was, kwamen de diepe wortels in november in actie tot 15 voet 3 duim. Het volgende jaar - november 1922 - toen de moesson en de stijging van het grondwater beide normaal waren, reikte de wortelactiviteit niet verder dan 5 voet 7 duim.

[119] Hoewel de guave in staat is om nieuwe groei te maken tijdens het hete seizoen door middel van zijn diepe wortelstelsel, is het een groot voordeel als de oppervlaktewortels in actie worden gehouden door middel van irrigatie. Door oppervlaktebesproeiing tijdens het hete weer van 1921 nam de grootte van de bladeren toe van 9,1 x 4,0 *cm*. tot 11,6 x 5,0 *cm*. en verbeterde hun kleur aanzienlijk.

Het wortelstelsel en de ontwikkeling van actieve wortels in de mango, lychee, linde en loquat volgen over het algemeen wat is beschreven in de guave. Al deze soorten geven verticale wortels af vanuit het oppervlaktesysteem, maar in het geval van de lychee en de linde drongen deze niet door tot de diepere lagen. De wortels van alle vier de soorten vertonen een duidelijk aerotropisme tijdens de late regens. De verticale wortels van de linde waren altijd niet in staat om in de diepere kleilagen door te dringen.

[120]

HOOFDSTUK 09b

BODEMBELUCHTING (VERVOLG)

HET SCHADELIJKE EFFECT VAN GRAS

Het schadelijke effect van gras op fruitbomen varieert met de soort en met de periode in het leven van de boom waarin het gras wordt gezaaid. Jonge bomen hebben meer te lijden dan volledig ontwikkelde exemplaren, die grote hoeveelheden reserves in het hout bevatten. Bladverliezende soorten hebben meer te lijden dan groenblijvers. Deze feiten suggereren dat het schadelijke effect van gras een gevolg is van verhongering.

Het effect van gras op jonge bomen werd eerst bestudeerd. De custardappel was het gevoeligst. De bomen gingen dood in 1916 binnen de eerste twee jaar nadat het gras was geplant. De volgende in volgorde van gevoeligheid waren de loquat (allemaal dood voor het einde van 1919), de pruim, de linde en de perzik. De lychee en de mango wisten zich net te handhaven. De guave werd verreweg het minst aangetast: de bomen onder gras waren bijna half zo hoog als die onder schone teelt.

Gras vermindert niet alleen de hoeveelheid nieuwe groei, maar tast ook de bladeren, takken, oud hout, vruchten en het wortelstelsel aan. De resultaten met betrekking tot het bo-

vengrondse deel van de bomen sluiten nauw aan bij die beschreven door de onderzoekers uit Woburn. Vergeleken met het gebladerte geproduceerd onder zuivere teelt, verschijnen de bladeren van de bomen onder gras later, zijn ze kleiner en geler en vallen ze vroegtijdig. De internodiën zijn kort. De schors van de twijgen is lichtgekleurd, dof en ongezond en verschilt sterk van die van gezonde bomen. De schors van het oude hout ziet er net zo uit en trekt veel meer korstmossen en algen aan dan die van de gecultiveerde bomen. De bomen onder gras bloeien laat en spaarzaam. De vruchten zijn klein, taai, zeer sterk gekleurd en eerder rijp dan normaal.

[121] Het effect van gras op het wortelsysteem is even opvallend. Behalve bij de guave is het effect van gras op het oppervlakkige systeem om de hoeveelheid wortelontwikkeling te verminderen, de wortels onder het graswortels te drijven en daardoor het aantal actieve wortels tijdens de moesson te verminderen. De guave is een uitzondering. Het oppervlakkige systeem is goed ontwikkeld, de wortels worden niet naar beneden gedreven door het gras, terwijl actieve haarwortelloze wortels gemakkelijk worden gevormd in de bovenste 4 inches van de grond kort nadat de regens beginnen, net als bij de gecultiveerde bomen. In augustus 1922, toen het grondwater tot het hoogste punt was gestegen, werden de absorberende wortels van de guave gevonden in de bovenlaag van de grond en ook boven het oppervlak tussen de stengels van het gras.

Het grastapijt werkt dus verstikkend bij al deze soorten, behalve bij de guave.

De grasbedekking heeft geen merkbaar effect op de ontwikkeling of de activiteit van de diepe wortels. Dit deel van het wortelsysteem werd onderzocht tijdens het hete weer van 1921 bij de guave (plaat VI, afb. 3), mango en lychee en de resultaten leken sterk op die van de overeenkomstige gekweekte bomen.

Gras beïnvloedt niet alleen de onderliggende wortels, maar ook de ontwikkeling van die van de naburige bomen die in cultuur zijn. Dergelijke wortels draaien ofwel weg van het gras, zoals bij de custardappel, of draaien scherp naar beneden voordat ze het gras bereiken.

Uit deze worteluitlopers kunnen een aantal conclusies worden getrokken. De custardappel, loquat, perzik en limoen zijn niet in staat om hun oppervlaktewortelsysteem onder gras te behouden, maar gedragen zich normaal wat betreft het diepe wortelstelsel. Alleen de guave is in staat om tijdens de regens zijn wortels boven die van het gras – wortelsysteem – te krijgen.

Het onderzoek naar het schadelijke effect van gras op gevestigde bomen leverde ook interessante resultaten op. In dit geval hadden de bomen voldoende reserves in het hout en, zoals verwacht kon worden, was de schade minder spectaculair dan in het geval van jonge bomen met weinig of geen reserves. De volgorde van gevoeligheid voor gras was echter vrijwel hetzelfde in de twee gevallen. Toen de volgroeide bomen in augustus 1921 voor het eerst onder gras werden gezet, groeide het gras eerst slecht in plukjes met kale grond ertussen. Zelfs deze onvolmaakte bedekking tastte al snel de custardappels, loquats, perziken en lychees aan. Tegen de

regens van 1922 werd het gras ononderbroken; het effect op de bomen was toen veel duidelijker.

Bij de pruimen deden zich interessante veranderingen voor. In juli 1922, minder dan een jaar na het planten – planting – van het gras, vertoonden de nieuwe scheuten een groeistilstand en werd het gebladerte aangevallen door bladvernietigende insecten, die echter de bladeren van het naburige perceel negeerden. Als de insecten de echte oorzaak van de problemen waren, is het moeilijk te begrijpen waarom de infectie zich niet verder verspreidde dan de bomen onder gras. In januari 1923 was de gemiddelde lengte van het nieuwe hout in deze bomen 1 voet 5 duim vergeleken met 3 voet 7 duim in de controles. De twijgen waren dof en paarsachtig en de internodiën waren kort (plaat V, afb. 5). In februari 1923 was de bloei beperkt en in april werden er alleen plukjes blad gevormd aan de uiteinden van de takken in plaats van nieuwe scheuten (Plaat V, Figuur 8). Begin 1924, toen ik Pusa verliet en het werk moest staken, vond er veel afsterven plaats.

[122] Zeer vergelijkbare resultaten werden verkregen bij alle soorten behalve de mango, die beter bestand was tegen gras dan alle andere soorten. Bij deze soort werd geen duidelijk effect waargenomen tot juni 1923, toen het gebladerte duidelijk lichter werd dan dat van de gecultiveerde bomen. De algemene resultaten die het gras in al deze gevallen teweegbracht, suggereerden dat de bomen langzaam stierven van de honger.

Een jaar nadat het gras was geplant en het graseffect duidelijk werd, werd het wortelstelsel van deze gevestigde bomen onderzocht. In augustus 1922 bleken de pruimen, perziken,

custardappels, mango's, lychees en loquats onder gras zeer weinig actieve wortelloze wortels in de bovenste voet van de grond te hebben geproduceerd in vergelijking met de controles. In het geval van de custardappels en de loquats, die het meest te lijden hadden van gras, was er een duidelijke tendens dat de nieuwe wortels naar beneden en weg van het gras groeiden. Er werden geen verschillen waargenomen in de rust of activiteit van het diepe wortelstelsel in vergelijking met de controles. De diepe wortels gedroegen zich precies zoals die onder zuivere teelt.

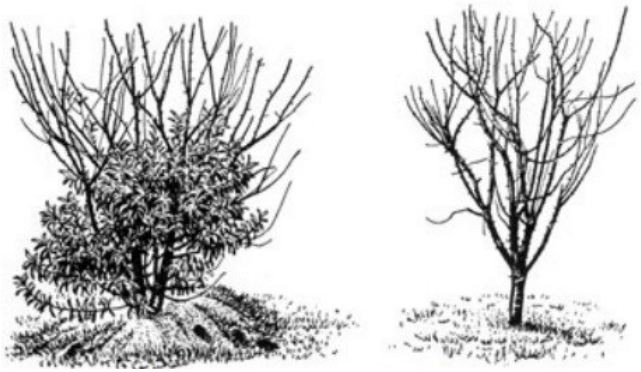


FIG. 4. *Het effect van gravende ratten op de groei van de pruim onder gras (21 juni 1923)*

Tijdens deze onderzoeken werden twee gevallen van het opvallende effect van verhoogde beluchting op de wortelontwikkeling waargenomen. In juli 1923 namen gravende ratten hun intrek onder een van de linden en een van de loquats, in beide gevallen aan de zuidkant. Kort daarna werden de bladeren net boven de rattenholen veel donkerder van kleur dan de rest. Onderzoek van de grond direct rond

de holen toonde een overvloedige ontwikkeling van nieuwe actieve haarwortelloze wortels, veel groter zelfs dan in de bovengrond van het gecultiveerde perceel. De extra beluchting had een wonderbaarlijk stimulerend effect op de ontwikkeling van actieve wortels, zelfs onder gras. Het verschijnen van de bladeren suggereerde een toepassing van stikstofhoudende mest. Vergelijkbare waarnemingen werden gedaan bij de pruim (Fig. 4). Hier zorgden de holen ervoor dat een stervende boom nieuwe groei produceerde.

HET EFFECT VAN BELUCHTINGSSLEUVEN OP JONGE BOMEN ONDER GRAS

Het effect van beluchtingssleuven op de invloed van gras suggereert dat verstikking van de bodem een van de factoren is die een rol spelen. In het geval van de custardappel en de linde hadden de beluchtingssleuven geen effect; alle bomen stierven. De dood van de pruimen werd vertraagd door de beluchtingssleuven. De loquats, lychees en mango's profiteerden aanzienlijk. Bij de guaves waren de bomen met beluchtingssleuven niet te onderscheiden van die onder gras. De algemene resultaten worden weergegeven in tabel 8, waarin de metingen van honderd volledig ontwikkelde bladeren, gedaan in maart 1921, zijn opgenomen.

Eind 1920 werden de wortels blootgelegd tot een diepte van 2 voet om het effect van de extra beluchting op de ontwikkeling van het oppervlakkige systeem vast te stellen. De resultaten waren interessant. In alle gevallen waren de oppervlakkige wortels veel groter en beter ontwikkeld dan die onder gras, behalve bij de guave waar geen verschil in grootte

kon worden vastgesteld. De wortels werden aangetrokken door de greppels en vertakten zich vaak aanzienlijk in de grond aan de zijkant van de greppels zelf.

Table 8
The reduction in leaf size under grass

	Grass	*Grass with aeration trenches*	*Cultivated*
	cm.	cm.	cm.
Plum	3.2 x 1.1	4.6 x 1.7	7.1 x 2.9
Peach	7.1 x 1.8	8.2 x 2.3	11.4 x 3.1
Guava	8.1.x 3.2	10.6 x 4.4	11.3 x 4.4
Mango	11.2 x 2.9	13.7 x 3.8	20.9 x 5.5
Litchi	8.9 x 2.4	11.5 x 3.4	12.2 x 3.5
Lime	3.8 x 1.6	5.2 x 2.1	6.4 x 3.4
Loquat	Trees dead	16.4 x 4.6	22.1 x 5.9

Tabel 8 *De afname in bladgrootte onder gras*

De beluchtingssleuven worden alleen tijdens de moessonperiode gebruikt. Na de onderbreking van de regens worden altijd eerst nieuwe actieve wortels gevonden in of nabij de greppels, waarna een zekere ontwikkeling plaatsvindt onder het gras.

Het diepe wortelsysteem van de bomen met beluchtingssleuven gedroeg zich precies zoals bij de controles.

DE VERKREGEN RESULTATEN

De algemene resultaten verkregen met schone teelten, gras en gras met beluchtingssleuven worden getoond in Plaat IV, – [114] – waarin representatieve bomen van de verschillende

percelen op schaal zijn getekend. De tekeningen geven een goed beeld van de belangrijkste resultaten van het experiment, namelijk: (1) het uiterst schadelijke effect van gras op jonge bomen; (2) het minder schadelijke effect van dezelfde behandeling op volwassen bomen; (3) het gedeeltelijke herstel dat soms plaatsvindt van de beluchtingssleuven; en (4) het uitzonderlijke karakter van de resultaten met de guave, waar de bomen in staat zijn te groeien onder gras, maar met verminderde groeikracht, en waar de beluchtingssleuven weinig of geen effect hebben gehad.

Zoals te verwachten op basis van deze resultaten heeft zelfs een tijdelijke verwijdering van de grasbedekking een diepgaand effect. Telkens wanneer de wortels van een boom onder gras worden blootgelegd (waarvoor het gras enkele dagen moet worden verwijderd), is er een onmiddellijke toename van de groei, die gepaard gaat met de vorming van grotere en donkerder gekleurde bladeren. Het effect is twee jaar lang duidelijk zichtbaar in het gebladerte boven de uitgraving, maar de rest van de boom wordt niet aangetast.

DE OORZAAK VAN HET SCHADELIJKE EFFECT VAN GRAS

Het onderzoek van het wortelstelsel van deze acht soorten suggereerde dat de eerste stap in het achterhalen van de oorzaak van het schadelijke effect van gras zou zijn om periodiek onderzoek te doen naar de bodemgassen. Bepalingen van de hoeveelheid CO_2 in de bodemlucht op een diepte van 9 tot 12 inch werden uitgevoerd in 1919 onder gras, onder gras met beluchtingssleuven en onder gecultiveerde grond.

Table 9 Percentage by volume of carbon dioxide in the soil-gas, under grass and clean cultivation, Pusa, 1919*				
Date and month when soil-gas was aspirated and analysed	*Plot no. 1 grassed*	*Plot no. 2 grassed, but partially aerated by trenches*	*Plot no. 3 surface cultivated*	*Rainfall in inches since January 1st, 1919*
January 13, 14 and 17	0.444	0.312	0.269	Nil
February 20 and 21	0.472	0.320	0.253	1.30
March 21 and 22	0.427	0.223	0.197	1.33
April 23 and 24	0.454	0.262	0.203	2.69
May 16 and 17	0.271	0.257	0.133	3.26
June 17 and 18	0.341	0.274	0.249	4.53
July 17 and 18	1.540	1.090	0.304	14.61
August 25 and 26	1.590	0.836	0.401	23.29
September 19 and 20	1.908	0.931	0.450	30.67
October 21 and 22	1.297	0.602	0.365	32.90
November 14 and 15	0.853	0.456	0.261	32.90
December 22 and 23	0.398	0.327	0.219	32.92
*The determinations were carried out by Mr Jatindra Nath Mukerjee of the Chemical Section, Pusa.				

Tabel 9 *Volumepercentage kooldioxide in het bodemgas, onder gras en zuivere teelt, Pusa, 1919*

***De bepalingen zijn uitgevoerd door de heer Jatindra Nath Mukerjee van de Chemical Section, Pusa.*

Bij elke bepaling werd ongeveer 10 liter lucht uit de grond gezogen en door standaard bariet geleid dat daarna op de gebruikelijke manier werd getitreerd. De resultaten van 1919 staan in Tabel 9 en zijn grafisch weergegeven in Fig. 5.

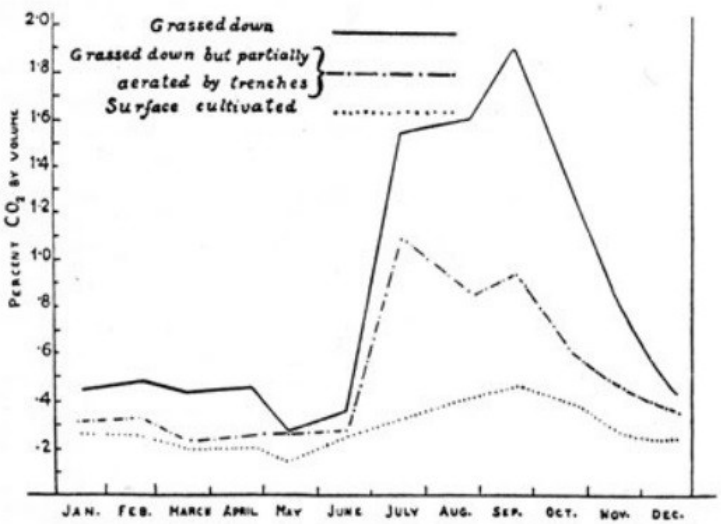


FIG. 5. *Kooldioxide -$C0_2$- in de atmosfeer van de bodem, Pusa, 1919.*

[125] De resultaten van 1920 en 1921 bevestigen deze cijfers in alle opzichten. Tabel 9 laat zien dat tijdens de moesson het volume kooldioxide in de poriën onder gras ongeveer vervijfvoudigd is in vergelijking met de bodemlucht van gecultiveerd land. Aangezien dit gas veel beter oplosbaar is in water dan zuurstof, zou de hoeveelheid kooldioxide die daadwerkelijk is opgelost in de waterlagen waarin de wortelharen werken veel groter zijn dan de cijfers in de tabel suggereren.

De productie van grote hoeveelheden kooldioxide in de bodemlucht tijdens de regens zou ook van invloed zijn op de vorming van humus, nitrificatie en de mycorrhizale relatie, die allemaal afhankelijk zijn van voldoende beluchting. Aanzienlijke vooruitgang werd geboekt in het onderzoek van de levering van gecombineerde stikstof. In alle perioden van het jaar, behalve bij het aanbreken van de regens, de hoeveelheid nitraatstikstof in de bovenste 18 centimeter van de bodem onder gras varieerde van 10 tot 20 procent. van die ontmoet in de gecultiveerde percelen. Toen het tekort aan stikstof in het geval van de guave werd aangevuld door middel van ammoniumsulfaat tijdens de regens van 1923, reageerden de bomen onder gras meteen en produceerden ze vruchten en gebladerte die in grootte nauwelijks te onderscheiden waren van de controles.

In het geval van de lychee en loquat, waarvan de wortels niet in staat zijn om zichzelf te beluchten in de regens door zich een weg door het gras naar de oppervlakte te forceren, verbeterden zware toepassingen van gecombineerde stikstof de groei, maar er bleef een duidelijk schadelijk effect - de bemeste bomen wat betreft grootte en kleur van de bladeren, tijd van bloei en productie van nieuwe scheuten bezetten een tussenpositie tussen de niet bemeste bomen onder gras en die onder schone teelt. Deze resultaten komen sterk overeen met die van appels in Cornell. Op beide plaatsen leidde gras tot het verdwijnen van nitraten in de grond en beperkte het de wortelontwikkeling. Het effect werd slechts gedeeltelijk opgeheven door de toevoeging van natriumnitraat; bij de guave echter neemt de gecombineerde stikstof het schadelij-

ke effect weg omdat de wortels van deze boom alle zuurstof kunnen krijgen die ze nodig hebben. De guave lijdt dus slechts onder één van de factoren die het gevolg zijn van een grastapijt -- een tekort aan nitraat. De lychee en de loquat lijden ook onder een andere factor: zuurstofgebrek.

BOSBOMEN EN GRAS

[126] Hoewel het grastapijt verstikkend werkt op de wortels van alle onderzochte fruitbomen behalve de guave, gedijen de gewone Indiase bosbomen goed onder gras. Tussen 1921 en 1923 werd de relatie tussen het grastapijt en de wortels van de volgende vijftien bosbomen onderzocht (Tabel 10). Ze gedijen allemaal opmerkelijk goed onder gras en vertonen geen van de schadelijke effecten die fruitbomen vertonen.

De meeste bosbomen in de vlakten van India bloeien en komen in blad tijdens het warme seizoen en vormen dan nieuwe scheuten. Na de vroege regens is er een duidelijke verandering zichtbaar in de grootte, kleur en het uiterlijk van het gebladerte. De bladeren worden donkerder en glanzender; het verhaal van de jonge scheuten van de custardappel wordt herhaald.

[127] Onderzoek van de oppervlakkige wortelstelsels van de vijftien soorten tijdens de regens van 1922 en 1923 leverde opmerkelijk uniforme resultaten op. Alle bomen produceerden overvloedige, normaal ontwikkelde actieve wortelloze wortels in de bovenste 2 of 3 inches van de grond en ook aan de oppervlakte; ze concurreren dus succesvol met gras

voor zowel zuurstof als nitraten. De grote oppervlakkige wortels waren ook goed ontwikkeld en vergeleken gunstig met het overeenkomstige wortelstelsel van fruitbomen onder zuivere teelt. Het grastapijt had blijkbaar geen schadelijk effect op het wortelsysteem aan de oppervlakte.

Table 10
Forest trees under grass in the Botanical Area, Pusa

Species	*Time of flowering*	*Time of leaf-fall*
Polyalthia longifolia Benth. & Hook, f.	February-April	April
Melia Azadirachta L.	March-May	March
Ficus bengalensis L.	April-May	March
Ficus religiosa L.	April-May	December
Ficus infectoria Roxb.	February-May	December-January
Millingtonia hortensis Linn., f.	November-December	March
Butea frondosa Roxb.	March	February
Phyllanthus Emblica L.	March-May	February
Tamarindus indica L.	April-June	March-April
Tectonia grandis Linn., f.	July-August	February-March
Thespesia populnea Corr.	Throughout the year but chiefly in the cold season	April
Pterospermum acerifolium Willd.	March-June	January-Feburary
Wrightia tomentosa Roem. & Schult.	April-May	January-February
Lagerstroemia Flos-Regina Retz	May	December-January
Dalbergia Sissoo Roxb.	March	December-January

Tabel 10 Bosbomen onder gras in de botanische tuin, Pusa

Tussen het warme weer van 1921 en de eerste maanden van 1924 werden de volledige wortelstelsels van deze vijftien soorten onderzocht. In alle gevallen gaven de grote oppervlaktewortels dunne takken af die verticaal naar beneden groeiden tot het koude seizoen niveau van het grondwater. De wortelactiviteit was in alle gevallen in het warme seizoen praktisch beperkt tot de diepe vochtige zandlagen tussen 10 en 20 voet onder het oppervlak, waarbij de wortels altijd optimaal gebruik maakten van de tunnels van termieten en andere gravende insecten om gemakkelijk door kleilagen van de ene zone van de zandgrond naar de volgende daaronder te gaan. Holtes in de grond werden altijd volledig gebruikt voor wortelontwikkeling. Kort na de regens barstten de slapende oppervlaktewortels in activiteit uit. Naarmate het grondwater steeg, werd het diepe wortelstelsel slapend; in augustus vertoonden de actieve oppervlaktewortels altijd een duidelijk aerotropisme. De vorming van nitraten die plaatsvindt rond de tijd dat de gewassen voor het koude seizoen worden gezaaid, werd gevolgd door een duidelijke uitbarsting van hernieuwde wortelactiviteit in de bovengrond, gevolgd door de productie van nieuwe scheuten en bladeren. **[128]** Aangezien het grondwater in de herfst daalt en de grond zuurstof opneemt, volgt de vorming van actieve wortels de dalende grondwaterspiegel, precies zoals beschreven in het geval van de guave.

De feiten van wortelverdeling en periodiciteit in wortelactiviteit bij bosbomen verklaren waarom deze bomen het zo goed doen onder gras en in staat zijn om het te overwinnen

als ze vrije concurrentie krijgen.

De belangrijkste wapens die bosbomen in staat stellen om grassen en kruiden uit hun habitat te verdrijven, zijn de volgende:

1. Het diepe wortelstelsel maakt groei mogelijk tijdens het droge seizoen wanneer het gras sluimert, waardoor de bomen vocht en voedselmaterialen in de bodem kunnen benutten tot op een diepte van minstens 20 feet. Dit verlengt de assimilatieperiode aanzienlijk.
2. De habitus van bomen is een groot voordeel in de strijd om licht.
3. De actieve wortels van het oppervlaktesysteem zijn bestand tegen slechte beluchting van de bodem en kunnen het oppervlak bereiken en succesvol concurreren met het gras om zuurstof en mineralen.

Het kenmerk dat bosbomen van fruitbomen onderscheidt, is het vermogen van de oppervlaktewortels van de eerstgenoemde om de gevolgen van slechte beluchting van de bodem te vermijden door zich een weg door een grastapijt in actieve groei naar de lucht te forceren en zowel zuurstof als een deel van de nitraten in de bovengrond te verkrijgen. De oppervlaktewortels van de meeste fruitbomen zijn erg gevoelig voor kooldioxide en proberen dit te vermijden door naar beneden te groeien. De bomen krijgen dus tijdens de regens geen zuurstof en geen gecombineerde stikstof en verhongeren langzaam. De guave is een uitzondering onder de fruitbomen. Hier bereiken de actieve wortels de oppervlakte

tijdens de regens en zijn de bomen in staat om zichzelf te onderhouden. Dit verklaart waarom de weilanden van Grenada en St. Vincent in West-Indië zo snel worden binnengevallen en vernietigd door de wilde guave. De heggen en weilanden van Groot-Brittannië gedragen zich op een vergelijkbare manier als ze aan zichzelf worden overgelaten. De heggen beginnen al snel de velden binnen te dringen. Jonge bomen verschijnen; grasland wordt bos. De transformatie verloopt in Groot-Brittannië echter veel langzamer dan in de tropen.

Deze studies naar de wortelontwikkeling van bomen in tropische wouden werpen veel licht op de beluchtingsfactor van de bodem en de rol die de plant hierin kan spelen. De beweging van het grondwater heeft een directe invloed op de beluchting van de bodem. De twee periodes - het begin en het einde van het regenseizoen - wanneer de bovengrond veel lucht en vocht bevat en wanneer de temperatuur gunstig is voor nitrificatie, komen precies overeen met de periodes waarin nitraten zich ophopen en de groei maximaal is. Wanneer de beluchting van de bodem tijdens de regen wordt verstoord door twee factoren, (1) de stijging van het grondwater en (2) de vorming van colloïden in de bovengrond, reageren de plantenwortels door naar de oppervlakte te groeien. Wortelontwikkeling is daarom een belangrijk instrument in een dergelijk onderzoek als het het hele jaar door wordt onderzocht.

[129] De wortelontwikkeling van bomen beïnvloedt de instandhouding van de bodemvruchtbaarheid in de vlakten van India en in veel andere gebieden. De dode wortels voor-

zien de diepere bodemlagen van organisch materiaal en een bijna perfect drainage- en beluchtingssysteem. De levende wortels kammen de bovenste 20 feet grond uit voor mineralen zoals fosfaten en kalium die gebruikt worden in de groene bladeren. Deze bladeren worden na verloop van tijd omgezet in humus en helpen de bovengrond te verrijken. Dit verklaart waarom de bodems van Noord-Bihar, hoewel ze zeer laag zijn in totale en beschikbare fosfaten, zo buitengewoon vruchtbaar zijn en zware oogsten opleveren zonder enige toevoeging van minerale meststoffen. De cijfers uit de analyse van de bovengrond moeten herhaald worden in de onderste lagen en moeten niet geïnterpreteerd worden in termen van de bovenste 9 inches maar van de bovenste 20 voet.

De boom is het meest efficiënte middel om gebruik te maken van de mineralen in de bodem. Hij kan bijna overal groeien, overwint de meeste andere vegetatievormen en laat de bodem in een zeer vruchtbare staat achter. Hieruit volgt dat de bomen en struiken van de heggen, parken en bossen van landen als Groot-Brittannië gebruikt moeten blijven worden om de vruchtbaarheid van de grond op peil te houden. In de Saksische tijd was het grootste deel van ons beste land bebost. De in de bodem opgeslagen vruchtbaarheid maakte de geleidelijke kap van dit bos de moeite waard. In de toekomst, wanneer de landbouw tot zijn recht komt en niet langer uitsluitend als industrie wordt beschouwd, kan het wenselijk zijn om te beginnen met langdurige vruchtwisselingen waarbij bos en parkgrond worden omgezet in akkerland, en versleten akkerland weer in bos of in gemengd

gras en bomen. Op deze manier kan het wortelsysteem van de boom gebruikt worden om de bodemvruchtbaarheid te herstellen.

BELUCHTING VAN DE ONDERGROND

Een van de universele methoden om de beluchting te verbeteren is het onderploegen van de bodem. De toegepaste methoden variëren sterk afhankelijk van de factor die de beluchting heeft verstoord en de beschikbare middelen om de luchttoevoer te verbeteren.

In gematigde streken is de belangrijkste factor die de ondergrond van de atmosfeer afsluit een tekort aan humus, verergerd door ondoordringbare pannen (geproduceerd door de ploeg en door de bodemdeeltjes zelf) of een permanent grastapijt dat gepaard gaat met het constante vertrappen van dieren. Het resultaat is in alle gevallen hetzelfde - de luchttoevoer naar de ondergrond is verminderd.

In leemgronden ontwikkelen ploegpannen zich zeer snel als het gehalte aan organisch materiaal afneemt en de regenwormenpopulatie afneemt. Net onder de ploegzool wordt een goed afgebakende zone van dichte en kleverige grond gevormd die water vasthoudt, waardoor de ondergrond eronder gedeeltelijk verstikt en de grond erboven waterophoping vertoont.

In zowel zand- als slibgronden worden *pannen* [*-4)] met het grootste gemak gevormd door het samenstromen van de deeltjes, vooral wanneer kunstmest de plaats inneemt van

4 *) Een onder een ploeg- of leemlaag afgesloten bodem.

boerderijmest en de tijdelijke uitloop niet goed wordt benut. **[130]** Een van de interessantste gevallen van panvorming die ik in Groot-Brittannië heb gezien, was op de permanente bemestingspercelen van het Woburn Experiment Station, waar een poging om jaar na jaar graan te verbouwen op het greensand door middel van kunstmest is gevolgd door een complete mislukking van het gewas. De grond is permanent in staking. De vernietiging van de regenwormenpopulatie door de regelmatige toepassing van chemicaliën had het land beroofd van zijn natuurlijke beluchtende werking. Het niet vernieuwen van het organisch materiaal door een geschikte rotatie had geresulteerd in een bodem zonder ook maar een spoor van kiezel. Ongeveer 9 inches onder het oppervlak bevond zich een duidelijke pan (bestaande uit zanddeeltjes die losjes aan elkaar gecementeerd waren), die de beluchting van de ondergrond zo had veranderd dat de hele proefpercelen bedekt waren met een dichte groei van paardenstaart (*Equisetum arvense L.*), een overblijvend onkruid dat altijd duidt op een slecht beluchte ondergrond. Zoals gewoonlijk had de natuur de situatie op haar eigen onnavolgbare manier samengevat. Er waren geen tabellen met opbrengsten, analyses, curven en statistieken nodig om de gevolgen van onjuiste landbouwmethoden uit te leggen.

De conventionele methode om akkerbouwpannen in dit land aan te pakken, is door middel van een onderbemestingswerktuig dat ze opbreekt en de beluchting herstelt. Dit moet waar mogelijk gepaard gaan met een flinke hoeveelheid mest, zodat de bodemgrond wordt verbeterd en de regenwormenpopulatie wordt hersteld. Een diepgeworteld gewas

zoals luzerne, of zelfs een tijdelijk grasland, moet worden gebruikt om de kuur af te maken. Het onderploegen van zwaar land met gras blijkt zelfs nog voordeliger dan op akkerland. Dit leidt, zoals we hebben gezien, tot humusvorming onder de graszoden en tot een toename van de veedraagkracht van het land.

In het oosten is de ventilatie van de ondergrond misschien nog wel belangrijker dan in het westen. In India bijvoorbeeld is een van de gebruikelijke gevolgen van de moessonregens en het overstromen van de oppervlakte met irrigatiewater de vorming van enorme pannen door de vorming van bodemkolloïden -- de hele oppervlaktegrond heeft de neiging om een pan te worden. Deze moet worden opgebroken. De telers uit het Oosten pakken deze taak op een zeer interessante manier aan. Wanneer ze de wortels van een peulgewas kunnen gebruiken als *onderploeg*, gebruiken ze altijd deze *machine*. Het heeft de verdienste dat het niets kost, essentieel voedsel en veevoer oplevert en geschikt is voor een klein veld. In de Indo-Gangetische vlakte is de duivenerwt de universele subzaaimachine, waarvan de wortels niet alleen de grond gemakkelijk breken, maar ook organisch materiaal toevoegen. Aan de westelijke grens worden de dichte lössgronden altijd ondergeploegd met de wortels van een luzernegewas. Op de zwarte katoengronden van het Indiase schiereiland, waar de moessonregens de hele bovengrond in een enorme colloïdale pan veranderen, wordt de landbouwsituatie gered door het daaropvolgende hete seizoen, dat deze pan uitdroogt en het volume ervan zodanig vermindert dat er een veelheid aan diepe scheuren ontstaat tot in de on-

dergrond.

De zwarte bodems van India ploegen en bedekken zichzelf. De vochtige winden, die voorafgaan aan de zuidwestmoesson in mei en begin juni, vervangen een deel van het verloren vocht; de zware kluiten breken af en wanneer de vroege regens arriveren, kan een prachtige bodem worden voorbereid voor het katoengewas. De zware kluiten breken af en wanneer de vroege regens arriveren, kan er een prachtige bodem worden klaargemaakt voor het katoengewas. De onderlaag wordt in dit geval door de natuur gemaakt; de telers bewerken de grond alleen maar en zaaien het gewas.

[132]

HOOFDSTUK – 10

ZIEKTEN VAN DE BODEM

BODEMEROSIE

Misschien wel de meest wijdverspreide en belangrijkste ziekte van de bodem op dit moment is bodemerosie, een fase van onvruchtbaarheid waaraan nu veel aandacht wordt besteed.

Bodemerosie in de zeer milde vorm van *denudatie* – mineraalverlies e.d. grond wegspoeling – vindt al plaats sinds het begin der tijden. Het is een van de normale handelingen van de natuur die overal plaatsvindt. De minuscule bodemdeeltjes die het resultaat zijn van het vergaan van rotsen vinden vroeg of laat hun weg naar de oceaan, maar veel ervan kunnen onderweg blijven liggen, vaak eeuwenlang, in de vorm van een van de bestanddelen van vruchtbare velden. Dit fenomeen kan in elke riviervallei worden waargenomen. De randen van het stroomgebied zijn vaak onbebouwde heuvels door de dunne bodems waarvan de onderliggende rotsen uitsteken. Deze worden voortdurend verweerd en leveren daarbij een continue aanvoer van minuscule fragmenten in alle stadia van ontbinding.

Het langzame rotten van blootliggende rotsoppervlakken is slechts een van de vormen van verval. Het bedekken van de

bodem biedt geen bescherming aan de onderliggende lagen, maar eerder het tegenovergestelde, omdat het bodemwater, dat kooldioxide in oplossing bevat, voortdurend het moedergesteente desintegreert, waardoor eerst de ondergrond en vervolgens de eigenlijke bodem wordt gevormd. Tegelijkertijd worden de resten van planten en dieren omgezet in humus. De fijne bodemdeeltjes van minerale oorsprong, vaak vermengd met stukjes humus, worden dan geleidelijk door regen, wind, sneeuw of ijs afgevoerd naar lager gelegen gebieden. Uiteindelijk worden de rijke valleigebieden bereikt waar de ophopingen vele meters dik kunnen zijn. Een van de belangrijkste taken van de beken en rivieren die de vallei draineren, is het transporteren van deze gronddeeltjes naar de zee waar vers land kan worden aangelegd. Het proces als geheel is niets meer dan de natuurlijke methode van de rotatie, niet van het gewas, maar van de grond zelf. Wanneer de tijd komt om het nieuwe land om te sluiten en in cultuur te brengen wordt de landbouw opnieuw geboren. **[133]** Zulke bewerkingen zijn in Engeland goed te zien in het moeras van Holbeach en soortgelijke gebieden rond de Wash. Vanaf de tijd van de Romeinen tot op de dag van vandaag zijn nieuwe gebieden met vruchtbare grond, die nu £100 per acre of zelfs meer opbrengen, opnieuw gecreëerd vanuit de hooglanden bij de Welland, de Nene en de Ouse. Al dit vruchtbare land, misschien wel het meest waardevolle in Engeland, is het resultaat van twee van de meest wijdverspreide processen in de natuur -- verwering en denudatie.

Wanneer het tempo van de denudatie enorm wordt opgevoerd door de mens, verandert een volkomen onschadelijk

natuurlijk proces in een duidelijke ziekte van de bodem. De toestand die bekend staat als bodemerosie - een door de mens veroorzaakte ziekte - ontstaat dan. *Het wordt echter altijd voorafgegaan door onvruchtbaarheid:* de inefficiënte, overwerkte, stervende grond wordt meteen verwijderd door de handelingen van de natuur en richting de oceaan gedreven, zodat nieuw land kan worden gecreëerd en de ruige individualisten - de bandieten van de landbouw - wiens vervloekte zucht naar winst aan de basis ligt van het onheil, een tweede kans kunnen krijgen. De natuur staat te popelen om een nieuwe en betere start te maken en heeft natuurlijk geen geduld met de inefficiëntie. Misschien zal de mensheid een grote les geleerd hebben als de tijd rijp is voor een nieuwe verhandeling over landbouw -- hoe het winstbejag ondergeschikt gemaakt kan worden aan de heilige plicht om de erfenis van een vruchtbare bodem ongeschonden over te dragen aan de volgende generatie. Bodemerosie is niets minder dan het uiterlijke en zichtbare teken van de complete mislukking van een beleid. De oorzaken van dit falen liggen in onszelf.

De schade die al is aangericht door bodemerosie over de hele wereld als geheel is zeer groot en neemt snel toe. De regionale bijdragen aan deze vernietiging lopen echter sterk uiteen. In sommige gebieden zoals Noordwest-Europa, waar het grootste deel van de landbouwgrond onder een permanente of tijdelijke bedekking valt (in de vorm van gras of lei) en er nog een groot areaal bos en woud is, is bodemerosie een minder belangrijke factor in de landbouw. In andere regio's zoals delen van Noord-Amerika, Afrika, Australië en de landen rond de Middellandse Zee, waar op grote schaal

ontbossing heeft plaatsgevonden en waar bijna ononderbroken landbouw de regel is geweest, zijn grote stukken land die ooit vruchtbaar waren bijna volledig vernietigd.

De Verenigde Staten van Amerika zijn misschien wel het enige land waar een nauwkeurige schatting is gemaakt van de schade die erosie aanricht. Theodore Roosevelt waarschuwde het land eerst voor het nationale belang ervan. Toen kwam de Grote Oorlog – WO-I – met zijn hoge prijzen, die de verkwistende exploitatie van bodemvruchtbaarheid op ongekende schaal aanmoedigde. Een periode van financiële depressie, een reeks droogtes en stofstormen benadrukten de urgentie van de redding van de landbouw. Tijdens het presidentschap van Franklin Roosevelt werd bodembescherming een politiek en sociaal probleem van de eerste orde. In 1937 werden de toestand en behoeften van de landbouwgrond in de V.S. geschat. Niet minder dan 253.000.000 acres, oftewel 61 procent van het totale landbouwareaal, was geheel of gedeeltelijk vernietigd of had het grootste deel van zijn vruchtbaarheid verloren. Slechts 161.000.000 acres, ofwel 39 procent van het bebouwde gebied, kon veilig worden bewerkt met de *huidige methoden*. – ca. 1940 – In minder dan een eeuw hebben de Verenigde Staten dus bijna drie vijfde van hun landbouwkapitaal verloren. Als alle potentiële hulpbronnen van het land zouden kunnen worden benut en overal de best mogelijke methoden zouden kunnen worden toegepast, zou ongeveer 447.466.000 acres in gebruik kunnen worden genomen - een gebied dat iets groter is dan het huidige landbouwareaal van 415.334.931 acres. **[134]** De situatie is dus niet hopeloos. Het zal echter erg moeilijk, erg duur

en erg tijdrovend zijn om de enorme gebieden geërodeerd land te herstellen, zelfs als geld geen rol speelt en grote hoeveelheden mest worden gebruikt en groenbemestende gewassen worden ondergeploegd.

De wortel van deze bodemerosieproblemen in de Verenigde Staten is verkeerd gebruik van het land. De oorzaken van dit misbruik zijn onder andere een gebrek aan individuele kennis van de vruchtbaarheid van de bodem bij de pioniers en hun nakomelingen; de traditionele houding die het land beschouwde als een bron van winst; gebreken in landbouwsystemen, pacht en financiën - de meeste hypotheken bevatten geen bepalingen voor het behoud van vruchtbaarheid; instabiliteit van de landbouwproductie (zoals uitgevoerd door miljoenen individuen), prijzen en inkomen in tegenstelling tot industriële productie uitgevoerd door een paar grote bedrijven. De noodzaak van het handhaven van een juiste verhouding tussen industriële en agrarische productie, zodat beide zich volop kunnen ontwikkelen op basis van overvloed, is pas onlangs begrepen. Het land was zo uitgestrekt, de agrarische hulpbronnen waren zo immens, dat de winstzoekers ongestoord hun gang konden gaan totdat de vruchtbaarheid van de bodem - het kapitaal van het land - in een alarmerend tempo begon te verdwijnen. De huidige situatie is weliswaar verontrustend, maar niet onmogelijk. De middelen van de regering worden aangesproken om het land op orde te brengen. De omvang van de inspanning, de mobilisatie van alle beschikbare kennis, de praktische stappen die worden ondernomen om te redden wat er nog over is van de bodem van het land en om de natuur te helpen de schade die

al is aangericht te herstellen, worden grafisch beschreven in Soils and Men, het Jaarboek van het Amerikaanse Ministerie van Landbouw van 1938. Dit is misschien wel het beste lokale verslag van bodemerosie dat tot nu toe is verschenen.

De snelle landbouwontwikkeling in Afrika werd al snel gevolgd door bodemerosie. In Zuid-Afrika, een pastoraal land, zijn sommige van de beste weidegebieden al halfwoestijn. De Oranje Vrijstaat was in 1879 bedekt met rijk gras, afgewisseld met rietvelden, waar nu alleen nog nutteloze geulen te vinden zijn. Tegen het einde van de negentiende eeuw begon men zich in heel Zuid-Afrika te realiseren dat er sprake was van ernstige overbeweiding. In 1918 rapporteerde de Drought Investigation Commission dat bodemerosie zich snel uitbreidde over grote delen van de Unie en dat het geërodeerde materiaal reservoirs en rivieren dichtslibde en een duidelijke afname van de ondergrondse watervoorraden veroorzaakte. De oorzaak van de erosie werd beschouwd als de vermindering van de vegetatiebedekking door verkeerd beheer van het veld - de concentratie van vee in kraals, overbezetting en lukraak verbranden om vers herfst- of wintergraas te verkrijgen. In Basutoland, een normaal goed bewaterd land, is bodemerosie nu het meest urgente administratieve probleem. De bevolkingsdruk heeft grote gebieden onder de ploeg gebracht en heeft de overbezetting van het resterende grasland geïntensiveerd. In Kenia is het probleem van bodemerosie de afgelopen drie jaar ernstig geworden, zowel in de reservaten van de inheemse bevolking als in de Europese gebieden. In de eerstgenoemde gebieden is rijkdom afhankelijk van het bezit van grote kuddes en kuddes;

er wordt geruild in levende have; de bruidsprijs wordt bijna overal betaald in dieren; aantallen zijn de regel in plaats van kwaliteit. Het natuurlijke gevolg is overbevolking, overbegrazing en de vernietiging van de natuurlijke bedekking van de grond. [135] Bodemerosie is het onvermijdelijke resultaat. In de Europese gebieden wordt erosie veroorzaakt door langdurige en voortdurende overbeweiding zonder dat er maatregelen worden genomen om bodemverlies te voorkomen en het humusgehalte op peil te houden. Sprinkhanen zijn de laatste tijd verantwoordelijk voor een sterk versnelde erosie; er zijn voorbeelden waar het gecombineerde effect van sprinkhanen en geiten heeft geleid tot het verlies van een voet bovengrond in één regenseizoen.

De landen die aan de Middellandse Zee grenzen, leveren treffende voorbeelden van bodemerosie, die gepaard gaat met de vorming van woestijnen. Men gaat ervan uit dat dit te wijten is aan één hoofdoorzaak: de langzame en voortdurende ontbossing van de afgelopen 3000 jaar. Oorspronkelijk was het gebied goed bebost, maar nu zijn er geen bossen meer te vinden in het Middellandse Zeegebied zelf. Het grootste deel van de oorspronkelijke bodem is weggespoeld door de plotselinge winterse stortvloeden. In Noord-Afrika zijn de vruchtbare korenvelden, die in de Romeinse tijd bestonden, nu woestijn. Ferrari verwijst in zijn boek over bossen en weiden naar de veranderingen in de bodem en het klimaat van Perzië nadat de talrijke en majestueuze parken waren vernietigd; de bodem was veranderd in zand; het klimaat werd dor en verstikkend; bronnen namen eerst af en verdwenen daarna. Soortgelijke veranderingen vonden

plaats in Egypte toen de bossen werden verwoest; een afname van de regenval en van de vruchtbaarheid van de bodem ging gepaard met een verlies aan uniformiteit in het klimaat. Palestina was ooit bedekt met waardevolle bossen en vruchtbare weidegronden en had een koel en gematigd klimaat; tegenwoordig zijn de bergen ontgonnen, staan de rivieren bijna droog en is de productie van gewassen tot een minimum gereduceerd.

De bovenstaande voorbeelden tonen de grote omvang van bodemerosie, de zeer ernstige schade die wordt aangericht en de fundamentele oorzaak van het probleem - misbruik van het land. Bij de behandeling van de remedies die zijn voorgesteld en die nu worden uitgeprobeerd, is het essentieel om de werkelijke aard van het probleem te zien. Het is niets minder dan de reparatie van het afwateringssysteem van de natuur - de rivier - en van de natuurlijke methode om het platteland van een regelmatige watervoorziening te voorzien. Het stroomgebied van de rivier is de natuurlijke eenheid in erosiebeheersing. Bij het ontwerpen van deze beheersing moeten we de efficiëntie van het stroomgebied als afvoer en ook als natuurlijke opslag van water herstellen. Als dit eenmaal is bereikt, zullen we nog maar weinig horen over bodemerosie.

Japan geeft misschien wel het beste voorbeeld van de beheersing van bodemerosie in een land met stortregens, zeer erodeerbare bodems en een topografie die het vasthouden van de bodem op steile hellingen erg moeilijk maakt. Hier is erosie effectief onder controle gehouden door methoden die ongeacht de kosten zijn aangenomen, omdat het alternatief

voor hun uitvoering een nationale ramp zou zijn. Het grote gevaar van bodemerosie in Japan is de afzetting van grondpuin van de steile berghellingen op de rijstvelden eronder. De textuur van de rijstgronden moet zo worden gehandhaafd dat de velden water vasthouden en een minimale afwatering mogelijk maken. Als dergelijke gebieden bedekt zouden raken met een diepe laag doorlatende grond die door erosie van de hellingen naar beneden is gekomen, zouden ze geen water meer vasthouden en zou rijstteelt - de steunpilaar van de voedselvoorziening van Japan - niet meer mogelijk zijn. Om deze reden heeft het land wel tien keer de kapitaalwaarde van het eroderende land uitgegeven aan grondbehoud, voornamelijk als verzekering om de waardevolle rijstvelden eronder te redden. Zo spendeerde het Tokyo Forestry Board in 1925 453 yen (£45) per acre aan anti-erosiemaatregelen op een bosgebied dat gewaardeerd werd op 40 yen per acre, om lager gelegen rijstvelden te redden die gewaardeerd werden op 240 tot 300 yen per acre.

[136] De gevaren van erosie worden in Japan al eeuwenlang onderkend en er is een voorbeeldige techniek ontwikkeld om ze te voorkomen. Het is nu een vast onderdeel van het nationale beleid om de bovenste regio's van elk stroomgebied bebost te houden, omdat dit de meest economische en effectieve methode is om het overstromingswater onder controle te houden en de rijstproductie in de valleien te garanderen. Al vele jaren vormen erosiebestrijdingsmaatregelen een belangrijke post op de nationale begroting.

Volgens Lowdermilk is erosiebestrijding in Japan als een schaakspel. Nadat de bosbouwingenieur zijn eroderende

vallei heeft bestudeerd, doet hij zijn eerste zet door een of meer dammen te lokaliseren en te bouwen. Hij wacht om te zien wat de reactie van de natuur is. Dit bepaalt de volgende zet van de bosbouwkundig ingenieur, die nog een of twee dammen kan zijn, een verhoging van de vorige dam, of de bouw van zijwaartse steunmuren. Na nog een observatiepauze wordt de volgende stap gezet, enzovoort tot de erosie onder controle is. De werking van natuurlijke krachten, zoals sedimentatie en herbegroeiing, wordt zo goed mogelijk begeleid en gebruikt om de kosten laag te houden en praktische resultaten te behalen. Er wordt niet meer geprobeerd dan de natuur al heeft gedaan in de regio. In 1919 werd bijna 2.000.000 hectare beschermend bos gebruikt voor erosiebeheersing. Deze bosgebieden doen meer dan erosie onder controle houden. Ze helpen de bodem om grote hoeveelheden regenwater te absorberen en vast te houden en langzaam af te geven aan rivieren en bronnen.

China, aan de andere kant, laat een zeer treffend voorbeeld zien van het kwaad dat voortvloeit uit het onvermogen van de overheid om een grote afwateringseenheid in zijn geheel aan te pakken. Op de hellingen van de bovenloop van de Gele Rivier vindt voortdurend uitgebreide bodemerosie plaats. Elk jaar transporteert de rivier meer dan 2.000 miljoen ton grond, genoeg om een gebied van 400 vierkante mijl 5 feet op te hogen. Dit wordt geleverd door de gemakkelijk erodeerbare lössbodems van de bovenloop van het stroomgebied. De modder wordt lager in de rivierbedding afgezet, zodat de dijken die de stroom tegenhouden voortdurend moeten worden opgehoogd. Van tijd tot tijd wint de

grote rivier in deze ongelijke strijd en verwoestende overstromingen zijn het gevolg. Het werk dat is besteed aan de dijken is verloren gegaan omdat de aard van het erosieprobleem als geheel niet is begrepen en het gebied dat door de Gele Rivier wordt afgewaterd niet is bestudeerd en behandeld als één organisme. Het probleem is nu de overbevolking van de bovenloop van het stroomgebied, waardoor bebossing en grasland niet mogelijk zijn. Als de Chinezen de bovenloop - de echte oorzaak van het probleem - effectief onder controle hadden gehouden, zou het erosieprobleem naar alle waarschijnlijkheid allang zijn opgelost tegen lagere arbeidskosten dan die welke aan de bedijking van de rivier zijn besteed. China staat helaas niet alleen in deze kwestie. Een aantal andere rivieren, zoals de Mississippi, lijdt onder overbelasting, gevolgd door periodieke overstromingen als gevolg van de groei van bodemerosie in de bovenloop.

[137] Hoewel de schade die ongecontroleerde erosie over de hele wereld aanricht zeer groot is en er geen reden is om actie te ondernemen, is er aan de creditkant één factor die in de recente literatuur over het hoofd wordt gezien. Een aanzienlijke hoeveelheid nieuwe grond wordt voortdurend geproduceerd door natuurlijke verweringsprocessen uit de ondergrond en het moedergesteente. Wanneer dit op de juiste manier wordt geconserveerd, zal het snel grote stukken waardevol land herscheppen. Een van de beste regio's voor het bestuderen van deze kwestie is de zwarte katoengrond van Centraal-India, die boven het basalt ligt. Hoewel er hier sprake is van voortdurende erosie, verdwijnt de grond vaak niet helemaal, omdat als de bovenste lagen door regen wor-

den verwijderd, er van onderaf weer nieuwe grond wordt gevormd. De grote hoeveelheid aarde die op deze manier wordt geproduceerd is goed te zien in de staat Gwalior, waar wijlen de heerser een irrigatieofficier in dienst nam, uitgeleend door de Indiase regering, om een aantal dijken aan te leggen, elk voorzien van overlaten, dwars door veel van de valleien die in het verleden zo te lijden hadden gehad van ongecontroleerd regenwater dat ze helemaal geen grond leken te hebben. Hoe groot de jaarlijkse vorming van nieuwe grond is, zelfs in zulke weinig veelbelovende omstandigheden, moet je zien om te geloven. In een paar jaar tijd werd de aanleg van dijken gevolgd door stukken vruchtbaar land die al snel goede tarweoogsten opleverden. Een kort geïllustreerd verslag van het werk van wijlen de Maharaja van Gwalior zou op dit moment van grote waarde zijn om de broodnodige optimistische noot te introduceren in de beschouwing van dit bodemerosieprobleem. De dingen zijn niet zo hopeloos als ze vaak worden voorgesteld.

Waarom is het bos zo'n effectief middel om bodemerosie te voorkomen en bronnen en rivieren te voeden? Het bos doet twee dingen: (1) de bomen en het kreupelhout breken de neerslag op in fijne nevel en het strooisel op de grond beschermt de bodem tegen erosie; (2) de resten van de bomen en het dierenleven die je in alle bossen aantreft, worden omgezet in humus, die vervolgens wordt opgenomen door de bodem eronder, waardoor de poreusheid en het waterbergend vermogen ervan toeneemt. De bodembedekking en de humus in de bodem voorkomen samen erosie en slaan tegelijkertijd grote hoeveelheden water op. Deze factoren - bo-

dembescherming, bodemporositeit en waterretentie - die door de levende bosbedekking worden geleverd, vormen de sleutel tot de oplossing van het bodemerosieprobleem. Alle andere puur mechanische oplossingen zoals terrassen en drainage zijn secundaire zaken, hoewel ze natuurlijk belangrijk zijn op de juiste plaats. De bodem moet zoveel mogelijk bedekt zijn; hij moet goed gevuld zijn met humus zodat hij de neerslag kan opzuigen en vasthouden. Hieruit volgt dat bij afwezigheid van bomen er een grasbedekking moet zijn, een of ander bedekkingsgewas en voldoende voorzieningen om de voorraad humus op peil te houden. Elk veld dat zo is aangelegd, heeft weinig of geen last van erosie. Dit bevestigt het standpunt van Williams (Timiriasev Academy, Moskou) die, voordat erosie belangrijk werd in de Sovjet-Unie, een hypothese naar voren bracht dat het verval van vroegere beschavingen te wijten was aan een afname van de vruchtbaarheid van de bodem, als gevolg van de vernietiging van de kruimelstructuur van de bodem toen de toenemende eisen van de beschaving het op grote schaal omploegen van grasland noodzakelijk maakten. Williams beschouwde gras als de basis van alle landbouwgrondgebruik en het belangrijkste wapen van de bodem tegen de plunderende instincten van de mensheid. Zijn opvattingen oefenen een duidelijke invloed uit op het bodembeschermingsbeleid in de U.S.S.R. en zijn ook van toepassing op veel andere landen.

[138] Gras is een waardevolle factor bij het juiste ontwerp en de juiste aanleg van oppervlaktedrainages. Waar mogelijk moeten deze breed, zeer ondiep en volledig begroeid zijn met gras. Het afvloeiende water loopt dan weg als een dun-

ne laag helder water, waarbij alle bodemdeeltjes achterblijven. Het gras wordt zo automatisch bemest en levert overvloedig voer op. Dit eenvoudige apparaat werd in de praktijk gebracht op het Shahjahanpur Sugar Experiment Station in India. De aarden dienstwegen en paden werden uitgegraven zodat het niveau een paar centimeter onder dat van het gecultiveerde gebied lag. Vervolgens werden ze met gras begroeid, waardoor ze in het regenseizoen zeer effectieve afvoerkanalen werden die de overtollige regen als helder water afvoeren zonder enig verlies van grond.

Als we erosie beschouwen als het natuurlijke gevolg van onjuiste landbouwmethoden en het stroomgebied van de rivier als de natuurlijke eenheid voor de toepassing van bodembeschermingsmethoden, dan vallen de verschillende beschikbare remedies op hun plaats. De bovenloop van elk riviersysteem moet bebost worden; er moeten, waar mogelijk, gewassen zoals gras en graszoden gebruikt worden om het akkerland te beschermen; het humusgehalte van de bodem moet verhoogd worden en de kruimelstructuur moet hersteld worden, zodat elk veld zijn eigen regenval kan opvangen; overbeweiding en overbeweiding moeten voorkomen worden; er moeten eenvoudige mechanische methoden gebruikt worden om de bodem te conserveren en de afvloeiing te reguleren, zoals terrassen, contourenteelt en contourdrains. Er is natuurlijk niet één anti-erosiemiddel dat universeel kan worden toegepast. Het probleem moet van nature lokaal zijn. Toch zijn er een aantal basisprincipes die overal van toepassing zijn. Eerst en vooral is er het herstel en onderhoud van de vruchtbaarheid van de bodem, zodat elke hecta-

re van het stroomgebied zijn plicht kan doen door zijn deel van de neerslag te absorberen.

DE VORMING VAN ALKALILAND

Wanneer de grond voortdurend verstoken is van zuurstof, kan de plant er al snel geen gebruik meer van maken: een toestand van permanente onvruchtbaarheid is het gevolg.

In veel delen van de tropen en subtropen wordt de landbouw belemmerd door ophopingen van oplosbare zouten die bestaan uit verschillende mengsels van sulfaat, chloride en natriumcarbonaat. Zulke gebieden staan bekend als alkaliland. Als de alkalifase zich nog in een mild of beginnend stadium bevindt, wordt het moeilijk om gewassen te verbouwen en moet ervoor worden gezorgd dat de situatie niet verslechtert. Als de toestand zich volledig heeft gevestigd, sterft de grond af en kan er geen gewas meer worden geteeld. *Alkaliland* komt veel voor in Centraal-Azië, India, Perzië, Irak, Egypte, Noord-Afrika en de Verenigde Staten.

Op een gegeven moment werd verondersteld dat alkalibodems het natuurlijke gevolg waren van een lichte regenval, die onvoldoende was om de zouten uit het land te spoelen die er altijd ontstaan door geleidelijke verwering van het gesteentepoeder waaruit alle bodems grotendeels bestaan. Vandaar dat alkaliland beschouwd werd als een natuurlijk kenmerk van dorre gebieden, zoals delen van Noordwest-India, Irak en Noord-Afrika, waar heel weinig regen valt. Dergelijke ideeën over de oorsprong en het voorkomen van alkaliland stroken niet met de feiten en zijn behoorlijk mislei-

dend. **[139]** De regenval in de provincie Oudh in India bijvoorbeeld, waar grote stukken alkaliland van nature voorkomen, is zeker voldoende om de relatief kleine hoeveelheden oplosbare zouten in deze onvruchtbare gebieden op te lossen, als hun verwijdering alleen een kwestie van voldoende water zou zijn. In Noord-Bihar is de gemiddelde neerslag in de submontane gebieden waar grote alkaliplekken veel voorkomen, ongeveer 50 tot 60 inches per jaar. Aride omstandigheden zijn dus niet essentieel voor de productie van alkalibodems; zware regenval verwijdert ze niet altijd. Wat wel een noodzakelijke voorwaarde is, is ondoordringbaarheid. In India komen alkalizouten vroeg of laat tevoorschijn wanneer het land zijn poreusheid verliest, door de constante oppervlakteirrigatie van stugge gronden met een neiging tot ondoordringbaarheid, door de ophoping van stilstaand water in de ondergrond of door een of andere verstoring van de oppervlakteafwatering. Bijna elk middel, zelfs overmatige cultivering en stimulering door middel van kunstmest, die beide het organische materiaal oxideren en langzaam de kruimelstructuur vernietigen, zal alkaliland produceren. In de buurt van Pusa in Noord-Bihar geven oude wegen en de plaatsen van bamboeklompen en bepaalde bomen zoals de tamarinde (Tamarindus indica L.) en de pipul (Ficus religiosa L.) altijd alkaliplekken wanneer ze in cultuur worden gebracht. De dicht opeengepakte grond van zulke gebieden vertoont altijd de blauwgroene markeringen die geassocieerd worden met de activiteiten van die bodemorganismen die leven in slecht beluchte bodems zonder toevoer van vrije zuurstof. Een paar inchesr onder de alkalivlekken, die voorkomen op de stijve lössgronden van de Quetta-vallei, komen

altijd soortgelijke blauwgroene en bruine markeringen voor. In de alkalizone in Noord-Bihar moeten putten altijd open worden gelaten, anders wordt het water vervuild door zwavelhoudend waterstof, wat duidt op een goed gemarkeerde reductieve fase in de diepere lagen. In een drainageproef op de zwarte bodems van de Niravallei in Bombay, waar eeuwigdurende irrigatie werd gevolgd door de vorming van alkaliland, ontdekten Mann en Tamhane dat het zoute water dat uit deze drainages stroomde al snel sterk naar zwavelhoudend waterstof rook en er werd een witte afzetting van zwavel gevormd bij de monding van elke drain, wat bewees hoe sterk de reducerende werking in deze bodem was. Hier werd de reductieve fase in de vorming van alkali onbewust aangetoond in een gebied waar alkalizouten onbekend waren totdat het land door overbevloeiing onder water kwam te staan en de zuurstoftoevoer naar de bodem werd beperkt.

De opvatting dat het ontstaan van alkaliland samenhangt met een gebrekkige beluchting van de bodem wordt ondersteund door het recente werk aan het ontstaan van zoutwatermeren in Siberië. In het Szira-Kul meer, tussen Bateni en de bergketen van Kizill Kaya, observeerde Ossendowski in het zwarte slib dat van de bodem van het meer werd gehaald en in het water op enige afstand van het oppervlak een immens netwerk van kolonies zwavelbacillen die grote hoeveelheden gezwavelde waterstof afgaven en zo vrijwel alle vissen in dit meer vernietigden. De grote waterbekkens in Centraal-Azië worden op een vergelijkbare manier gemetamorfoseerd tot nutteloze reservoirs van zout water, die sterk ruiken naar waterstofsulfide. In de limans bij Odessa en in

delen van de Zwarte Zee vindt een soortgelijk proces plaats. De vissen, die de verandering aanvoelen, verlaten langzaam deze zee terwijl de waterlagen, vergiftigd door zwavelhoudend waterstof, geleidelijk naar de oppervlakte stijgen. De dood van de meren verspreid over de immense vlakten van Azië en de vernietiging van de ondoordringbare bodem van dit continent door de vorming van alkalizout zijn beide te wijten aan dezelfde primaire oorzaak -- intense zuurstofhonger. Vaak treedt deze zuurstofhonger op natuurlijke wijze op; in andere gevallen volgt het op meerjarige irrigatie.

[140] De stadia in de ontwikkeling van de alkalitoestand zijn ongeveer als volgt. De eerste toestand is een ondoordringbare bodem. Zulke bodems - bijvoorbeeld de usarvlakten van Noord-India - komen van nature voor waar de klimatologische omstandigheden die biologische en fysische factoren in de hand werken die de bodemstructuur vernietigen door de samengestelde deeltjes uiteen te laten vallen in hun uiteindelijke eenheden. Deze laatste zijn zo extreem minuscuul en zo uniform in grootte dat ze met water een mengsel vormen dat een aantal eigenschappen van colloïden bezit die, wanneer ze opdrogen, samenklonteren tot een harde droge massa die praktisch ondoordringbaar is voor water en zeer moeilijk te breken. Zulke bodems zijn heel oud. Ze zijn altijd ondoordringbaar geweest en zijn nooit in cultuur gebracht.

Naast de alkaligebieden die van nature voorkomen, zijn er een aantal in wording als gevolg van fouten in het bodembeheer, waarvan de belangrijkste zijn:

a) Het overmatig gebruik van irrigatiewater. Dit vernietigt

geleidelijk de bindende kracht van de organische cementerende materie die de bodemdeeltjes aan elkaar lijmt en verdringt de bodemlucht. Anaerobe veranderingen, aangegeven door blauwe en bruinachtige markeringen, treden eerst op in de onderste lagen en leiden uiteindelijk tot het afsterven van de bodem. Het is deze langzame vernietiging van de levende bodem die moet worden voorkomen als we de bestaande regelingen voor meerjarige irrigatie willen overleven. Dit proces vindt vandaag voor onze ogen plaats in de kanaalkolonies van India waar irrigatie losjes wordt gecontroleerd.

b) Overcultivatie zonder voldoende aandacht voor het aanvullen van humus. In continentale gebieden zoals de Indo-Gangetic vlakte, waar het risico op alkali het grootst is, bevatten de normale bodems slechts een kleine humusreserve, omdat de biologische processen die organisch materiaal verbruiken in bepaalde seizoenen zeer intens zijn door plotselinge veranderingen van lage naar zeer hoge temperaturen en van intens droog weer naar perioden van vochtige tropische omstandigheden. Ophopingen van organisch materiaal zoals in gematigde zones zijn onmogelijk. Er is dus een zeer kleine veiligheidsmarge. De kleinste fouten in het bodembeheer zullen niet alleen de kleine humusreserve in de bodem vernietigen, maar ook het organische cement waarvan de samengestelde bodemdeeltjes en de kruimelstructuur afhankelijk zijn.

Het resultaat is ondoordringbaarheid, de eerste fase in de vorming van alkalizouten.

c) Het gebruik van kunstmest, vooral ammoniumsulfaat. De aanwezigheid van extra gecombineerde stikstof in een ge-

makkelijk opneembare vorm stimuleert de groei van schimmels en andere organismen die, op zoek naar het organische materiaal dat nodig is voor energie en voor de opbouw van microbieel weefsel, eerst de reserve aan bodemhumus opgebruiken en vervolgens het meer resistente organische materiaal dat de bodemdeeltjes bindt. Normaal gesproken wordt deze lijm niet aangetast door de processen die plaatsvinden in een normaal gecultiveerde bodem, maar het is niet bestand tegen dezelfde processen wanneer het gestimuleerd wordt door het toedienen van kunstmest.

Alkaliland begint daarom met een bodem waarin de zuurstoftoevoer permanent is afgesneden. Het gaat dan heel snel van kwaad tot erger. Alle oxidatiefactoren die essentieel zijn voor het behoud van een gezonde bodem houden op. Er ontstaat een nieuwe bodemflora - bestaande uit anaerobe organismen die hun zuurstof uit de ondergrond halen. **[141]** Er volgt een reductiefase. De gemakkelijkste bron van zuurstof - de nitraten - is snel uitgeput. Het organische materiaal ondergaat dan anaerobe fermentatie. Zwavelhoudende waterstof wordt geproduceerd als de bodem afsterft, net als in de meren van Centraal-Azië. Het uiteindelijke resultaat van de chemische veranderingen die plaatsvinden is de ophoping van de oplosbare zouten van alkaliland - het sulfaat, chloride en natriumcarbonaat. Als deze zouten in schadelijke hoeveelheden aanwezig zijn, verschijnen ze aan het oppervlak in de vorm van sneeuwwitte en bruinzwarte korsten. De eerste (witte alkali) bestaat grotendeels uit natriumsulfaat en natriumchloride en de tweede (de gevreesde zwarte alkali)

bevat daarnaast natriumcarbonaat en dankt zijn donkere kleur aan het feit dat dit zout in staat is om het organische materiaal in de grond op te lossen en fysische omstandigheden te creëren die drainage onmogelijk maken. Volgens Hilgard wordt natriumcarbonaat gevormd uit sulfaat en chloride in aanwezigheid van kooldioxide en water. De werking wordt omgekeerd in aanwezigheid van zuurstof. Latere onderzoeken hebben deze zienswijze gewijzigd en hebben aangetoond dat de vorming van natriumcarbonaat in de bodem in fasen plaatsvindt. Het verschijnen van dit zout markeert altijd het einde van het hoofdstuk. De grond is dood. Reclamatie wordt dan moeilijk vanwege de fysieke omstandigheden die door deze alkalizouten en het opgeloste organische materiaal worden gecreëerd.

Het voorkomen van alkaliland is, zoals te verwachten op grond van zijn oorsprong, zeer onregelmatig. Wanneer gewone alluviale bodems zoals die van de Punjab en Sind onder permanente irrigatie worden gebracht, verschijnen er eerst kleine stukken alkali waar de bodem zwaar is; op stuggere gebieden zijn de stukken groot en hebben ze de neiging om samen te lopen. Op open doorlatende stukken daarentegen is er geen alkali. In streken zoals de westelijke districten van de Verenigde Provincies, waar irrigatie al lange tijd de regel is, komen naast de dorre alkaligebieden zones voor met goed doorlatend land en fijne geïrrigeerde gewassen. Ook Irak levert interessante voorbeelden van het verband tussen alkali en slechte beluchting van de bodem. Intensieve irrigatieteelt komt in dat land alleen voor als de grond waterdoorlatend is en de natuurlijke drainage goed. Waar de

drainage en beluchting slecht zijn, wordt de alkali-toestand meteen acuut. Er zijn natuurlijk een aantal irrigatiesystemen, zoals de trapcultuur van de Hunza's in Noordwest-India en Peru, waar het land al sinds mensenheugenis continu wordt bewaterd zonder dat er alkalizouten ontstaan. In Italië en Zwitserland wordt irrigatie al lange tijd toegepast zonder de grond te beschadigen. In al deze gevallen is echter zorgvuldig aandacht besteed aan drainage en beluchting en aan het behoud van humus; de bodemprocessen zijn door de natuur of door de mens beperkt tot de oxidatieve fase; het cement van de samengestelde deeltjes is beschermd door het bijhouden van een voldoende hoeveelheid organisch materiaal.

Elke mogelijke gradatie in alkaliland komt voor. Minieme hoeveelheden alkalizouten in de bodem hebben geen schadelijk effect op gewassen of op de bodemorganismen. Pas als de hoeveelheid boven een bepaalde grens komt, belemmeren ze de groei en verhinderen ze die uiteindelijk helemaal. Peulgewassen zijn bijzonder gevoelig voor alkali, vooral wanneer deze natriumcarbonaat bevat. De werking van alkalizouten op de plant is fysisch en hangt af van de osmotische druk van oplossingen, die toeneemt met de hoeveelheid opgeloste stof. **[142]** Om water gemakkelijk van de bodem naar de wortels van planten te laten stromen, moet de osmotische druk in de cellen van de wortel aanzienlijk hoger zijn dan die van de bodemoplossing erbuiten. Als de bodemoplossing sterker zou worden dan die van de cellen, zou het water terug van de wortels naar de bodem stromen en zouden de gewassen uitdrogen. Deze situatie doet zich

van nature voor wanneer de bodem boven een bepaald punt geladen raakt met alkalizouten. De gewassen kunnen dan geen water meer opnemen en sterven. De wortels gedragen zich als een dikke aardbei wanneer ze in een sterke suikeroplossing worden geplaatst. Net als de aardbei krimpen ze in omvang omdat ze water hebben verloren aan de sterkere oplossing buiten. Te veel zout in het water maakt irrigatiewater nutteloos en vernietigt het kanaal als commercieel voorstel.

De reactie van het gewas op de eerste fasen van de alkaliproductie is interessant. Twintig jaar lang heb ik in Pusa en acht jaar in de Quetta-vallei land moeten bewerken waarvan sommige als het ware op de rand van alkali zweefden. De eerste indicatie van deze toestand is het donkerder worden van het gebladerte en het vertragen van de groei. Aandacht voor de beluchting van de grond, de aanvoer van organisch materiaal en het gebruik van diepwortelende gewassen zoals luzerne en duivenerwten, die de ondergrond breken, brengen de zaken snel in orde. Het negeren van de gevaarsignalen van de natuur leidt echter tot problemen -- er wordt een duidelijke alkaliplek gevormd. Wanneer katoen onder kanaalirrigatie wordt geteeld op de alluviale gronden van de Punjab, wordt de reactie van de plant op beginnende alkali voor het eerst getoond door het uitblijven van zaadvorming, vanwege het feit dat de helmknop, het meest gevoelige deel van de bloem, niet functioneert en zijn stuifmeel niet afgeeft. De katoenplant vindt het natuurlijk moeilijk om uit milde alkalische grond al het water te halen dat ze nodig heeft.

De theorie om alkalische grond te ontginnen is heel eenvou-

dig. Het enige wat nodig is, nadat de grond behandeld is met voldoende gips (dat de natriumklei omzet in calciumklei), is om de oplosbare zouten eruit te wassen, organisch materiaal toe te voegen en het land vervolgens op de juiste manier te bewerken. Zulke teruggewonnen gronden zijn dan buitengewoon vruchtbaar en blijven dat ook. Als er voldoende water beschikbaar is, is het soms mogelijk om alkalibodems terug te winnen door alleen te wassen. Ik heb dit ooit bevestigd. De berm van een verhoogd waterkanaal op het Quetta Experiment Station was bedekt met vrij zware grond van een alkaliplas. De constante passage van het irrigatiewater door het waterkanaal verwijderde al snel de alkalizouten. Deze grond produceerde vervolgens enkele van de zwaarste grasgewassen die ik ooit in de tropen heb gezien. Wanneer echter wordt geprobeerd om alkaligebieden op veldschaal te herstellen door ze onder water te zetten en te draineren, ontstaan er meteen problemen, tenzij er maatregelen worden genomen om eerst al het natrium in het bodemcomplex te vervangen door calcium en vervolgens de verdere vorming van natriumklei te voorkomen. Zelfs als deze regeneratiemethoden slagen, zijn de kosten altijd aanzienlijk; ze worden al snel onbetaalbaar; het spel is de kaars niet waard. Het verwijderen van de alkalizouten is slechts de eerste stap; daarna zijn grote hoeveelheden organisch materiaal nodig; er moet voor voldoende beluchting van de bodem worden gezorgd; er moet zeer goed op worden gelet dat deze herwonnen grond behouden blijft en dat er geen terugkeer naar de alkalitoestand plaatsvindt. Onder kanaalirrigatie is het heel gemakkelijk om op bepaalde plekken alkalizouten te creëren. Het is bijzonder moeilijk om het proces om te keren

en alkaliland weer om te vormen tot vruchtbare grond.

[143] De natuur heeft, in de vorm van alkalizouten, een zeer effectieve censuur voor alle regelingen van meerjarige irrigatie. De verovering van de woestijn door middel van het kanaal hangt geenszins af van de loutere voorziening van water en regelingen voor het periodiek overstromen van het oppervlak. Dit is slechts een van de factoren van het probleem. Het water moet op een zodanige manier worden gebruikt en het bodembeheer moet zodanig zijn dat de vruchtbaarheid van de bodem intact blijft. Het heeft natuurlijk geen zin om tegen hoge kosten een kanaalkolonie te creëren en daar een generatie of twee lang gewassen te verbouwen, waarna er een woestijn van alkaliland ontstaat. Een dergelijke prestatie is slechts een nieuw voorbeeld van agrarisch banditisme. We moeten altijd onthouden dat de oude irrigators nooit een efficiënte methode voor meerjarige irrigatie hebben ontwikkeld, maar tevreden waren met het bekkensysteem, een apparaat waarmee irrigatie en bodembeluchting gecombineerd kunnen worden. (Het land wordt bedijkt, eenmaal bewaterd en wanneer het droog genoeg is, wordt het bewerkt en ingezaaid. Op deze manier kan water worden gegeven zonder de beluchting van de grond te verstoren). In zijn studie over irrigatie en drainage sluit King een interessante discussie over deze kwestie af met de volgende woorden, die de volledige aandacht verdienen van de irrigatie-autoriteiten over de hele wereld:

> Het is een opmerkelijk feit dat de buitensporige ontwikkeling van alkaliën in India, evenals in Egypte en Californië, het resultaat is van irrigatiepraktijken die modern zijn in hun oor-

sprong en manieren en ingesteld door mensen die de tradities missen van de oude irrigeerders, die deze zelfde landen duizenden jaren eerder hadden bewerkt. De alkalische gronden van vandaag zijn in hun intense vorm van moderne oorsprong, het gevolg van praktijken die duidelijk ontoelaatbaar zijn en die naar alle waarschijnlijkheid bekend waren bij de mensen die door onze moderne beschaving zijn verdrongen.

© www

[145]

HOOFDSTUK – 11

DE TERUGTREKKING VAN HET GEWAS EN HET DIER VOOR DE PARASIET

In het vorige hoofdstuk hebben we gezien hoe de natuur door middel van bodemerosie een stuk versleten grond verwijdert en op een nieuwe plek nieuwe grond creëert. Verkeerd beheer van het land wordt later gevolgd door een New Deal, als het ware, ergens anders. Een soortgelijke regel geldt voor gewassen: het zieke gewas wordt stil maar effectief gelabeld voordat het wordt verwijderd voor de productie van humus, zodat de volgende generatie planten ervan kan profiteren.

Moeder aarde heeft een enorme organisatie voorzien om het inefficiënte gewas aan te duiden. Waar de grond onvruchtbaar is, waar een ongeschikte variëteit wordt verbouwd of waar een fout is gemaakt in het beheer, laat de natuur onmiddellijk haar afkeuring blijken via haar *Censors' Department. Afdeling*. Een of meer van de groepen parasitaire insecten en schimmels - de organismen die gedijen op ongezonde levende materie - worden weggestuurd om erop te wijzen dat de landbouw heeft gefaald. In de conventionele taal van vandaag wordt het gewas aangevallen door ziekte.

In de geschriften van de specialist is een zaak ontstaan voor de bestrijding van een plaag: een gewas moet worden beschermd.

In de afgelopen jaren – (?) – heeft een andere vorm van ziekte - bekend als *virusziekte* - zijn intrede gedaan. Bij virusziekten is er geen duidelijke parasiet, maar onder andere insecten kunnen het probleem overbrengen van zieke naar ogenschijnlijk gezonde planten in de buurt. Wanneer de celinhoud van aangetaste planten wordt onderzocht, vertonen de eiwitten duidelijke afwijkingen, wat suggereert dat het werk van het groene blad niet effectief is; de synthese van albuminoïden lijkt onvolledig te zijn. Met de ontwikkeling van speciale onderzoekslaboratoria, zoals dat in Cambridge, worden steeds meer van deze ziekten ontdekt en is er een aanzienlijke literatuur over het onderwerp ontstaan.

De virusziekten maken het verhaal niet compleet. Er komen een aantal ziekten voor waarvan de duidelijke oorzaak noch een schimmel, noch een insect, noch een virus is. Deze worden gegroepeerd onder de algemene titel - *fysiologische ziekten*: problemen die voortvloeien uit de ineenstorting van de normale metabolische processen.

[146] Hoe heeft de landbouwwetenschap de ziekten van gewassen behandeld? Het antwoord is zowel interessant als verhelderend. Het onderwerp is op verschillende manieren benaderd, die kort kunnen worden samengevat onder de volgende vier hoofden:

1. De studie van de levensgeschiedenis van de plaag, inclusief de algemene relatie van de parasiet tot het gewas en

de invloed van de omgeving op de strijd om suprematie tussen de twee. Het belangrijkste doel van deze onderzoeken is het ontdekken van een mogelijke zwakte in de levensgeschiedenis van de plaag die gebruikt kan worden om de plaag te vernietigen of om de plant te beschermen tegen infectie. Het resultaat is een indrukwekkende hoeveelheid vakliteratuur. Naarmate het aantal onderzoekers toeneemt en hun onderzoeken uitputtender worden en een snel toenemend deel van het aardoppervlak beslaan, neemt ook de hoeveelheid gedrukte literatuur toe. Het is nu bijna onmogelijk om een tijdschrift over landbouwonderzoek te lezen zonder op zijn minst een lang geïllustreerd artikel te vinden over een of andere nieuwe ziekte. De literatuur is zo omvangrijk geworden dat de specialisten zelf er niet meer mee uit de voeten kunnen. Het meeste kan alleen worden gelezen door de werknemers in abstracto, waarvoor weer nieuwe agentschappen zijn opgericht in het Britse Rijk - de Imperial Bureaux of Entomology en Mycology - organen die fungeren als clearing-houses van informatie en de gepubliceerde papers behandelen op een manier die doet denken aan de methoden van het Banker's Clearing House bij het behandelen van cheques.

2. De studie van de natuurlijke parasieten van insectenplagen, het kweken van deze dieren en hun daadwerkelijke introductie wanneer deze procedure succes belooft. Hiervoor is een aparte instelling opgericht in Farnham Royal in Buckinghamshire.

3. De bescherming van het gewas tegen het binnendringen van de parasiet. In de regel neemt dit twee vormen aan:

   a) de ontdekking van insecticiden en fungiciden en het

ontwerpen van de nodige machines om het gewas te bedekken met een dun laagje gif dat de parasiet vernietigt in de rustfase of voordat hij de gastheer kan binnendringen;

b) de vernietiging van de parasiet door verbranding, door het gebruik van bijtende vloeistoffen zoals sterk zwavelzuur, of door kiemdodende middelen toe te voegen aan de grond zodat de hoeveelheid infecterend materiaal te verwaarlozen is.

4. Het opstellen en uitvoeren van regels om een gebied te beschermen tegen een buitenlandse plaag die nog niet zijn intrede heeft gedaan. Deze volgen de gebruikelijke methoden van quarantaine. Invoer van planten en zaden is helemaal verboden, invoer is toegestaan onder licentie of het plantmateriaal wordt geïnspecteerd en begast in de haven van binnenkomst. Het principe is in alle gevallen hetzelfde -- de gewassen moeten beschermd worden tegen een toevallige infectie door een vreemde parasiet die onnoemelijke schade kan veroorzaken. Naarmate het verkeer over land, over zee en door de lucht in omvang toeneemt en sneller gaat, zal het steeds moeilijker worden om deze regels te handhaven. Het is zelfs nu onmogelijk om alle bagage en alle goederen te inspecteren en de smokkel van kleine pakketjes zaad of stekjes van levende planten te voorkomen. Als de persoonlijke bezittingen van de koelies die heen en weer reizen tussen India en Birma, India en de Federale Maleisische Staten en Ceylon onderzocht zouden worden, zou blijken wat een buitengewone verzameling artikelen deze mannen en vrouwen met zich meedragen en hoe vaak er planten en zaden bij zitten. Liefhebbers van tuinieren verzamelen op hun reizen vaak

planten die hen interesseren. De bevolking, veestapel en fabrieken van Groot-Brittannië worden deels voorzien van zaden van over de hele wereld. Door een van deze agentschappen is het bijna zeker dat er van tijd tot tijd een paar nieuwe plagen het land binnenkomen. Deze quarantainemethoden kunnen daarom nooit slagen.

Er zijn meer dan vijftig jaar verstreken sinds het moderne werk aan plantenziekten begon. Wat is het algemene resultaat geweest van al dit onderzoek naar plantaardige pathologie? Heeft het iets van blijvende waarde voor de landbouw opgeleverd? Is het spel de kaars waard? Moet de landbouwwetenschap doorgaan met het ontdekken van steeds meer nieuwe plagen en het bedenken van steeds meer gifsprays om ze te vernietigen of is er een alternatieve methode om met de situatie om te gaan? Waarom is er zoveel van deze ziekte? Kan het groeiende verhaal van de plagen van de Westerse landbouw verklaard worden door een subtiele verandering in de praktijk? Kunnen de telers uit het Oosten ons bijvoorbeeld iets leren over ziekten en de bestrijding ervan?

In dit hoofdstuk wordt een poging gedaan om deze interessante vragen te beantwoorden.

Het is een welbegrepen principe in het bedrijfsleven dat elke organisatie zoals landbouwkundig onderzoek, dat is gegroeid door aanwas in plaats van door de ontwikkeling van een weloverwogen plan, behoefte heeft aan een periodiek kritisch onderzoek om na te gaan of de verkregen resultaten overeenkomen met de kosten en of er wijzigingen nodig zijn in het licht van nieuwe kennis en ervaring. Ik begon zo'n on-

derzoek van de afdeling planten- en dierziekten van de landbouwwetenschap in 1899 en heb het sindsdien gestaag voortgezet. Na veertig jaar werk heb ik voldoende vertrouwen in mijn algemene conclusies om ze op papier te zetten en te vragen of ze op hun merites worden beoordeeld. In 1899 begon ik als mycoloog met landbouwonderzoek in West-Indië, waar ik me specialiseerde in de ziekten van suikerriet en cacao en geïnteresseerd raakte in tropische landbouw. Vrijwel meteen ontdekte ik een fundamentele zwakte in de onderzoeksorganisatie: de mycoloog had geen land waarop hij zijn eigen advies over remedies kon inwinnen voordat hij planters vroeg om ze toe te passen.

Mijn volgende baan was botanicus aan het Wye College in Kent, waar ik de leiding had over de experimenten met hop en volop mogelijkheden had om de insecten- en schimmelziekten van dit interessante gewas te bestuderen. Maar opnieuw had ik geen land waarop ik bepaalde ideeën kon uitproberen die in mijn hoofd gistten over het voorkomen van hopziekten. Ik observeerde één interessant ding: de toename van de weerstand tegen infecties van de jonge hopbloem als gevolg van bestuiving. Deze observatie heeft sindsdien geleid tot een verandering in de lokale praktijk: de mannelijke hop wordt nu gekweekt en er vindt overvloedige bestuiving van de vrouwelijke bloemen - de hop van de handel – plaats.

[148] In 1905 werd ik benoemd tot keizerlijk economisch botanicus van de Indiase regering. Op het Landbouwkundig Onderzoeksinstituut van Pusa had ik, grotendeels dankzij de steun van de directeur, wijlen de heer Bernard Coventry, voor het eerst alle benodigdheden voor mijn werk - interes-

sante problemen, geld, vrijheid en, last but nit least, 75 hectare land waarop ik gewassen op mijn eigen manier kon verbouwen en hun reactie op insecten- en schimmelplagen en andere zaken kon bestuderen. Mijn echte training in landbouwkundig onderzoek begon toen - zes jaar nadat ik de universiteit had verlaten en alle papieren en academische ervaring had verworven die een onderzoeker toen nodig had.

Aan het begin van deze tweede en intensieve fase van mijn opleiding besloot ik nieuwe wegen in te slaan en een idee uit te proberen (dat voor het eerst bij me opkwam in West-Indië), namelijk observeren wat er gebeurde als insecten- en schimmelziekten met rust werden gelaten en zich ongecontroleerd mochten ontwikkelen, en waar alleen indirecte methoden, zoals verbeterde teelt en efficiëntere variëteiten, werden gebruikt om aanvallen te voorkomen. Dit standpunt kreeg een aanzienlijke impuls door een voorstudie van de Indiase landbouw. De gewassen die de boeren in de buurt van Pusa verbouwden waren opmerkelijk vrij van allerlei plagen; zaken als insecticiden en fungiciden vonden geen plaats in dit oude landbouwsysteem. Ik besloot dat ik niet beter kon doen dan de werkzaamheden van deze boeren gadeslaan en hun traditionele kennis zo snel mogelijk verwerven. Daarom beschouwde ik hen voorlopig als mijn landbouwleraren. Een andere groep instructeurs waren natuurlijk de insecten en schimmels zelf. De methoden van de telers zouden, als ze gevolgd werden, leiden tot gewassen die praktisch vrij waren van ziekten; de insecten en schimmels zouden nuttig zijn om ongeschikte variëteiten en landbouwmethoden aan te wijzen die ongeschikt waren voor de loca-

tie.

Het was mogelijk voor mij om het onderwerp van plantenziekten te benaderen op deze onorthodoxe manier om twee redenen. In de eerste plaats het Agricultural Research Institute in Pusa was weinig meer dan een naam toen ik aankwam in India in 1905. Alles was vloeibaar, er was niets in de aard van een georganiseerd systeem van onderzoek in het bestaan. Ten tweede waren mijn taken, gelukkig voor mij, niet duidelijk omschreven. Daarom kon ik nieuwe wegen inslaan, het terrein van de economische plantkunde verbreden tot gewassenteelt, mijn onderzoek baseren op kennis uit de eerste hand van de Indiase landbouw en mijn eigen advies opvolgen voordat ik het aan anderen aanbood. Op deze manier ontsnapte ik aan het lot van de meerderheid van de landbouwonderzoekers -- het leven van een kluizenaar in een laboratorium, gewijd aan de dienst van een verouderde onderzoeksorganisatie. In plaats daarvan bracht ik mijn eerste vijf jaar in India door met het in de praktijk vaststellen van de principes die ten grondslag liggen aan de gezondheid van gewassen.

Om mijn gewassen alle kans te geven om aangevallen te worden door parasieten, werd er niets gedaan aan preventie; er werden geen insecticiden en fungiciden gebruikt; er werd nooit ziek materiaal vernietigd. Naarmate mijn kennis van de Indiase landbouw voortschreed en mijn praktijk verbeterde, nam het aantal ziekten duidelijk af. Aan het eind van vijf jaar onderwijs onder mijn nieuwe professoren - de boeren en de plagen - werden de aanvallen van insecten en schimmels op alle gewassen, waarvan het wortelstelsel geschikt

was voor de plaatselijke bodemgesteldheid, verwaarloosbaar. **[149]** Tegen 1910 had ik geleerd hoe ik gezonde gewassen kon verbouwen, praktisch vrij van ziekten, zonder de minste hulp van mycologen, entomologen, bacteriologen, landbouwchemici, statistici, informatiecentra, kunstmest, sproeimachines, insecticiden, fungiciden, kiemdodende middelen en alle andere dure parafernalia van het moderne Proefstation.

Ik stelde mezelf toen de principes voor die ten grondslag leken te liggen aan de ziekten van planten:

1. Insecten en schimmels zijn niet de echte oorzaak van plantenziekten, maar alleen aanval ongeschikte rassen of gewassen onvolmaakt geteeld. Hun echte rol is die van censoren om de onjuist gevoede gewassen aan te wijzen en zo onze landbouw op peil te houden. Met andere woorden, ongedierte moet gezien worden als de professoren van de natuur in de landbouw: als een integraal onderdeel van elk rationeel landbouwsysteem.
2. Het beleid om gewassen te beschermen tegen ongedierte door middel van sprays, poeders enzovoort is onwetenschappelijk en ondeugdelijk omdat, zelfs als het succesvol is, een dergelijke procedure alleen maar de ongeschikten in stand houdt en het echte probleem verdoezelt -- hoe gezonde gewassen te telen.
3. Het verbranden van zieke planten lijkt de onnodige vernietiging van organisch materiaal, omdat een dergelijke voorziening niet bestaat in de natuur, waarin insecten en schimmels immers leven en werken.

Deze eerste verkenning van de grond suggereerde dat het geboorterecht van elk gewas gezondheid is, en dat de juiste methode van omgaan met ziekte op een Proefstation niet is om de parasiet te vernietigen, maar om er gebruik van te maken voor het afstemmen van de landbouwpraktijk.

Vervolgens werden stappen ondernomen om deze principes toe te passen op ossen, de krachtbron in de Indiase landbouw. Voor dit doel was het nodig om het werk vee onder mijn eigen hoede, om hun huisvesting te ontwerpen, en om te zorgen voor hun voeding, hygiëne en beheer. In eerste instantie werd dit geweigerd, maar na hardnekkig aandringen, gesteund door de krachtige steun van het lid van de Viceroy's Council belast met landbouw (wijlen Sir Robert Carlyle, K.C.S.I.), mocht ik de leiding over zes paar ossen. Ik hoefde op dit gebied weinig te leren, omdat ik tot een oude landbouwfamilie behoor en was opgegroeid op een boerderij die een plaatselijke reputatie had opgebouwd op het gebied van veeteelt. Mijn werkdieren werden zeer zorgvuldig geselecteerd en er werd alles aan gedaan om ze te voorzien van geschikte huisvesting en vers groenvoer, kuilvoer en graan, allemaal afkomstig van vruchtbaar land. Ik was natuurlijk zeer geïnteresseerd in de reactie van deze goed gekozen en goed gevoede ossen op ziekten zoals runderpest, bloedvergiftiging en mond- en klauwzeer, die het platteland vaak teisterden. Deze epidemieën zijn het gevolg van uithongering, door de grote druk van de runderpopulatie op de beperkte voedselvoorraad. Geen van mijn dieren was afgezonderd; geen van hen was ingeënt; ze kwamen vaak in contact met zieke dieren. Omdat mijn kleine boerderij in Pusa

slechts door een lage heg gescheiden was van een van de grote veestallen op het landgoed van Pusa, waar vaak uitbraken van mond- en klauwzeer waren, heb ik verschillende keren gezien hoe mijn ossen neus aan neus wreven met mond- en klauwzeer. **[150]** Er gebeurde niets. De gezonde, goed gevoede dieren reageerden op deze ziekte precies zoals geschikte gewassen, wanneer ze op de juiste manier geteeld werden, reageerden op insecten- en schimmelplagen -- er vond geen infectie plaats.

Omdat de factoren tijd en plaats belangrijk zijn bij het testen van elke landbouwinnovatie, werd het nu noodzakelijk om de drie bovengenoemde principes over een redelijk lange periode en op nieuwe plaatsen uit te proberen. Dit gebeurde gedurende de volgende eenentwintig jaar in drie centra: Pusa (1910-24), Quetta (zomers van 1910-18) en Indore (1924-31).

In Pusa waren uitbraken van plantenziekten in de jaren 1910 tot 1924 zeldzaam, behalve op bepaalde culturen met diepe wortelstelsels die voornamelijk werden gekweekt om een voorraad besmettelijk materiaal te leveren voor het testen van de ziekteresistentie van nieuwe soorten die met veredelingsmethoden werden verkregen. Slechte beluchting van de grond werkte ziekten op Pusa altijd in de hand. De eenheidssoorten van Lathyras sativus waren misschien wel het interessantste voorbeeld van het verband tussen bodemdoorluchting en insectenplagen. Deze soorten vielen in drie groepen uiteen: aan de oppervlakte wortelende soorten die altijd immuun zijn voor de groene vlieg; diep wortelende soorten die altijd zwaar geïnfecteerd zijn; soorten met een

tussenwortelsysteem die altijd matig geïnfecteerd zijn. Deze sets culturen werden jaar na jaar naast elkaar gekweekt in kleine langwerpige percelen van ongeveer 10 meter breed. De infectie met de groene vlieg herhaalde zich elk jaar en werd niet bepaald door de aanwezigheid van de parasiet, maar door de wortelontwikkeling van de gastheer. Het was duidelijk dat de gastheer in een bepaalde conditie moest zijn voordat infectie kon plaatsvinden. Het insect was dus niet de oorzaak maar het gevolg van iets anders.

Een van de gewassen die in Pusa werd bestudeerd was tabak. In het begin waren er veel misvormde planten -- waarvan inmiddels bewezen is dat ze te wijten zijn aan een virus, hun opwachting in mijn culturen. Toen zorg werd besteed aan de details van het kweken van tabakszaad, aan het opkweken van de zaailingen in de kwekerijen, aan het verplanten en aan algemeen bodembeheer, verdween deze virusziekte helemaal. De eerste drie jaar kwam het vaak voor, daarna werd het zeldzaam; tussen 1910 en 1924 heb ik nooit een enkel geval gezien. Er werd niets gedaan aan preventie behalve goede landbouwmethoden en het opbouwen van een vruchtbare bodem. Ik deed het destijds af als een van de vele meradennesten van de landbouwwetenschap -- dingen die niet echt bestaan.

Voor een periode van acht jaar kreeg ik de beschikking over een nevenexperimenteerstation op de lössgronden van de Quetta-vallei om de problemen van de fruitteelt en irrigatie te bestuderen. Tijdens de acht zomers die ik daar heb doorgebracht, heb ik geen enkele schimmelziekte van enig belang in het droge klimaat van de Quetta-vallei waargeno-

men. In de druiventuinen, die door de stamleden op de goed gedraineerde hellingen van de vallei werden gerund, heb ik nooit enige ziekte - insecten of schimmels - op de druiven of de wijnstokken waargenomen, hoewel ze op de bodem van diepe greppels werden geplant, tegen de aarden wallen omhoog mochten klimmen en vaak werden geïrrigeerd. Op het eerste gezicht leken alle voorwaarden voor meeldauw aanwezig te zijn, maar toch zag ik geen enkel spikkeltje. Drie gunstige factoren verklaarden waarschijnlijk dit resultaat. Het klimaat was buitengewoon droog, met veel luchtverplaatsing en een onbewolkte hemel; de grond waar de wortels van de wijnstok gebruik van maakten was open, goed gedraineerd en uitzonderlijk goed belucht; de enige mest die werd gebruikt was mest van de boerderij. **[151]** Groei, opbrengst, kwaliteit en weerstand tegen ziekten lieten niets te wensen over.

De belangrijkste plaag van fruitbomen in Quetta was de groene vlieg kort nadat de jonge bladeren verschenen. Deze kon naar believen worden geproduceerd of voorkomen door zorgvuldig aandacht te besteden aan de teelt en irrigatie. Elke ingreep in de beluchting van de grond veroorzaakte dit probleem; alles wat de beluchting van de grond bevorderde, voorkwam het. Ik veroorzaakte vaak een sterke aanval van de groene vlieg op perziken en amandelen door te veel te irrigeren in de winter en lente, en stopte het dan door diep te cultiveren. De jonge scheuten zaten onder de plaag, maar de bovenste delen van dezelfde scheuten waren volledig gezond. De groene vlieg verspreidde zich nooit van de onderste naar de bovenste bladeren van dezelfde twijg. De in-

heemse bevolking overwon de neiging van deze lössgronden om in te pakken onder irrigatie op een zeer eenvoudige manier. Luzerne werd altijd verbouwd in de fruitboomgaarden en regelmatig bijgemest met mest van de boerderij. Op deze manier werd de poreusheid van de grond behouden en de groene vlieg in toom gehouden.

Op het Institute of Plant Industry in Indore hebben zich in de acht jaar dat ik daar was slechts twee ziektegevallen voorgedaan. Het eerste geval deed zich voor op een klein veld met gram (Cicer arietinum), waarvan ongeveer tweederde in juli een paar dagen onder water stond, omdat een van de drainagekanalen die stormwater uit aangrenzende gebieden door het landgoed voerde, tijdelijk was stilgelegd. Er werd toen een kaart van het overstroomde gebied gemaakt. In oktober, ongeveer een maand na het zaaien, werd dit perceel zwaar aangetast door de gramrups, waarbij het door het insect geïnfecteerde gebied precies overeenkwam met het overstroomde gebied. De rest van het perceel ontsnapte aan de infectie en groeide normaal. Het insect verspreidde zich niet naar de andere 50 acres gram die dat jaar ernaast werd verbouwd. Een verandering in het voedsel van de rups was duidelijk teweeggebracht door de verandering in de bodemgesteldheid veroorzaakt door de tijdelijke overstroming. Het tweede geval van de ziekte deed zich voor in een perceel van san hennep (Crotalaria juncea L.) bedoeld voor groenbemesting, maar dit was niet ondergeploegd, maar werd gehouden voor zaad. Na de bloei werd het gewas verstikt door meeldauw; er werd geen zaad geoogst. Om een zaadgewas van san op de zwarte grond te produceren, is het nodig om

het land te bemesten met humus of mest van de boerderij.

Eén experiment met katoen kon helaas niet geregeld worden, ondanks al mijn inspanningen. In Indore was er een opmerkelijke afwezigheid van alle insecten- en schimmelziekten van katoen. Goed bodembeheer, gecombineerd met humusbemesting, leverde gewassen op die praktisch immuun waren voor alle plagen van katoen. Toen de kwestie van het beschermen van India tegen de verschillende katoenbollenwormen en bolletjeskevers uit Amerika werd besproken, bood ik aan om deze los te laten op mijn katoenteelt in Indore om (1) de vraag op te lossen of deze problemen in de VS te wijten waren aan het insect of aan de manier waarop de katoen werd geteeld en (2) om mijn landbouwmethoden te onderwerpen aan een cruciale test. Ik ben er vrij zeker van dat de insecten mijn katoenteelt zeer onverschillig zouden hebben gevonden. Mijn voorstel viel echter niet in goede aarde bij de entomologische adviseurs van het Indiase katoencomité en de zaak werd geseponeerd.

[152] In Quetta en Indore was er geen enkel geval van besmettelijke ziekte onder de ossen. De ziektevrije periode die in Pusa werd waargenomen, werd opnieuw ervaren in de nieuwe locaties -- de westelijke grens en Centraal-India.

In de loop van dit werk werd al snel ontdekt dat het belangrijkste bij de productie van gewassen een regelmatige toevoer is van goed gemaakte mest en dat het behoud van de vruchtbaarheid van de grond de basis is van gezondheid.

Zelfs op de proefstations was de aanvoer van mest altijd onvoldoende. Het probleem was hoe het te verhogen in een land waar een groot deel van de rundermest moet worden verbrand voor brandstof. De oplossing van dit probleem werd voorgesteld door de eeuwenoude praktijken van China. Het hield in dat onderzocht moest worden hoe dierlijk en plantaardig afval het beste omgezet kon worden in humus, zodat elk bedrijf in India zelfvoorzienend zou kunnen worden wat mest betreft. Een dergelijk probleem viel niet binnen mijn werkterrein - de verbetering van gewassen. Het vereiste natuurlijk veel chemisch werk onder mijn persoonlijke controle. De organisatie van het onderzoek in Pusa was geleidelijk aan meer rigide geworden; de oude speelruimte die in de vroege dagen bestond werd een herinnering. Die essentiële vrijheid, zonder welke geen vooruitgang mogelijk is, was geleidelijk vernietigd door de groei van een onderzoeksorganisatie gebaseerd op fragmenten van de wetenschap in plaats van op de praktische problemen die onderzocht moesten worden. Het instrument werd belangrijker dan het doel. Zulke organisaties kunnen alleen hun eigen ondergang bereiken. Dit was de reden waarom ik besloot Pusa te verlaten en een nieuw centrum te vinden waar ik vrij zou zijn om de glans ongehinderd en ongestoord te volgen. Na een vertraging van zes jaar, van 1918 tot 1924, werd het Indore Instituut opgericht. Na verloop van tijd werd een eenvoudige methode, bekend als het Indore Process, voor het composteren van plantaardig en dierlijk afval bedacht, getest en uitgeprobeerd op de 300 acres grond die het Insti-

tute of Plant Industry in Indore tot zijn beschikking had. In een paar jaar tijd werd de productie meer dan verdubbeld: de gewassen waren praktisch immuun voor ziekten.

Sinds 1931 zijn er stappen ondernomen om het Indore Process in een aantal landen in te voeren, vooral door de plantage-industrieën zoals koffie, thee, suiker, sisal, maïs, katoen, tabak en rubber. De verkregen resultaten zijn al besproken. In al deze proeven werd de omzetting van plantaardig en dierlijk afval in humus gevolgd door een duidelijke verbetering van de gezondheid van de gewassen en het vee. Mijn persoonlijke ervaring in India is over de hele wereld herhaald. Tegelijkertijd zijn er een aantal interessante problemen aan het licht gekomen. Eén voorbeeld volstaat. In Rhodesië beschermt humus het maïsgewas tegen de aanvallen van het heksenkruid (*Striga lutea)*. Is deze infestatie een gevolg van ondervoeding? Is immuniteit verleend door de oprichting van de mycorrhiza associatie? Antwoorden op deze vragen zou onze kennis en zou suggereren een aantal fascinerende problemen voor onderzoek.

DE MYCORRHIZA ASSOCIATIE EN ZIEKTE

Waarom is humus zo'n belangrijke factor in de gezondheid van het gewas? De mycorrhiza associatie geeft de aanwijzing. De stappen waarmee deze conclusie werd bereikt in het geval van thee zijn al vermeld.

Deze associatie is niet beperkt tot een bepaald bosgewas. Het komt voor bij de meeste, zo niet al onze gekweekte planten. In 1938 onderzochten Dr. Rayner en Dr. Levisohn

een groot aantal van mijn monsters en brachten hierover verslag uit -- rubber, koffie, cacao, vlinderbloemige schaduwbomen, groenbemestingsgewassen, kokosnoten, tung, kardemons, wijnstok, banaan, katoen, suikerriet, hop, aardbeien, bloembollen, grassen en klavers enzovoort. In al deze gewassen komt de mycorrhizale associatie voor. Het is waarschijnlijk universeel. We lijken te maken te hebben met een zeer opmerkelijk voorbeeld van symbiose waarbij bepaalde bodemschimmels de humus in de bodem rechtstreeks verbinden met de wortels van het gewas. Dit schimmelachtige weefsel kan maar liefst 10 procent van de stikstof in de vorm van eiwitten, die wordt verteerd in de actieve wortels en waarschijnlijk door de transpiratie stroom naar de zetel van de koolstof assimilatie in de groene bladeren.

De effectieve aanwezigheid ervan in de wortels van de plant wordt geassocieerd met gezondheid; de afwezigheid ervan wordt geassocieerd met verminderde weerstand tegen ziekten. Het is duidelijk dat de eerste stap in het onderzoek naar een plantenziekte in de toekomst zal zijn om te zien dat de grond vruchtbaar is en dat deze schimmelassociatie volledig in orde is. Als het zo belangrijk is als nu wordt gesuggereerd, zal er een duidelijke verbetering zijn in het gedrag van de gastheer zodra de vruchtbaarheid van de grond is hersteld. Als het geen belang heeft, zal een vruchtbare bodem geen verschil maken.

Ik heb onlangs bevestigende resultaten die bewijzen hoe belangrijk humus is in het helpen van een mycorrhiza- voormalige - de appel - te werpen ziekte. In 1935 begon ik met het herstel, door middel van humus, van mijn eigen tuin,

waarvan de grond volledig *versleten* was toen ik hem in de zomer van 1934 verwierf. De appelbomen werden letterlijk overspoeld door de Amerikaanse bacterievuur, de groene vlieg en fruitvernietigende rupsen zoals de fruitmot. De kwaliteit van het fruit was slecht. Er werd niets gedaan om deze plagen onder controle te krijgen behalve het geleidelijk opbouwen van het humusgehalte van de grond. In drie jaar verdwenen de parasieten; de bomen transformeerden; het gebladerte en het nieuwe hout laten nu niets meer te wensen over; de kwaliteit van het fruit is eersteklas. Deze bomen zullen nu gebruikt worden voor infectie-experimenten om vast te stellen of de vruchtbaarheid van de grond volledig hersteld is of niet. De reactie van de bomen op de verschillende appelplagen zal deze vraag beantwoorden. Geen bodemanalyse kan me zoveel vertellen als de bomen.

De betekenis van dit alles is duidelijk. De natuur heeft een geweldig mechanisme ontwikkeld om het gewas resistent te maken tegen ziekten. Deze machinerie is alleen actief in humusrijke grond; ze is inactief of afwezig in onvruchtbaar land en in soortgelijke gronden die bemest zijn met chemicaliën. De brandstof die nodig is om deze machine in beweging te houden is een regelmatige aanvoer van vers bereide humus, op de juiste manier aangemaakt. Vruchtbare bodems leveren dan gewassen op die resistent zijn tegen ziekten. Uitgesleten bodems, zelfs wanneer ze gestimuleerd worden met chemische mest, resulteren in producten die de hulp van insecticiden en fungiciden nodig hebben om überhaupt een oogst op te leveren. Dit zijn in grote lijnen de feiten.

[154] De volledige wetenschappelijke verklaring van de

werking van dit opmerkelijke voorbeeld van symbiose moet nog worden gegeven. Het lijkt erop dat de natuur ons in de mycorrhiza-associatie een mechanisme heeft gegeven dat veel belangrijker en universeler is dan de knobbeltjes op de wortels van de klaverfamilie. Het verzoent op een band wetenschap en de eeuwenlange ervaring van de bewerkers van de bodem als het hoogste belang van humus. Er is altijd een mentale terughoudendheid geweest aan de kant van de beste boeren wat betreft de waarde van kunstmest in vergelijking met ouderwetse stalmest. Het effect van de twee op de grond en het gewas is nooit helemaal hetzelfde. Bovendien groeit de overtuiging dat de toename van planten- en dierziekten op de een of andere manier verband houdt met het gebruik van kunstmest. In de oude tijd van gemengde landbouw was de sproeimachine onbekend en was de tol die werd geëist door problemen zoals mond- en klauwzeer onbeduidend vergeleken met wat het nu is. De aanwijzing voor al deze verschillen - de mycorrhizale associatie - was er altijd al. Het werd niet gerealiseerd, omdat de proefstations hebben blindelings volgde de mode die door Liebig en Rothamsted in het denken alleen van de bodem voedingsstoffen en zijn vergeten om te kijken naar de manier waarop de plant en de bodem in versnelling komen. Een poging is gedaan om de wetenschap toe te passen op een biologisch probleem door middel van een fragment van kennis alleen.

HET ONDERZOEK VAN MORGEN

De volgende stap in dit onderzoek is het testen van de deugdelijkheid van de naar voren gebrachte standpunten. Dit is

begonnen door ziek materiaal te composteren en vervolgens de humus te gebruiken om een ander gewas te verbouwen op hetzelfde land. Zieke tomaten zijn door een van de grote telers in het zuiden van Engeland omgezet in humus en de compost is gebruikt om een tweede gewas in dezelfde kassen te telen. Er trad geen infectie op.

Het definitieve bewijs dat insecten, schimmels, virussen enzovoort niet de oorzaak zijn van ziekten, wordt geleverd wanneer morgen de infectie-experimenten worden uitgevoerd. In plaats van deze proeven uit te voeren op planten en dieren die op de een of andere manier worden gekweekt, zal het experimentele materiaal bestaan uit planten en dieren die op de juiste manier worden geselecteerd, efficiënt worden beheerd en worden gevoed door of op de producten van een vruchtbare bodem. Dergelijke planten kunnen zonder schade besproeid worden met actief schimmel- en insectenmateriaal. Onder dergelijke veestapels kunnen gevallen van mond- en klauwzeer worden geïntroduceerd zonder enig gevaar voor ernstige infectie. De besmette dieren zullen zelf herstellen. Wanneer een brutale vernieuwer van het type Hosier, die geen belang heeft bij het behoud van de bestaande onderzoeksstructuur, zulke experimenten uitvoert, zal het enorme weefsel van ziektebestrijding dat in landen als Groot-Brittannië is opgebouwd, uiteindelijk instorten. Boeren zullen zich bevrijden uit de slavernij die gecreëerd is door de angst voor de parasiet. Er zal nog een stap voorwaarts worden gezet die niet stopt bij de landbouw.

Mijn zelfopgelegde taak nadert zijn voltooiing. Veertig jaar lang heb ik de principes die ten grondslag liggen aan de be-

handeling van planten- en dierenziekten en de praktijk die op deze principes is gebaseerd, tot in detail bestudeerd. Nu rest mij nog deze ervaring samen te vatten en suggesties te doen voor de toekomst.

Er kan geen twijfel over bestaan dat het werk aan de gang op ziekte op de experimentele stations is een gigantische en dure mislukking, dat de voortzetting ervan op de huidige lijnen kan ons nergens en dat stappen moeten worden genomen onverwijld om het te plaatsen op gezondere lijnen.

De oorzaak van deze mislukking is niet ver te zoeken. De onderzoeken zijn uitgevoerd door specialisten. De problemen van de ziekte zijn niet bestudeerd als een geheel, maar zijn gescheiden van de praktijk, opgesplitst, departementaal en beperkt tot de deskundigen het meest vertrouwd met het specifieke fragment van de wetenschap die zich bezighoudt met een organisme geassocieerd met de ziekte.

Deze specialistische aanpak is gedoemd te mislukken. Dit is duidelijk als we kijken naar: (1) het echte probleem - hoe gezonde gewassen te telen en hoe gezonde dieren groot te brengen, en (2) de aard van de ziekte - de ineenstorting van een complex biologisch systeem, dat ook de grond in relatie tot de plant en het dier omvat. Het probleem moet landbouw als kunst omvatten. De onderzoeker moet daarom zowel een boer als een wetenschapper zijn, en moet tegelijkertijd alle betrokken factoren in gedachten houden. Bovenal moet hij op zijn hoede zijn om zijn leven niet te verspillen aan het bestuderen van het nest van een merrie: het behandelen van een onderwerp dat zijn bestaan dankt aan slechte landbouw die zal verdwijnen zodra er goede methoden van veehoude-

rij worden toegepast.

De problemen die ontstaan doordat het gewas en het dier zich terugtrekken voor de parasiet en de conventionele methoden om deze kwesties te onderzoeken, zijn duidelijk niet met elkaar in verhouding. Hieruit volgt dat een onderzoeksorganisatie die de richting is kwijtgeraakt en heeft toegestaan dat een dergelijke toestand is ontstaan en zich heeft ontwikkeld, zelf aan revisie toe is. Deze taak is ondernomen; de bestaande structuur van het landbouwonderzoek is aan een kritisch onderzoek onderworpen; de resultaten worden uiteengezet in hoofdstuk 13.

[157]

HOOFDSTUK – 12

BODEMVRUCHTBAARHEID EN NATIONALE GEZONDHEID

In het vorige hoofdstuk werd de terugtrekking van het gewas en het dier voor de parasiet besproken. Ziekte werd beschouwd als oordeel van de natuur op systemen van de landbouw waarin de bodem wordt beroofd van haar manurial rechten. Wanneer de humusvoorraad wordt opgebruikt en niet wordt aangevuld, houden zowel gewassen als dieren eerst op te gedijen en vallen dan vaak ten prooi aan ziekten. Met andere woorden, een van de hoofdoorzaken van ziekte op de boerderij is slecht bodembeheer.

Welk effect hebben de producten van een verarmde bodem op de mannen en vrouwen die ze moeten consumeren? Dit is het thema van dit hoofdstuk. Het wordt besproken, niet op basis van volledige resultaten, maar vanuit het oogpunt van een veelbelovende hypothese voor toekomstig werk. Een andere presentatie is niet mogelijk vanwege de schaarste, op dit moment, aan direct bewijs en de natuurlijke moeilijkheden van het onderwerp.

In het geval van gewassen en vee zijn experimenten eenvoudig. De onderzoeker wordt op geen enkele manier belemmerd; hij heeft volledige controle over zijn materiaal en

vrijheid bij het experimenteren. Op mensen kan hij niet op dezelfde manier experimenteren. De enige onderwerpen die denkbaar zou kunnen worden gebruikt voor voeding experimenten op conventionele lijnen zijn te vinden in concentratiekampen, in veroordeelde gevangenissen, en in gestichten. Bezwaren tegen het gebruik van hen voor dergelijke doeleinden zou vrijwel zeker worden opgeworpen. Zelfs als dat niet zo was, zou de onderzoeker te maken hebben met het leven in gevangenschap en met abnormale omstandigheden. De verkregen resultaten zouden niet noodzakelijk van toepassing zijn op de bevolking als geheel.

Misschien wel de belangrijkste moeilijkheid op dit moment in het volgen van de mogelijke samenhang tussen de producten van een vruchtbare bodem en de gezondheid van de mensen die om het te consumeren, is het verkrijgen van goed bewerkte land regelmatige leveringen van dergelijke producten in een perfect verse staat. Behalve in een paar gevallen, wordt voedsel niet op de markt gebracht op basis van de manier waarop het is geteeld. De koper weet niet hoe het bemest is. De enige manier om aan geschikt materiaal te komen is voor de onderzoeker om een stuk land in bezit te nemen en het voedsel zelf te verbouwen. **[158]** Dit is, voor zover ik weet, nog niet gedaan. Deze omissie verklaart de schaarste van directe resultaten en waarom zo weinig echte vooruitgang is geboekt in de menselijke voeding. Het grootste deel van het werk van het verleden is gebaseerd op het gebruik van voedsel materiaal zeer onverschillig geteeld. Bovendien is geen bijzondere zorg is genomen om te zien dat het voedsel is vers gegeten van de bron. Dergelijke on-

derzoeken kunnen daarom geen solide basis hebben.

Afgezien van het bewijs dat kan worden verzameld uit voeding experimenten, is er iets te leren over de gezondheid van de landbouw zelf? Kan het Oosten, die, lang voordat het Romeinse Rijk begon of Amerika werd ontdekt, had al de systemen van goede landbouw die in volle gang van vandaag, enig licht werpen op de relatie tussen een vruchtbare bodem en een gezonde bevolking? Het is bekend dat zowel China als India grote gebieden met goed bewerkte grond kunnen laten zien, die eeuwenlang zeer grote bevolkingen hebben gedragen. Helaas maken twee factoren - overbevolking en periodieke misoogsten door onregelmatige regenval - het bijna onmogelijk om algemene lessen te trekken uit deze landen. De bevolking, in de massa gezien, herstelt altijd van de ene catastrofe na de andere. Overbevolking introduceert een storende factor -- langdurige semi-hongersnood -- die zo krachtig is in zijn effecten op het ras en op het individu dat alle voordelen die voortkomen uit een vruchtbare bodem volledig worden overschaduwd.

Wanneer we echter de bevolking van de verschillende delen van India bekijken, worden er zeer suggestieve verschillen onthuld tussen de rassen die samen de 350 miljoen inwoners vormen. De lichaamsbouw van het noordelijke gebied is opvallend superieur aan die van de zuidelijke, oostelijke en westelijke gebieden. We danken het onderzoek naar de oorzaken van deze verschillen aan McCarrison, die vond dat ze overeenkwamen met het geconsumeerde voedsel. Er is een geleidelijk afnemende waarde in het voedsel van het noorden naar het oosten, zuiden en westen met betrekking tot de

hoeveelheid en de kwaliteit van de eiwitten, de kwaliteit van de granen die het hoofdvoedsel artikel van het dieet, de hoeveelheid en de kwaliteit van de vetten, de minerale en vitamine-inhoud, evenals in het evenwicht van het voedsel als geheel.

Over het algemeen de mensen van Noord-India, waaronder enkele van de mooiste rassen van de mensheid, zijn tarwe eters, de tarwe wordt geconsumeerd in de vorm van dunne, platte koeken gemaakt van meel, grof, maar vers gemalen in een quern. Alle eiwitten, vitaminen en minerale zouten in het graan worden geconsumeerd. Het tweede belangrijkste artikel van het dieet is verse melk en melkproducten -- geklaarde – gekarnde ? – boter, wrongel – kaasachtig – en karnemelk – restant na boter karnen – ; het derde artikel is het zaad van peulgewassen; het vierde groenten en fruit. Vlees wordt over het algemeen heel weinig gegeten, behalve door de Pathanen.

Ga nu naar de andere delen van India, oost, west en zuid, waar de rijstvelden het basisvoedsel leveren. Dit graan - op zijn best een relatief arm graan - wordt voorgekookt, gemalen of gepolijst, gewassen in veel water en uiteindelijk gekookt. Hierdoor wordt een groot deel van de eiwitten en minerale zouten en bijna alle vitamines onttrokken. Daarnaast wordt er heel weinig melk of melkproducten geconsumeerd, terwijl het eiwitgehalte van het dieet laag is, zowel in hoeveelheid als in kwaliteit. Groenten en fruit worden slechts spaarzaam gegeten. Het zijn deze tekortkomingen in hun voeding die de slechte lichaamsbouw van de mensen in de rijstgebieden verklaren.

[159] Om te bewijzen dat deze lichamelijke verschillen te

wijten waren aan voedsel, voerde McCarrison experimenten uit op jonge opgroeiende ratten. Wanneer jonge opgroeiende ratten van gezonde voorraad werden gevoed met diëten vergelijkbaar met die van de rassen van Noord-India, de gezondheid en de lichaamsbouw van de ratten waren goed, toen ze werden gevoed met de diëten in zwang in de rijst gebieden, de gezondheid en de lichaamsbouw van de ratten waren slecht, toen ze werden gevoed met de diëten van rassen met een middelmatige lichaamsbouw, de gezondheid en de lichaamsbouw van de ratten waren middelmatig. Voor het overige leidde een goed of slecht dieet tot een goede of slechte gezondheid en lichaamsbouw.

Wanneer de gezondheid en lichaamsbouw van de verschillende Noord-Indiase rassen werden bestudeerd in detail de beste waren die van de Hunza's, een winterharde, lenige en krachtige mensen, die in een van de hoge bergdalen van de Gilgit Agentschap, waar een oud systeem van geïrrigeerde terrassen is gehandhaafd voor duizenden jaren in een hoge staat van vruchtbaarheid. Er is weinig of geen verschil tussen het voedsel dat deze bergbewoners eten en dat van de rest van Noord-India. Er is echter wel een groot verschil in de manier waarop dit voedsel wordt verbouwd. De totale oppervlakte van de geïrrigeerde terrassen van de Hunza's is klein; hun constructie zorgt voor een goede beluchting van de grond; het irrigatiewater voegt jaarlijks fijn slib toe dat door de naburige gletsjer wordt geproduceerd; er wordt de grootste zorg besteed aan het terugbrengen in de grond van alle menselijke, dierlijke en plantaardige afval nadat het eerst samen is gecomposteerd. Land is beperkt: het leven

hangt af van de manier waarop het wordt verzorgd. Een perfecte landbouw, waarin alle factoren samenkomen om voedsel van hoge kwaliteit te produceren, is het natuurlijke resultaat.

Maar hoe zit het met de mensen die van deze producten leven? In The Wheel of Health heeft Wrench alle beschikbare informatie verzameld en de nadruk gelegd op hun wonderbaarlijke beweeglijkheid en uithoudingsvermogen, goede humeur en vrolijkheid. Deze mannen piekeren er niet over om de 60 mijl naar Gilgit in één ruk te voet af te leggen, hun zaken te doen en dan terug te keren.

Er is één punt over de Hunza-landbouw dat nader onderzoek behoeft. De trapcultuur van deze bergbewoners wordt jaarlijks bedekt met vers steenpoeder, dat wordt geproduceerd door het slijpen van het gletsjerijs op de rotsen en met het irrigatiewater naar de velden wordt vervoerd. Hebben de bodem en de plant baat bij deze jaarlijkse toevoegingen van fijn verdeeld materiaal? We kennen de samenstelling van dit slib niet. Als het fijn verdeelde kalksteen bevat, is de waarde ervan duidelijk. Als het voor het grootste deel uit gemalen silicaten bestaat, moet de mogelijke betekenis ervan nog worden onderzocht. Moeten de minerale resten in de bodem net als humus worden vernieuwd? Zo ja, dan heeft de natuur ons een kant-en-klaar proefstation gegeven met resultaten die niet kunnen worden verwaarloosd. Misschien zal in de komende jaren een door de hemel gezonden onderzoeker van het type Charles Darwin zich ter plekke grondig in deze Hunza-kwestie verdiepen en duidelijk alle factoren uiteenzetten waarvan hun landbouw en hun wonderbaarlijke ge-

zondheid afhangen.

Een studie van de rassen van India en van hun dieet, in combinatie met het experimentele werk op ratten uitgevoerd door McCarrison, laat er geen twijfel over bestaan dat de grootste factor in de productie van een goede gezondheid is de juiste soort voedsel en de grootste factor in de productie van een slechte gezondheid is de verkeerde soort voedsel. **[160]** Verder is de zeer opmerkelijke gezondheid en lichaamsbouw genoten door de Hunza heuvelen lijkt te wijten zijn aan de efficiëntie van hun oude systeem van de landbouw.
Deze resultaten suggereren dat de bevolking van Groot-Brittannië moet worden bestudeerd en de efficiëntie van onze voedselvoorziening onderzocht. Als de lichaamsbouw en de gezondheid van een natie uiteindelijk afhankelijk van de verse producten van goed bewerkte land, als slechte landbouw is een factor in de productie van een slechte lichaamsbouw en een slechte gezondheid, moeten we over het verbeteren van onze landbouw onverwijld.

Twee zeer verschillende methoden zijn onlangs gebruikt voor het testen van de efficiëntie van de voedselvoorziening van dit land. In het eerste geval (Cheshire) de bevolking van een hele provincie, die zowel landelijke als stedelijke gebieden omvat, is bestudeerd in de massa voor een periode van vijfentwintig jaar en de algemene resultaten zijn opgenomen. In het tweede geval (Peckham) een aantal gezinnen zijn periodiek onderzocht met het oog op licht werpen op de algemene gezondheid en efficiëntie van een groep van relatief welgestelde werknemers in een stad als Londen.

De methoden die in de studie van de bevolking van Cheshire en in de publicatie van de resultaten zijn zeer origineel. Ongeveer vijfentwintig jaar geleden, de National Health Insurance Act voor de preventie en genezing van ziekte van kracht werd. Deze maatregel heeft de bevolking een kwart eeuw lang onder nauw medisch toezicht geplaatst. Als de ervaringen van de Panel en huisartsen van de provincie samengevoegd konden worden, zou er waardevolle informatie beschikbaar zijn over de algemene gezondheid van de gemeenschap. Dit is bereikt. De lokale medische en Panel Comite van Cheshire, die in contact staat met de 600 huisartsen van het graafschap, heeft zijn ervaring in de vorm van een medisch testament. Ze vinden het mogelijk om duidelijke vooruitgang te melden in de 'Cure of Sickness' - het tweede deel van de doelstelling die door de National Health Insurance Act. Het lijdt geen twijfel dat we hebben geleerd om 'de dood uit te stellen' en dit is des te opmerkelijker gezien de toename van ziekte, kortom het falen van het eerste deel van de doelstelling van de wet. Wat dit laatste betreft is er geen ruimte voor zelfgenoegzaamheid.

"Ons dagelijks werk brengt ons herhaaldelijk op hetzelfde punt - deze ziekte het gevolg is van een leven lang verkeerde voeding. Zij onderzoeken dan de gevolgen van verkeerde voeding onder vier hoofden - slechte tanden, rachitis, bloedarmoede en constipatie - en geven aan hoe al deze en veel andere problemen kunnen worden voorkomen door juiste voeding. Bijvoorbeeld, in het omgaan met de slechte tanden van het Engels kinderen een aantal opvallende feiten worden benadrukt. In 1936 van de 3,463,948 onderzochte

schoolkinderen, niet minder dan 2,425,299 nodig tandheelkundige behandeling. Dat dit verwijt kan worden verwijderd is aangetoond door Tristan da Cunha, waar de bevolking wordt gevoed met de verse producten van de zee en de bodem - vis, aardappelen en zeevogels 'eieren zijn het hoofdvoedsel met voldoende melk en boter, vlees af en toe en een aantal groenten - alle op natuurlijke wijze opgegroeid zonder de hulp van kunstmatige mest en gif sprays. In 1932 hadden 156 onderzochte personen 3.181 blijvende tanden waarvan er 74 carieus waren. Geïmporteerd meel en suiker zijn de laatste tijd in grotere mate ingevoerd, wat de neiging van de tanden om achteruit te gaan, waargenomen in 1937, kan verklaren.

[161] De *Verhaal* gaat dan naar verslag van het werk van McCarrison (hierboven genoemd) 'waarvan de experimenten bieden overtuigend bewijs van de effecten van voedsel en begeleiding bij de toepassing van de verworven kennis'. Dit is toegepast in de lokale praktijk in Cheshire en de resultaten zijn verbazingwekkend. Twee voorbeelden zullen volstaan.

1. In een Cheshire dorp de voeding van aanstaande moeders wordt begeleid door de lokale arts een keer per maand. Het voedsel van de moeder is volkoren brood, rauwe melk, boter, Cheshire kaas, havermout pap, eieren, bouillon, salades in overvloed, groene bladgroenten, lever en vis wekelijks, fruit in overvloed en een beetje vlees. Het volkorenbrood wordt gemaakt van een mengsel van twee delen lokaal geteelde tarwe, verpulverd door een stalen walsen die 2500 keer per minuut ronddraait, en een deel rauwe tarwekiemen (vers van de walsen van een Liver-

poolse molen).

Het meel wordt binnen maximaal zesendertig uur gebakken - een punt waar streng op moet worden aangedrongen - en er wordt een tamelijk dicht maar zeer smakelijk brood verkregen. Op enkele uitzonderingen na voeden de moeders hun baby's aan de borst -- negen maanden wordt geadviseerd en dan heel langzaam spenen eindigend bij ongeveer een jaar. De voeding van de zogende moeder gaat door zoals tijdens de zwangerschap; de baby's worden vijf keer per dag gevoed met tussenpozen van vier uur, te beginnen om 6 uur 's ochtends. De kinderen zijn prachtig; perfecte tanden komen nu vaker voor; ze slapen goed; longaandoeningen zijn bijna onbekend; een van hun opvallendste kenmerken is hun goede humeur en vrolijkheid. Het zijn stevig gebouwde, mooi gevilde, normale kinderen. Dit was geen wetenschappelijk experiment. Het maakte deel uit van het werk van de familiepraktijk. Het menselijk materiaal was volledig ongeselecteerd en het voedsel was niet speciaal gekweekt, maar dat, ondanks deze onvolkomenheden, de praktische toepassing van McCarrison's werk moet opleveren herkenbare resultaten blijkt dat in een enkele generatie verbetering van het ras kan worden bereikt.

2. Een jonge Ier van 23 jaar, met een lichaamsbouw en een alertheid van geest en lichaam was het een genot om te zien, bleek te lijden aan catarrale geelzucht na twee maanden verblijf in Engeland, waar hij had geleefd op een dieet meestal samengesteld uit spek, wit brood, vlees sandwiches en thee, met een beetje vlees en een ei af en toe. In Ierland had zijn voedsel bestond uit de verse natuurlijke producten van de bodem - aardappelen, pap, melk en

melkproducten, bouillon (gemaakt van groenten) en af en toe vlees, eieren en vis. De overgang naar een dieet van wit brood en verfijnd voedsel werd in een keer gevolgd door ziekte. Dit geval laat zien hoe snel een goede gezondheid verloren kan gaan door verkeerde voeding.

Het *Verslag* verlaat dan de zuiver medische domein en gaat over dat principe of kwaliteit in de gevarieerde diëten die hetzelfde resultaat produceert - gezondheid en vrijheid van ziekte (zoals de Esquimaux op vlees, lever, (walvis)*blubber,* en vis, de Hunza's en Sikhs op tarwe chappattis, fruit, melk, gekiemde peulvruchten en een beetje vlees, de eilandbewoners van Tristan op aardappelen, zeevogels 'eieren, vis en kool). In al deze gevallen hebben de diëten één ding gemeen: het voedsel is vers en weinig veranderd door bereiding. De oogst van de zee is een natuurlijk product. Wanneer het voedsel gebaseerd is op landbouw, is de natuurlijke cyclus van grond naar plant, dier en mens compleet zonder tussenkomst van een chemische of substitutiefase. Met andere woorden, wanneer de natuurlijke producten van de zee en de bodem aan de aandacht van de landbouwwetenschap en de verschillende voedselconserveringsprocessen zijn ontsnapt, lijkt het erop dat gezondheid het resultaat is en dat er een duidelijke afwezigheid van ziekten is.

[162] Het laatste deel van het Medisch *verslag* – Testament – gaat over mijn eigen werk op het verband tussen een vruchtbare bodem en gezonde planten en dieren, met de middelen waarmee de bodemvruchtbaarheid kan worden hersteld en onderhouden, met een aantal voorbeelden waarin dit is ge-

daan. Deze zijn al beschreven en hoeven niet herhaald te worden.
Dit opmerkelijke document wordt afgesloten met de volgende woorden:

> 'De betere bemesting van het eigen land, om zo een ruime opeenvolging van verse voedselgewassen te brengen op de tafels van onze mensen, het stoppen van de huidige uitputting van de bodem en het herstel en het permanent behoud van de vruchtbaarheid ervan gaat ons zeer nauw. Voor voeding en de kwaliteit van voedsel zijn de belangrijkste factoren in fitness. Geen gezondheid campagne kan slagen, tenzij de materialen waarvan de lichamen zijn gebouwd zijn gezond. Op dit moment zijn ze niet.
>
> 'Waarschijnlijk hal ons werk wordt verspild', omdat onze patiënten zijn zo gevoed vanaf de wieg, ja voordat de wieg, dat ze bepaalde bijdragen aan een C3 natie. Zelfs ons land mensen delen het witte brood, ingeblikte zalm, gedroogde melk regime. Tegen deze de inspanningen van de arts lijken op die van Sisiphus.
>
> Dit is ons medisch testament, gegeven aan allen die het aangaat - en wie niet?'

Het *verslag* werd op 22 maart 1939 door de luitenant van Cheshire, Sir William Bromley-Davenport, voorgelegd aan een openbare vergadering in Crewe en unaniem aangenomen. Meer dan vijfhonderd personen die de activiteiten van het graafschap Cheshire vertegenwoordigden, waren aanwezig. Het Medisch Testament werd volledig gepubliceerd in het nummer van het *British Medical Journal* van 15 april

1939. Het werd breed uitgemeten in de pers in het hele Rijk.

De ervaring van de artsen in Cheshire wordt ondersteund door het werk van de artsen Williamson en Pearse in het Peckham Health Centre in Zuid-Londen. In verband met de studie van gezinnen waarvan het gemiddelde loon tussen de £3.15s. en £4.10s. per week ligt, zijn er ongeveer 20.000 medische onderzoeken geregistreerd. De resultaten zijn onlangs in boekvorm gepubliceerd onder de titel *Biologists in Search of Material* (Faber & Faber). Het bleek dat niet minder dan 83 procent van de ogenschijnlijk normale mensen iets mankeerde, variërend van een kleine onaangepastheid tot een beginnende ziekte. Een van de belangrijkste bijdragen van deze pioniers uit Peckham was het blootleggen van het begin van een C3-populatie. De volgende stap zal zijn om te zien in hoeverre deze vroege symptomen van problemen kan worden verwijderd door vers voedsel geteeld op vruchtbare grond. Hiervoor moet het Centrum hebben: (1) een groot gebied van de eigen grond waarop groenten, melk en vlees kan worden verhoogd, en (2) een molen en bakkerij waarin volkoren brood, geproduceerd op Cheshire lijnen uit het Engels tarwe geteeld op vruchtbare grond, kan worden bereid. **[163]** Op deze manier kan een grote hoeveelheid voedsel worden verkregen dat lijkt op dat van de Hunza-heuvelen. De medische dossiers van de gezinnen die deze producten te consumeren, na de overgang van de ingeblikte spullen van de winkels en de semi-karkas van de koelhuizen is gemaakt, zal vormen interessante lectuur.

De gezondheid van onze bevolking is bestudeerd door deze twee zeer verschillende methoden. Beide leiden tot dezelfde

conclusie, namelijk dat alles niet goed is: dat er een enorme hoeveelheid van de ongeschiktheid, inefficiëntie, en de werkelijke ziekte. De Medical Testament moedig suggereert dat gebrek aan versheid in het voedsel en onjuiste methoden van de landbouw aan de wortel van het onheil. Dit biedt een stimulerende hypothese voor toekomstig werk. Een zaak voor actie is vastgesteld. De basis van de volksgezondheid van de toekomst is voorzien.

Een bepaalde hoeveelheid ondersteunend bewijs is al beschikbaar. Twee recente voorbeelden kunnen worden aangehaald, de eerste te maken met vee, de tweede met schooljongens.

Op Marden Park in Surrey, heeft Sir Bernard Greenwell ontdekt dat een overgang naar een rantsoen van verse zelf geteelde voedsel (opgevoed op grond bemest met humus) gevoed aan pluimvee en varkens is gevolgd door drie belangrijke resultaten: (1) de kindersterfte is in alle opzichten verdwenen, (2) de algemene gezondheid en het welzijn van de levende have is duidelijk verbeterd, (3) een vermindering van ongeveer 10 procent. in het rantsoen is verkregen, omdat deze zelf geteelde producten een extra bevredigende kracht bezit.

Op een grote voorbereidende school in de buurt van Londen, waar zowel kostgangers als dagjongens worden opgevoed, ging de overschakeling van met kunstmest geteelde groenten naar producten die op hetzelfde land met Indore compost werden geteeld, gepaard met resultaten die van aanzienlijk belang waren voor de ouders en de medische wereld. Vroeger, in de tijd dat kunstmest werd gebruikt, lie-

pen er gevallen van verkoudheid, mazelen en roodvonk door de school. Nu blijven ze meestal beperkt tot een enkel geval dat van buiten wordt geïmporteerd. Verder zijn de smaak en kwaliteit van de groenten duidelijk verbeterd sinds ze met humus worden gekweekt.

Er is nog veel meer werk nodig op dit gebied. In heel Groot-Brittannië en Noord-Ierland moet gezocht worden naar woongemeenschappen zoals kostscholen, opleidingscentra, het personeel van ziekenhuizen en herstellingsoorden die aan de volgende vier voorwaarden voldoen: (1) de controle over voldoende vruchtbare en goed bewerkte grond voor het verbouwen van de groenten, fruit, melk en melkproducten, en vlees die de bewoners nodig hebben; (2) een molen en bakkerij voor het produceren van volkoren brood met de nieuwe Cambridge tarwe geteeld op vruchtbare grond zonder de hulp van kunstmest; (3) het medisch toezicht op de gemeenschap door een zorgvuldig gekozen leerling van de preventieve geneeskunde; (4) een man of vrouw aan het hoofd die zeer geïnteresseerd is in het testen van de bevindingen van het Medisch Testament en die bereid is om eventuele moeilijkheden te overwinnen. Over een paar jaar is het meer dan waarschijnlijk dat er eilanden van gezondheid zullen ontstaan in een oceaan van ziekte. Er zullen geen controles nodig zijn - deze zullen worden geleverd door het platteland rondom. **[164]** Uitgebreide statistieken zullen overbodig zijn als de verbeterde gezondheid van deze gemeenschappen zal spreken voor zich en zal geen steun nodig van nummers, tabellen, krommen, en de hogere wiskunde. Moeder aarde zal in de verschijning van haar kinderen alles leve-

ren wat nodig is. De materialen voor Medisch Testament nr. 2 zullen dan beschikbaar zijn. Cheshire zal ongetwijfeld opnieuw het voortouw nemen en een tweede mijlpaal leveren op de lange weg die moet worden afgelegd voordat deze aarde klaar kan worden gemaakt om haar kinderen te ontvangen.

Onderzoek kan hierbij helpen. Medisch onderzoek moet worden afgebogen van de steriele woestijn van ziekte aan de studie van de gezondheid - aan de mens in relatie tot zijn omgeving. Landbouw onderzoek, na reorganisatie op de lijnen voorgesteld in het volgende hoofdstuk, moet opnieuw beginnen vanaf een nieuwe basislijn - bodemvruchtbaarheid - en zo de grondstof voor de voedingswaarde studies van de toekomst - verse producten uit vruchtbare bodem. De agrarische hogescholen met hun boerderijen moeten besteden een deel van hun middelen om zichzelf te voeden, en zo aan te tonen wat de producten van goed bewerkte grond kan bereiken. Ze moeten streven naar gelijke en dan te overtreffen wat een stam van Noord-India al heeft bereikt.

[166]

DEEL IV

LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK

[166]

HOOFDSTUK – 13

KRITIEK OP HET HUIDIGE LANDBOUWONDERZOEK

Een WANT van relatie tussen de conventionele methoden van onderzoek en de aard van de ziekte in planten en dieren is aangetoond te bestaan. Het enorme weefsel van agrarisch onderzoek moet nu worden onderzocht om te bepalen of effectief contact is onderhouden met de problemen van de landbouw. Dit is het thema van dit hoofdstuk.

De toepassing van wetenschap op de landbouw is een relatief moderne ontwikkeling, die begon in 1834 toen Boussingault de basis legde voor de landbouwchemie. Voorheen waren alle verbeteringen in de landbouw het resultaat van het werk van een paar uitzonderlijke mannen, wier innovaties vervolgens werden gekopieerd door hun buren. Vooruitgang vond plaats door imitatie. Na 1834 werd de wetenschappelijke onderzoeker een ontdekkingsfactor. De eerste opmerkelijke vooruitgang door deze nieuwe instantie vond plaats in 1840, toen Liebigs klassieke monografie over landbouwchemie verscheen. Dit trok meteen de aandacht van landbouwers. Liebig was een grote persoonlijkheid, een geniale onderzoeker begiftigd met verbeeldingskracht, initia-

tief en leiderschap en hij was uitzonderlijk goed gekwalificeerd voor de wetenschappelijke kant van zijn taak -- de toepassing van scheikunde op de landbouw. Hij ontdekte al snel twee belangrijke dingen: (1) dat de as van planten nuttige informatie gaf over de behoeften van gewassen en (2) dat een waterig extract van humus weinig of geen residu gaf bij verdamping. Aangezien de koolstof van de plant uit de atmosfeer werd verkregen door assimilatie in het groene blad, leek alles te wijzen op het grote belang van de bodem en de bodemoplossing bij het telen van gewassen. Het was alleen nodig om de as van planten te analyseren, dan de bodem, en om toe te passen op de laatste de nodige zouten om volledige gewassen te verkrijgen. **[167]** Om het nieuwe gezichtspunt te vestigen, moest de humustheorie, die toen de bovenhand voerde worden afgebroken. Volgens deze theorie voedde de plant zich met humus. Liebig geloofde dat hij had aangetoond dat deze opvatting onhoudbaar was; humus was onoplosbaar in water en kon daarom de bodemoplossing niet beïnvloeden.

In dit alles volgde hij de wetenschap van het moment. In zijn aanval op de humustheorie was hij zo zeker van zijn zaak dat hij de natuur niet inschakelde om zijn conclusies te verifiëren. Het kwam niet bij hem op dat de humustheorie, zoals die toen werd uitgedrukt, fout kon zijn, maar dat humus zelf goed kon zijn. Net als zo veel van zijn discipelen in de jaren die volgden, verzuimde hij belang te hechten aan het feit dat de bovengrond altijd zeer actieve humus bevat, en zag niet in dat kritische veldexperimenten, bedoeld om uit te vinden of chemische meststoffen voldoende waren om

alle behoeften van gewassen te voorzien, altijd moeten worden gedaan op de ondergrond, na het verwijderen van de bovenste 9 inches of zo. Als dit niet geregeld is, kan de opbrengst van een gewas beïnvloed worden door de humus die zich al in de grond bevindt. Het niet waarnemen van dit voor de hand liggende feit is de belangrijkste reden waarom Liebig en zijn discipelen op een dwaalspoor raakten.

Hij realiseerde zich ook niet het grote belang voor de onderzoeker van kennis uit de eerste hand van de praktische landbouw en de betekenis van de ervaringen uit het verleden van de grondbewerkers. Hij was alleen gekwalificeerd voor zijn taak aan de wetenschappelijke kant; hij was geen boer; als onderzoeker van de oude kunst van de landbouw was hij maar een halve man. Hij was niet in staat om zijn probleem vanuit twee zeer verschillende gezichtspunten op één en hetzelfde moment te bekijken -- het wetenschappelijke en het praktische. Zijn falen heeft een schaduw geworpen op veel van het wetenschappelijk onderzoek van de volgende honderd jaar. Rothamsted, dat in 1843 van start ging, werd diepgaand beïnvloed door de traditie van Liebig. De beroemde experimenten op Broadbalk Field vielen in de smaak bij de landbouwers. Ze waren zo veelzeggend, zo systematisch, zo spectaculair dat ze de mode bepaalden tot het einde van de vorige eeuw, toen het grote tijdperk van de landbouwchemie begon af te takelen. Tijdens deze periode (1840-1900) was landbouwwetenschap een tak van de chemie; het gebruik van kunstmest werd stevig verankerd in het werk en de vooruitzichten van de proefstations; het grote belang van stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in de bodemoplossing

werd vastgesteld; wat kort kan worden omschreven als de NPK-mentaliteit was geboren.

De proeven met chemische mest brachten de onderzoekers echter van het laboratorium naar het land; ze kwamen veelvuldig in contact met de praktijk; hun blik en ervaring werden geleidelijk breder. Een van de resultaten was de ontdekking van de beperkingen van de chemische wetenschap; de tekortkomingen van de grond, gesuggereerd door de chemische analyse, werden niet altijd aangevuld door de toevoeging van de juiste kunstmest; de problemen van de gewasproductie konden niet alleen door de chemie worden aangepakt. De fysieke textuur van de bodem begon in beschouwing genomen te worden; het pionierswerk van Hilgard en King in Amerika leidde tot de ontwikkeling van een nieuwe tak van het onderwerp -- *bodemfysica* -- die nog steeds onderzocht wordt. Pasteur's werk over fermentatie en aanverwante onderwerpen, door de aandacht te vestigen op het feit dat de bodem bewoond wordt door bacteriën en andere levensvormen, onthulde een nieuwe wereld. Een opmerkelijke opheldering van het complexe leven van de bodem werd bijgedragen door Charles Darwin's fascinerende verslag van de regenworm. De organismen die betrokken zijn bij de nitrificatie van organisch materiaal werden ontdekt door Winogradsky en de voorwaarden die nodig zijn voor hun activiteit in zuivere culturen werden vastgesteld. Een andere tak van landbouwwetenschap -- *de bodembacteriologie* -- ontstond. **[168]** Terwijl de biologie en fysica van de bodem werden bestudeerd, ontstond er in Rusland een nieuwe school voor bodemkunde. Bodems begonnen te worden beschouwd als

onafhankelijke natuurlijke groeisels: ze hadden vorm en structuur die het gevolg waren van het klimaat, de vegetatie en de geologische oorsprong. Systemen voor bodemclassificatie, voornamelijk gebaseerd op het bodemprofiel, met een passende nomenclatuur ontwikkelden zich in harmonie met deze opvattingen, die voorlopig algemeen geaccepteerd zijn. Er ontstond een nieuwe tak van de bodemkunde, de pedologie. De opvatting van Liebig over bodemvruchtbaarheid werd zo geleidelijk uitgebreid en het werd duidelijk dat het probleem van het verhogen van de opbrengst van de bodem niet binnen het domein van één wetenschap lag, maar minstens vier omvatte: chemie, natuurkunde, bacteriologie en geologie.

Aan het begin van deze eeuw – 1900 > – begonnen de onderzoekers meer aandacht te besteden aan wat uiteindelijk de belangrijkste factor is in de productie van gewassen: de plant zelf. De herontdekking van de wet van Mendel door Correns, de opvatting van de eenheidssoort die volgde op het werk van Johannsen en de erkenning van het belang ervan voor verbetering door selectie hebben rechtstreeks geleid tot de moderne studies van cultuurgewassen, waarin de Russen zulke opmerkelijke bijdragen hebben geleverd. De hele wereld wordt nu geplunderd om de plantenveredelaars te voorzien van een breed scala aan grondstoffen. Deze botanische onderzoeken worden voortdurend uitgebreid en omvatten nu het wortelstelsel, de relatie met het bodemtype, de weerstand van de plant tegen ziekten en het interne mechanisme waarmee vererving plaatsvindt. De praktische resultaten van de laatste veertig jaar die volgden op de toepas-

sing van de botanische wetenschap in de landbouw zijn zeer aanzienlijk. In tarwe bijvoorbeeld leidde het werk van Saunders in Canada tot de productie van Marquis, een vroege variëteit met kort stro, die al snel 20.000.000 acres besloeg in Canada en de aangrenzende staten van de Unie. Dit is de meest succesvolle tarwehybride die tot nu toe is geproduceerd. In Australië werden de nieuwe tarwesoorten van Farrer al snel op grote schaal verbouwd. In Engeland vestigden de nieuwe hybriden uit Cambridge zich in de tarwetelende gebieden van dit land. In India bedekte de Pusa tarwe enkele miljoenen hectaren land. Tegen 1915 had het totale areaal van de nieuwe tarwerassen meer dan 25.000.000 acres bereikt. Toen het jaarlijkse dividend, in de vorm van toegenomen welvaart, werd vergeleken met het kapitaal dat in deze onderzoeken was geïnvesteerd, was het meteen duidelijk dat het rendement vele malen groter was dan dat van de meest succesvolle industriële onderneming. Vergelijkbare resultaten zijn verkregen met andere gewassen. De nieuwe variëteiten brouwgerst die door Beaven werden gekweekt, zijn al jaren een kenmerk van het Engelse platteland; de nieuwe suikerrietvariëteiten die door Barber in Coimbatore in Zuid-India werden geproduceerd, vervingen al snel de inheemse rietsoorten in Noord-India. In katoen, jute, rijst, grassen, klavers en vele andere gewassen zijn nieuwe variëteiten verkregen; de oude variëteiten worden systematisch vervangen. Toch is de winst per acre door het veranderen van variëteit in de regel klein. Zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien, is het grote probleem van de landbouw op dit moment de intensieve teelt van deze nieuwe soorten; hoe kunnen we het beste een huwelijk regelen tussen de nieuwe variëteit en

een vruchtbare bodem. Als dit niet gebeurt, kan de waarde van een nieuw ras slechts van voorbijgaande aard zijn; de verhoogde opbrengst zal worden verkregen ten koste van het bodemkapitaal; het werk van de plantenveredelaars zal weer een boemerang hebben opgeleverd.

[169] Er hebben zich nog een aantal andere ontwikkelingen voorgedaan die kort genoemd moeten worden. Sinds de Grote Oorlog – WO-I – de fabrieken die toen bezig met de fixatie van stikstof uit de lucht voor de vervaardiging van de enorme hoeveelheden explosieven, nodig om te verdedigen en te vernietigen legers goed verschanst, hebben een nieuwe markt te vinden Dit werd geleverd door de grote oppervlakte grond verarmd door de over-gewassen van de oorlogsperiode. Er werd vraag gecreëerd door de lage prijs waartegen de in massa geproduceerde eenheid stikstof op de markt kon worden gebracht en door de betrouwbaarheid van het product. Fosfaten en potas volgden elkaar op Ingenieuze mengsels van kunstmest, die alles bevatten wat de verschillende gewassen nodig zouden hebben, konden over de hele wereld worden gekocht. De verkoop steeg snel; de meeste boeren en tuinders baseerden hun bemestingsprogramma al snel op de goedkoopste vormen van stikstof, fosfor en kalium of op de goedkoopste mengsels. De laatste twintig jaar is de vooruitgang van de kunstmestindustrie fenomenaal geweest; het tijdperk van de mestzak is aangebroken; de Liebig-traditie is in volle kracht teruggekeerd.

Het testen van kunstmest en nieuwe variëteiten heeft ontelbare veldexperimenten noodzakelijk gemaakt, waarvan de gepubliceerde resultaten verbijsterend zijn in hun volume,

hun diversiteit en vaak in de conclusies die eruit getrokken kunnen worden. Door een oordeelkundige selectie van dit materiaal is het mogelijk om van alles en nog wat te bewijzen of te weerleggen. Er was duidelijk iets nodig om de stortvloed aan veldresultaten te reguleren en een grotere mate van betrouwbaarheid te garanderen. Dit werd geprobeerd met behulp van wiskunde – veel rekenwerk – . De techniek werd gereviseerd; de veldpercelen werden 'gerepliceerd' en 'gerandomiseerd'; de cijfers werden onderworpen aan een streng statistisch onderzoek. Alleen de resultaten die gelukkig genoeg zijn om wat is beschreven als de zorgvuldige goedkeuring van de hogere wiskunde veilig te stellen, worden nu geaccepteerd. Er is een duidelijke zwakte in de techniek van deze veldexperimenten die genoemd moet worden. Kleine percelen en boerderijen zijn heel verschillende dingen. Het is onmogelijk om een klein perceel op dezelfde manier te beheren als een goede boerderij. De essentiële relatie tussen vee en land gaat verloren; er zijn geen middelen om de vruchtbaarheid van de grond in stand te houden door middel van geschikte rotaties, zoals de regel is in goede landbouw. Het perceel en de boerderij zijn duidelijk niet met elkaar verbonden; het perceel vertegenwoordigt niet eens het veld waarin het zich bevindt. Een verzameling veldpercelen kan niet het landbouwprobleem vertegenwoordigen dat ze willen onderzoeken. Hieruit volgt dat bevindingen op basis van het gedrag van deze kleine stukjes kunstmatig bemeste grond waarschijnlijk niet van toepassing zijn op de landbouw. Welk voordeel kan de toepassing van hogere wiskunde opleveren voor een techniek die zo fundamenteel ondeugdelijk is?

Met de introductie van kunstmest is er een voortdurende toename van ziekten, zowel in gewassen als in vee. Dit onderwerp is al besproken. Het wordt nogmaals genoemd om de lezer te herinneren aan de enorme hoeveelheid onderzoek over dit onderwerp dat is voltooid en nog wordt uitgevoerd.

Naast het binnendringen van wiskunde in de landbouw is er een andere tak van het onderwerp opgekomen, namelijk economie. De noodzaak voor het verminderen van de uitgaven, zodat de landbouw zou kunnen opleveren een winst heeft gebracht elke bewerking, met inbegrip van bemesten en de behandeling van ziekten, onder de loep om na te gaan wat de kosten en wat de winst, indien aanwezig, resultaten.

[170] Kostenberekeningen zijn overal de regel; de waarde van elk experiment en elke innovatie wordt grotendeels bepaald door de hoeveelheid winst die uit moeder aarde kan worden gehaald. De output van de boerderij en de fabriek worden vanuit hetzelfde standpunt bekeken -- dividenden. De landbouw sloot zich aan bij de industrie.

De landbouwwetenschap is inderdaad, net als Topsy, gegroeid. In iets meer dan veertig jaar is er over de hele wereld een enorm systeem van onderzoeksinstituten, proefboerderijen en districtorganisaties (om de resultaten van onderzoek naar de boerengemeenschap te brengen) ontstaan. Aangezien dit onderzoek structuur is gegroeid in fragmentarische wijze als gevolg van het werk van de pioniers, zal het interessant zijn om het te onderzoeken en na te gaan of richting is gehandhaafd of niet. Heeft de huidige organisatie enige deugd op zichzelf of is het slechts een kristallisatie van de stadia die bereikt zijn in de wetenschappelijke exploratie

van een enorm biologisch complex? Als ze nuttig is, zal ze gerechtvaardigd worden door de resultaten; als haar waarde louter historisch is, kan haar hervorming slechts een kwestie van tijd zijn.

In Groot-Brittannië zijn onlangs twee documenten verschenen (*Grondwet en functies van de Agricultural Research Council*, H.M. Stationery Office Londen, 1938; *Verslag over landbouwkundig onderzoek in Groot-Brittannië*, PEP., 16 Queen Anne's Gate, Londen, S.W. 1, 1938.) die het gemakkelijk maken om een onderzoek naar landbouwkundig onderzoek in dit land. Ze beschrijven volledig de structuur en de werking van de officiële machine die controleert en financiert onderzoek, de organisatie van het werk zelf, en de methoden van het bekendmaken van de resultaten aan de boeren. Naast de Schatkist en het Comité van de Privy Council wordt de officiële controle uitgeoefend door niet minder dan drie andere organisaties: (1) het Ministerie van Landbouw (dat de subsidies beheert); (2) de Ontwikkelingscommissie (die fondsen toekent uit subsidies die haar door de Schatkist ter beschikking zijn gesteld); en (3) de Raad voor Landbouwkundig Onderzoek (die aanvragen voor subsidies beoordeelt en daarover advies uitbrengt, en ook het door de staat gesubsidieerde landbouwkundig onderzoek in Groot-Brittannië coördineert). Uiteindelijk worden de Research Institutes bereikt, die het werk uitvoeren.

Deze onderzoeksinstituten zijn vijftig in getal en bestaan in drie soorten:

(a) laboratoria of onderzoeksstations van de overheid;
(b) instituten die verbonden zijn aan universiteiten of hoge-

scholen;
(c) onafhankelijke instituten.

De meeste van deze instituten werden in 1911 opgericht om fundamenteel onderzoek te doen in elk van de landbouwwetenschappen: landbouweconomie, bodemkunde, plantenfysiologie, plantenveredeling, tuinbouw en fruitonderzoek, plantenziektekunde, dierlijke erfelijkheid en genetica, dierfysiologie en voeding, dierziekten, zuivelonderzoek, voedselbewaring en -transport, landbouwtechniek en landbouwmeteorologie. Deze groepen kunnen weer worden onderverdeeld in vier klassen: achtergrondonderzoek (dat zich bezighoudt met fundamentele wetenschappelijke principes); fundamenteel onderzoek (het erkende terrein van het onderzoeksinstituut); ad-hoconderzoek (de studie van specifieke praktische problemen, zoals de bestrijding van mond- en klauwzeer); proef- of ontwikkelingsonderzoek (zoals het opkweken van nieuwe plantensoorten).

[171] Na het eigenlijke onderzoek houdt de organisatie zich bezig met de resultaten van haar onderzoeken. De eerste fase in dit proces is de Provinciale Adviesdienst die actief is in zestien provincies. In elk centrum zijn één tot zeven adviseurs gestationeerd, die met hun gespecialiseerde kennis ter beschikking staan van de County Organizers en de boeren. De laatste schakel in de lange keten van de schatkist naar de grond wordt gevormd door de landbouworganisaties van de districtsraden, die fungeren als een gratis wetenschappelijk informatiebureau voor boeren en tuinders. De meeste districten ondersteunen ook landbouwinstituten die technisch

onderwijs geven en hebben ook hun eigen proefboerderijen. Aan deze onderzoeksstructuur zijn twee Imperial Institutes en negen Imperial Bureaux toegevoegd, die een informatie- en samenvattingsdienst bieden op het gebied van entomologie, mycologie, bodemkunde, diergezondheid, diervoeding en -genetica, plantengenetica, fruitteelt, landbouwparasitologie en melkveehouderij. In Groot-Brittannië werken ongeveer 1000 mensen aan landbouwonderzoek. De totale staatsuitgaven voor landbouwkundig onderzoek bedroegen in 1938 ongeveer 700.000 pond. Dit is ongeveer 90 procent van de totale kosten, de resterende 10 procent. wordt betaald door lokale overheden, universiteiten, marketing boards, particuliere bedrijven en particulieren, agrarische verenigingen, vergoedingen, en de verkoop van producten. De boeren, zelfs als ze georganiseerd zijn in marketing boards, hebben weinig erkenning van de waarde van onderzoek en leveren geen serieuze bijdrage aan de kosten.

Een formidabele, complexe en kostbare organisatie is zo gegroeid sinds 1911. Niet minder dan zeven organen van de centrale regering hebben te maken met landbouwkundig onderzoek, waarvan het personeel gevoed moet worden met een constante stroom van rapporten, memoranda en informatie die een groot deel van de tijd en energie opslokken van de mensen die er echt toe doen - de onderzoekers. Een kenmerk van de officiële controle is het comité, een apparaat dat zich bijna onvoorstelbaar heeft ontwikkeld sinds de oprichting van de Raad voor Landbouwkundig Onderzoek in 1934. Eerst werden zes permanente commissies gevormd om een overzicht van bestaand onderzoek uit te voeren.

Deze leidden tot een oogst van nieuwe commissies om dieper in te gaan op zaken die uit dit voorlopige overzicht naar voren kwamen. Naast de zes permanente comités houden niet minder dan vijftien wetenschappelijke comités zich bezig met de belangrijkste takken van onderzoek. Twaalf van deze vijftien comités houden zich bezig met ziekten van gewassen en vee - de belangrijkste zorg van de Raad op dit moment.

Zijn er zoveel machines nodig? Zou tussen de schatkist (die beslist welk bedrag kan worden toegekend) en de onderzoeksinstituten, niet één enkel agentschap zoals het ministerie van Landbouw voldoende zijn om controle uit te oefenen? Dit lijkt waarschijnlijk als men bedenkt dat er maar één ding in onderzoek dat telt - de man of vrouw die het uit te voeren. Zodra deze zijn gevonden en voorzien van de middelen, niets anders nodig is. De beste dienst die de officiële organisatie dan kan verrichten is op de achtergrond blijven, klaar om te helpen wanneer de werkers hulp nodig hebben. Hieruit volgt dat eenvoud en bescheidenheid altijd de grondtoon moeten zijn van de controlerende instantie.

Een ernstige tekortkoming in de eigenlijke onderzoeksorganisatie doet zich al voor in het prille begin.

[172] De onderzoeksinstituten zijn georganiseerd op basis van de specifieke wetenschap, niet op basis van erkende takken van landbouw. Het instrument (wetenschap) en het onderwerp (landbouw) verliezen meteen het contact. De werknemers in deze instituten beperken zich tot een aspect van hun gespecialiseerde gebied; de onderzoeken worden al snel departementaal; de stabiliserende invloed van praktijkerva-

ring uit de eerste hand is eerder uitzondering dan regel. De rapporten van deze Onderzoeksinstituten beschrijven de activiteiten van grote aantallen werkers die allemaal bezig zijn met de periferie van het onderwerp en die allemaal van plan zijn om steeds meer te leren over steeds minder. Het meest opvallende kenmerk van deze instellingen is de opsplitsing van het onderwerp in minuscule eenheden. Het is waar dat er pogingen worden ondernomen om deze inspanning te coördineren door hulpmiddelen zoals de vorming van groepen en teams, maar zoals later zal blijken lukt dit zelden. Een ander verontrustend kenmerk is de kloof tussen wetenschap en praktijk. Het is waar dat de meeste, zo niet alle, van deze instellingen een boerderij bezitten, maar deze wordt meestal in beslag genomen door reeksen permanente experimenten. Ik ken naast Aberystwyth geen enkel onderzoeksinstituut in Groot-Brittannië waar een wetenschappelijk medewerker een stuk land met eigen personeel onder zijn persoonlijke controle heeft, waar hij de glans kan volgen waarheen die hem ook mag leiden. Zelfs Aberystwyth stopt voordat het dier is bereikt. De verbeterde rassen van grasplanten en de methode om ze te telen worden niet gevolgd tot hun logische conclusie -- een kudde gezonde schapen die klaar zijn voor de markt en een voorraad goed gevoede dieren waarmee het ras kan worden voortgezet.

Heeft de officiële machine zich ooit zulke vragen gesteld? Wat zou de reactie zijn van een toekomstige Charles Darwin of Louis Pasteur op een van deze instituten? Wat zou hun lot zijn geweest als ze door omstandigheden gedwongen waren om in zo'n organisatie te blijven werken aan een stukje we-

tenschap? Hoe kan de buitensporige departementalisering van het onderzoek die vrijheid bieden zonder welke er nooit vooruitgang is geboekt in de wetenschap? Is het rationeel om bij een onderwerp als landbouw te proberen wetenschap en praktijk van elkaar te scheiden? Zal de organisatie van dergelijk onderzoek niet altijd een contradictio in terminis zijn, omdat de onderzoeker niet gemaakt maar geboren wordt? Het officiële antwoord op deze vragen zou interessante lectuur vormen.

Hoe komt deze onderzoeksorganisatie over op de grondbewerkers voor wie ze in het leven is geroepen? De boeren klagen dat de onderzoekers zijn uit contact met de landbouw behoeften en omstandigheden, dat de resultaten van het onderzoek worden begraven in geleerde tijdschriften en uitgedrukt in onbegrijpelijke taal, dat deze papers te maken met fragmenten van het onderwerp gekozen lukraak, dat de organisatie van het onderzoek. is zo omslachtig dat de gemiddelde boer niet kan krijgen een snel antwoord op een onderzoek en dat er geen demonstratie boerderijen waar praktische oplossingen van de lokale problemen te zien zijn.

Er lijkt maar één effectief antwoord te zijn op deze bezwaren. De medewerkers van de proefstations moeten hun eigen advies opvolgen en hun resultaten uitproberen. De vruchten van dit onderzoek moeten op het land zelf worden geplukt. Overal ter wereld slaagt deze eenvoudige manier van publiceren er nooit in om het respect en de aandacht van de boerengemeenschap te krijgen; hun reactie op zulke berichten is altijd gul en onmiddellijk. In Groot-Brittannië gaat de reactie van de overheid echter in een andere richting. **[173]** Het

idee wordt aangewakkerd dat de experimentele stations arsenalen van wetenschappelijke kennis zijn die eigenlijk uitleg en verdunning behoeven om de boer en zijn land ten goede te komen. In het PEP-rapport staat hierover het volgende: Een van de belangrijkste taken van de beheerder is ervoor te zorgen dat de algemene wetenschappelijke kennis, met inbegrip van de recente resultaten van de inspanningen van de onderzoekers, op zodanige wijze onder de aandacht van de landbouwer wordt gebracht dat hij deze kan begrijpen en op zijn bedrijf kan toepassen. De meest effectieve manier om dit te doen is dat de organisatie op een praktische en voor iedereen zichtbare manier de waarde van sommige van deze onderzoeken laat zien. Dit eenvoudige middel zal de critici en spotters het zwijgen opleggen; elke vertraging in het leveren ervan zal alleen maar olie op het vuur gooien. Immers, een onderzoeksorganisatie die de natie kost 700.000 pond per jaar kan het zich niet veroorloven dat haar activiteiten in twijfel worden getrokken door de mensen voor wier voordeel het is ontworpen. De klachten van de boerengemeenschap moeten worden weggenomen.

Een systeem dat niet lijkt op het systeem dat zojuist in Groot-Brittannië is beschreven, is over het algemeen in het Rijk ingevoerd. Er is echter één interessant verschil. De officiële machinerie is relatief eenvoudig; het aantal agentschappen en toezichthoudende comités is niet zo uitgesproken; de stap van het ministerie van Financiën naar de boer is veel korter. Wanneer we echter bij het eigenlijke onderzoek komen, lijkt het systeem erg op dat in Groot-Brittannië. Er is dezelfde tendens om onderzoek in twee groepen te verde-

len -- fundamenteel en lokaal; om te vertrouwen op het bij elkaar rapen van fragmenten van de wetenschap; om de voordelen van samenwerking te loven; om het team te kiezen in plaats van het individu. Het is eerder uitzondering dan regel om een onderzoek te vinden in de handen van één competente onderzoeker, voorzien van land, ruime middelen en volledige vrijheid.

De voltooiing van een keizerlijke keten van experimentele stations voor fundamenteel onderzoek werd benadrukt door een conferentie (Report of the Imperial Agricultural Research Conference, H. M. Stationery Office, Londen, 1927) die in 1927 in Londen bijeenkwam. De financiële depressie die kort na het verschijnen van het rapport inzette, verstoorde dit plan. Aan de twee oorspronkelijke schakels van de geplande keten van vijf of zes superonderzoeksinstituten - die soms oneerbiedig de 'parelketting' wordt genoemd - is niets toegevoegd, behalve het ene in West-Indië (Trinidad) en het andere in Oost -Afrika (Amani).

Twee voorbeelden volstaan om de methodes te illustreren die nu gebruikt worden in dit fundamentele onderzoekswerk. Deze komen uit een recent artikel van Sir Geoffrey Evans, C. I.E., getiteld 'Research and Training in Tropical Agriculture', dat verscheen in het Journal of the Royal Society of Arts van 10 februari 1939. Sir Geoffrey selecteerde het huidige werk aan cacao en bananen toen hij uitlegde hoe onderzoek wordt uitgevoerd aan het Imperial College of Tropical Agriculture in Trinidad. Hij legde grote nadruk op de verdiensten van teamwerk, een onderzoeksmethode die we nu moeten onderzoeken. Deze voorbeelden van onder-

zoek op Trinidad staan niet op zichzelf. Ze lijken op wat er overal in het Rijk gebeurt, inclusief India. Gelijkaardig werk kan bij elkaar geraapt worden.

In 1930 werd op Trinidad begonnen met een onderzoek naar cacao in twee richtingen: botanisch en chemisch. Na een inleidend onderzoek van het gewas, dat bestaat uit een verbijsterend aantal soorten die sterk variëren in vruchtbaarheid en kwaliteit, werden honderd speciale bomen geselecteerd als basis voor verbetering. **[174]** Omdat cacao zich niet echt voortplant uit zaad, werden eerst vegetatieve voortplantingsmethoden bestudeerd door middel van stekken en knophout. Uit het bestuivingsmechanisme bleek echter dat cacao vaak zelfsteriel is en dat veel van de speciale bomen kruisbestoven moesten worden voordat ze zaad konden vormen. Er moesten dus geschikte ouders met stuifmeel worden gevonden. Manurale experimenten met conventionele lijnen leidden tot talrijke veldexperimenten over het hele eiland en tot een gedetailleerd bodemonderzoek. De biochemische studie van de cacaoboon leverde resultaten op die als ingewikkeld en verbijsterend werden beschreven; er bleek geen correlatie te bestaan tussen het tanninegehalte en de kwaliteit. De economische afdeling van het College onderzocht de achteruitgang van de industrie sinds de oorlog en stelde het interessante feit vast dat een cacaoplantage na ongeveer vijfentwintig jaar haar hoogtepunt bereikt en dan begint af te nemen. De oorzaken van deze achteruitgang zijn bestudeerd en er is een systeem bedacht om oude plantages te herstellen door vacatures te vullen met soorten met een hoge opbrengst. Maar omdat de achteruitgang van deze ca-

caoplantages eerder te wijten is aan een versleten bodem dan aan iets anders, zal deze methode op zichzelf waarschijnlijk niet slagen. Plagen en ziekten eisen hun tol bij cacao, dus de entomologen en mycologen werden ingeschakeld om trips - de ernstigste insectenplaag - en de heksenbezemziekte - een schimmelplaag die grote schade heeft aangericht in West-Indië - aan te pakken.

Het onderzoek naar bananen op Trinidad vindt zijn oorsprong in het uitbreken van de Panamaziekte (Fusarium cubense) in heel West-Indië en de Centraal-Amerikaanse republieken. Toen de aard van het probleem door de mycologen was vastgesteld, volgde een zoektocht naar immune en resistente variëteiten. Dit omvatte het veredelen van planten, het onderzoeken van de oorzaken van zaadloosheid, het opkweken van talloze zaailingen en het zoeken naar de ideale ouder waaruit een nieuwe commerciële banaan kon worden gekweekt die resistent is tegen ziekten, zaadloos is, van goede kwaliteit is en bestand is tegen transportomstandigheden. Bij dit werk werd de hulp ingeroepen van de Royal Botanic Gardens in Kew; het ging om het probleem om de banaan in West-Indië te beschermen tegen ziekten, inclusief virussen, bij het importeren uit Malaya (het thuisland van de belangrijkste banaan voor de handel - de Gros Michel) en andere plaatsen van het materiaal dat nodig was voor het veredelingswerk. De problemen van rijping tijdens transport, met inbegrip van een studie van de ademhalingsprocessen tijdens gasopslag en het effect van vochtigheid, en de reden voor koeling kregen ook aandacht.

Deze interessante onderzoeken, die als doel hebben om ho-

gere opbrengsten van betere cacao en betere bananen te produceren, zijn uitgevoerd door wat bekend staat als teamwerk. Ze vereisten de diensten van botanici, chemici, mycologen, entomologen en economen, en beide hebben aanzienlijke kosten en veel tijd met zich meegebracht.

Als voorbeelden van de manier waarop de moeilijkere problemen van tropische landbouw nu door een aantal werkers worden benaderd, zijn ze typerend voor de onderzoeksmethoden overal ter wereld. Veel aspecten van de cacao- en bananenproblemen zijn bestudeerd; de onderzoeksmethoden zijn duidelijk uiteengezet. De werkers hebben duidelijk kosten noch moeite gespaard om succes te boeken. Toch zijn de resultaten negatief. Het verslag suggereert dat de zaken zich nog steeds in de programmeringsfase bevinden; er zijn weinig of geen tastbare resultaten behaald; noch de cacao-, noch de bananenindustrie is op gang gebracht.

[175] Als we deze twee problemen in hun geheel bekijken en overwegen: (1) de huidige methoden van cacao- en bananenteelt in West-Indië; (2) de tekenen van ziekte die erop wijzen dat het niet goed gaat met deze plantages, en (3) de beste voorbeelden van cacao- en bananenteelt die in het Oosten te vinden zijn, waar met alleen mest van de boerderij grote oogsten van mooie, gezonde producten worden verkregen, groeit het vermoeden dat bij deze onderzoeken in Trinidad op zijn minst enkele essentiële factoren zijn vergeten. De spectaculaire reactie van cacaobomen op humus lijkt volledig te zijn gemist en er is geen aandacht besteed aan de betekenis van de mycorrhizale associatie in de wortels van zowel cacaobomen als bananen. In de cacao- en bananen-

plantages in West-Indië is er een gebrek aan evenwicht tussen het gewas en het dier. Er is onvoldoende levende have. Er is een verontrustende hoeveelheid ziekte en algemene drifteloosheid, die in verband wordt gebracht met de afwezigheid van omstandigheden die geschikt zijn voor mycorrhizavorming.

Praktische ervaring met de beste bananen- en cacaoteelt in India en Ceylon bewijst onomstotelijk dat de twee factoren die essentieel zijn om bevredigende opbrengsten van hoge kwaliteit te verkrijgen en de plantages gezond te houden, zijn: (1) goede beluchting van de grond en (2) aanvoer van vers bereide humus uit dierlijk en plantaardig afval, die nodig is om de mycorrhizale associatie effectief te laten functioneren. Gebrek aan aandacht voor een van deze factoren wordt meteen gevolgd door kwaliteitsverlies, verminderde opbrengst en uiteindelijk door ziekte. Een betere manier om deze West-Indiase problemen aan te pakken zou zijn geweest door goede landbouwmethoden, inclusief een goed evenwicht tussen gewassen en vee, en door de omzetting van al het beschikbare plantaardige en dierlijke afval in humus.

De onderzoeken op Trinidad worden aangehaald als "een voorbeeld dat de student-onderzoeker zeker zal doordringen van de noodzaak tot samenwerking". In werkelijkheid laten ze alleen maar zien hoe er voor lange tijd werk gevonden kan worden voor een aantal specialisten, en wat voor wetenschappelijk werk er gedaan kan worden door bekwame arbeiders met louter negatieve resultaten wat betreft de opbrengst en de kwaliteit van het gewas.

Het is niet moeilijk om de zwakte van deze aanpak in te zien. Het probleem wordt nooit in zijn geheel bekeken en in het veld vanuit elke hoek bestudeerd voordat er onderzoek wordt gedaan naar een bepaalde tak van wetenschap. Er wordt nu verwacht dat methoden voor gewasverbetering uit het laboratorium komen en niet meer uit het veld, zoals altijd is gebeurd in de geschiedenis van de landbouw. De controle van het team is noodzakelijkerwijs erg losjes. Het is normaal gesproken eerder in handen van mensen met administratieve dan praktische ervaring en met een beperkte opleiding in onderzoeksmethoden. Vaak hebben ze andere belangrijke taken en kunnen ze niet de tijd en het denkwerk geven die nodig zijn. Omdat ze zelf niet in staat zijn om een juiste diagnose van de zaak in het veld te stellen, is hun enige redmiddel om specialist na specialist aan hun staf toe te voegen in de hoop dat de studie van een nieuw fragment van het onderwerp hen naar een oplossing zal leiden. Het is vrijwel zeker dat Sir Geoffrey Evans een heel ander verhaal zou hebben verteld als de West-Indische problemen waren aangepakt door één onderzoeker met echte kennis van de landbouw in combinatie met een brede wetenschappelijke opleiding, en als hij de beschikking had gekregen over de benodigde grond, geld en faciliteiten en volledige vrijheid bij het uitvoeren van het onderzoek. **[176]** Vanuit het oogpunt van de studenten aan het Trinidad College zou het nog beter zijn geweest om deze gewassen te gebruiken om beide methoden tegelijk te illustreren - de banaan bestudeerd door één onderzoeker, die voldoende was uitgerust; cacao door middel van een team. Op deze manier hadden de relatieve verdiensten van de twee methoden voor altijd kunnen worden vast-

gesteld. Naar alle waarschijnlijkheid zouden twee resultaten zijn bereikt: (1) het principe dat de onderzoeker het enige is dat telt in onderzoek zou zijn vastgesteld; (2) teamwerk zou niet langer worden beschouwd als een effectief onderzoeksinstrument.

Teamwerk biedt geen oplossing voor het kwaad dat voortkomt uit fragmentatie van een onderzoeksprobleem. Het net dat door het team wordt geweven, zit vaak vol gaten. Zijn er nog andere nadelen verbonden aan de versnippering van het probleem? Deze vraag wordt meteen beantwoord als we een van de grote problemen van de huidige landbouw onderzoeken. Twee Britse voorbeelden volstaan om te bewijzen dat een onvermijdelijk gevolg van fragmentatie en specialisatie het verlies van richting is. De wetenschap verliest zich dan in een doolhof van details.

De terugtrekking van de aardappelteelt door ziekte, aalworm en virus is een van de meest verontrustende incidenten in de Britse landbouw. Een van onze belangrijkste voedselgewassen kan nu niet met succes worden geteeld op een veld schaal zonder een dunne film van koperzouten, een nieuwe rotatie van gewassen waaruit de aardappel wordt weggelaten totdat de cysten van de aalworm verdwijnen uit de bodem, een frequente verandering van zaad uit Schotland, Wales of Noord-Ierland. Er is duidelijk ergens iets goed mis, want dit gewas, geteeld in duizenden vruchtbare moestuinen in het hele land, is gezond en niet ziek. De landbouwwetenschap begon met het opsplitsen van het aardappelprobleem in een aantal delen. Aardappelziekte viel onder het werkterrein van de mycoloog; een groep onderzoekers hield zich

bezig met de aalworm; er werd een speciaal experimenteerstation opgericht voor virusziekten; het kweken en testen van ziekteresistente variëteiten was weer een aparte tak van het werk; de bemesting en algemene landbouwkunde van het gewas viel onder het werkterrein van de landbouwkundige. De vermenigvuldiging van werkers vertroebelt dit brede biologische probleem in plaats van het te verduidelijken. Het feit dat deze aardappelziekten überhaupt bestaan, impliceert dat er een fout in het bodembeheer is opgetreden. De voor de hand liggende methode om met een dergelijke ineenstorting om te gaan had moeten zijn om de oorzaken van de mislukking vast te stellen in plaats van te sleutelen aan de gevolgen van een fout in het beheer. Het nettoresultaat is dat al dit werk aan de rand van het onderwerp het probleem van hoe je een gezonde aardappel kweekt niet heeft opgelost. Dit komt omdat de richting volledig verloren is gegaan.

Hetzelfde verhaal herhaalt zich bij bemesting: fragmentatie is opnieuw gevolgd door verlies van richting. Ondanks het feit dat de natuur in het bos voorbeelden heeft gegeven om te kopiëren en in het veen voorbeelden om te vermijden, is de landbouwwetenschap bij het bedenken van een rationeel bemestingssysteem meteen overgegaan tot versnippering van het onderwerp. Al bijna honderd jaar hebben enkele van de bekwaamste werkers zich gewijd aan een studie van de voedingsstoffen in de bodem, met inbegrip van sporenelementen zoals boor, ijzer en kobalt. Groenbemesting is een apart onderwerp, net als de bereiding van kunstmest en de studie van de gewone mestvaalt. **[177]** Het gewicht van de producten en de kosten van bemesting overschaduwen de

kwaliteitskwesties. De twee onderwerpen die er echt toe doen bij bemesting - het behoud van de vruchtbaarheid van de bodem en de kwaliteit van de producten - ontsnappen volledig aan de aandacht, voornamelijk omdat de richting zo grotendeels verloren is gegaan.

Het hameren op kwantitatieve resultaten is een andere zwakke plek in wetenschappelijk onderzoek. Het heeft het landbouwonderzoek diepgaand beïnvloed. In de scheikunde en natuurkunde, bijvoorbeeld, zijn nauwkeurige registraties alles: deze onderwerpen lenen zich voor exacte bepalingen die numeriek kunnen worden vastgelegd. Maar het verbouwen van gewassen en het houden van vee behoort tot de biologie, een domein waar alles leeft en dat los staat van de scheikunde en natuurkunde. Veel van de dingen die ertoe doen op het land, zoals de vruchtbaarheid van de grond, de bodem, het bodembeheer, de kwaliteit van de producten, de bloei en de gezondheid van de dieren, het algemene beheer van de veestapel, de werkrelaties tussen baas en mens, de esprit de corps van de boerderij als geheel, kunnen niet worden gewogen of gemeten. Toch is hun aanwezigheid alles: hun afwezigheid betekent mislukking. Waarom wordt er bij een onderwerp als dit dan zoveel nadruk gelegd op maten en gewichten en op de statistische interpretatie van cijfers? Staan de middelen (kwantitatieve resultaten en statistische methoden) en het onderzochte onderwerp (de groei van een gewas of het houden van vee) niet volledig los van elkaar? Kunnen de handelingen van de landbouw ooit zo worden uitgevoerd, zelfs op een proefstation, dat de onderzoeker er zeker van is dat al het mogelijke is gedaan voor het gewas

en voor het dier? Kan een op elkaar inwerkend systeem, zoals bijvoorbeeld het gewas en de bodem, dat afhankelijk is van een veelheid aan factoren die van week tot week en van jaar tot jaar veranderen, ooit kwantitatieve resultaten opleveren die overeenkomen met de precisie van wiskunde?

De invasie van de economie in het landbouwonderzoek volgde natuurlijk op het gebruik van kwantitatieve methoden. Het was een imitatie van de succesvolle toepassing van kostenberekeningen op de activiteiten van de fabriek en de winkel. In een fabriek waar bijvoorbeeld spijkers worden gemaakt, is het mogelijk en zelfs zeer wenselijk om de kosten van de grondstoffen en de fabricagehandelingen, inclusief arbeid, brandstof, overheadkosten, slijtage enzovoort, te vergelijken met de output en na te gaan hoe en waar besparingen in kosten en algemene versnelling kunnen worden bereikt. Grondstoffen, output en voorraden kunnen allemaal nauwkeurig worden bepaald. In zeer korte tijd zal een fabrikant met hersens en energie de kosten van elke stap in het proces tot op de vierde plaats van de decimalen kennen. Dit komt omdat alles berekenbaar is. Op een vergelijkbare manier kunnen de activiteiten van de winkel worden teruggebracht tot cijfers en papier in het kwadraat. De mannen in het telhuis kunnen de minste achteruitgang in efficiëntie en in het behalen van winst volgen. Hoe vanzelfsprekend was het zo'n dertig jaar geleden om deze principes toe te passen op Moeder Aarde en op de boer! Het resultaat was een stortvloed aan kostprijsberekeningen en een landbouweconomie die grotendeels gebaseerd was op giswerk, omdat de machinerie van de grond altijd een gesloten boek zal blijven.

Moeder aarde houdt geen wachtboek bij. Bijna elke bewerking in de landbouw voegt een onbekende hoeveelheid toe aan of onttrekt er een onbekende hoeveelheid aan het kapitaal van de bodem -- vruchtbaarheid -- een andere onbekende hoeveelheid. Elk experimenteel resultaat, zoals een oogst, is vrijwel zeker deels te danken aan de overdracht van een deel van het bodemkapitaal naar de winst- en verliesrekening van de boer. **[178]** De economie van dergelijke operaties moet daarom gebaseerd zijn op puur giswerk. De resultaten zijn nauwelijks het papier waard waarop ze zijn geschreven. De enige dingen die ertoe doen op een boerderij zijn de volgende: het krediet van de boer - dat wil zeggen wat andere mensen, inclusief zijn personeel en zijn bankmanager, van hem vinden; de totale jaarlijkse uitgaven; het totale jaarlijkse inkomen en de jaarlijkse waardering - de toestand van het land en van de levende en dode have aan het eind van het jaar. Als al deze dingen bevredigend zijn, doet niets er nog toe. Als dat niet zo is, zal geen enkele hoeveelheid kostenberekeningen helpen. Waarom zouden we ons dan nog druk maken over iets anders dan deze essentiële zaken?

Maar de economie heeft de landbouw een veel grotere dienst bewezen dan het verzamelen van nutteloze gegevens. Landbouw wordt nu gezien alsof het een fabriek is. Landbouw wordt gezien als een commerciële onderneming; er is veel te veel nadruk gelegd op winst. Maar het doel van landbouw is heel anders dan dat van een fabriek. Het moet voedsel leveren zodat het ras kan bloeien en voortbestaan. De beste resultaten worden verkregen als het voedsel vers is en

de grond vruchtbaar. Kwaliteit is belangrijker dan het gewicht van de producten. Landbouw is daarom van levensbelang voor de bevolking en staat op één lijn met drinkwatervoorziening, frisse lucht en bescherming tegen weersinvloeden. Onze watervoorziening betaalt zich niet altijd terug; het aanleggen van groenstroken en open ruimtes levert geen winst op; onze woningbouwprojecten zijn vaak oneconomisch. Waarom dan zou de kwaliteit van het voedsel, waarvan nog meer afhankelijk is dan water, zuurstof of warmte worden bekeken op een andere manier? De mensen moeten worden gevoed wat er ook gebeurt. Waarom dan niet een uiterste inspanning om te zien dat ze goed gevoed? Waarom verwaarlozen de hoeksteen van onze efficiëntie als natie? De natie van voedsel in de aard der dingen moet altijd de eerste plaats. Het financiële systeem, na alles, is maar een secundaire zaak. Economie dus, in het niet aan te dringen op deze elementaire waarheden, is schuldig aan een ernstige beoordelingsfout.

Door toe te staan dat de wetenschap wordt gebruikt om de laatste gram uit de grond te persen door nieuwe variëteiten van gewassen, goedkopere en meer stimulerende meststoffen, diepere en grondiger landbouwmachines, kippen die zichzelf doodleggen en koeien die omkomen in een oceaan van melk, is er iets meer dan een gebrek aan beoordelingsvermogen van de kant van de organisatie mee gemoeid. Landbouwonderzoek is misbruikt om van de boer geen betere voedselproducent te maken, maar een meer deskundige bandiet. Hem is geleerd hoe te profiteren ten koste van het nageslacht - hoe kapitaal in de vorm van vruchtbaarheid van

de bodem en de reserves van zijn vee over te dragen aan zijn winst-en-verliesrekening. In het bedrijfsleven eindigen zulke praktijken in een faillissement; in landbouwkundig onderzoek leiden ze tot tijdelijk succes. Alles gaat goed zolang de bodem een gewas kan opleveren. Maar de vruchtbaarheid van de grond houdt niet eeuwig stand; uiteindelijk is het land versleten; de echte landbouw sterft.

In het volgende hoofdstuk wordt een voorbeeld beschreven van het soort onderzoek dat in de toekomst nodig is.

[180]

HOOFDSTUK – 14

EEN SUCCESVOL VOORBEELD VAN LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK

In het vorige hoofdstuk werd het landbouwonderzoek van vandaag streng bekritiseerd; de vele tekortkomingen werden openhartig uiteengezet; suggesties werden gedaan voor de geleidelijke wijziging ervan. Dat deze kritiek gerechtvaardigd is zal duidelijk zijn als we in detail een stuk van succesvol onderzoek uitgevoerd op de suikerrietteelt in India gedurende een periode van bijna zevenentwintig jaar: 1908-35.

In 1910 was het onderzoek naar suikerriet in Noord-India voornamelijk geconcentreerd in de Verenigde Provincies, waar al een aanzienlijke lokale industrie bestond. Dunne rietstengels met smalle bladeren werden geplant onder irrigatie aan het begin van het warme seizoen in maart; het gewas werd tijdens het koude weer (januari tot maart) geplet met behulp van ossen; het sap werd in open pannen omgezet in ruwe suiker. De opbrengst was laag, gemiddeld iets meer dan een ton per hectare. Er werd besloten om deze primitieve industrie te ontwikkelen en het werk, eerst puur chemisch, werd in handen gegeven van Mr. George Clarke, de landbouwchemicus. De keuze bleek een gelukkige. Clarke

combineerde een eersteklas kennis van scheikunde en algemene wetenschappen met aanzienlijke ervaring in onderzoeksmethoden, opgedaan onder professoren Kipping en Pope aan het Nottingham University College en de School of Technology in Manchester. Als zoon van een boer uit het zuiden van Lincolnshire was hij zijn hele leven vertrouwd geweest met goede landbouwpraktijken en had hij een uitgesproken aanleg voor landbouw geërfd van een lange lijn van mannelijke voorouders. Hij had daarom de drie voorafgaande kwalificaties die essentieel zijn voor een onderzoeker in de landbouw, namelijk, de eigenschappen van een goede boer, een gedegen opleiding in de wetenschap, en een eerste hand kennismaking met methoden van onderzoek. Uit wat volgt zal blijken dat hij ook de gave bezat om de juiste diagnose te stellen, het vermogen om zichzelf de te onderzoeken problemen voor te leggen, de volharding om ze op te lossen en de gedrevenheid die nodig is om de resultaten door de mensen te laten oppakken en stevig in de praktijk van het platteland te verankeren.

[181] Clarke had veel geluk met de keuze van zijn personeel. Hij had twee Indiase officieren bij zich -- S. C. Banerji (daarna Rai Bahadur) en Sheikh Mahomed Naib Husain (daarna Khan Bahadur). Banerji, die de waardigheid en rust van zijn ras bezat, had de leiding over de laboratoria -- altijd een toonbeeld van orde en efficiëntie -- en was bijna ongelooflijk nauwkeurig en nauwgezet. Naib Husain had een heel ander temperament -- opvliegend en vol energie en gedrevenheid om nieuwe wegen in de productie van gewassen in te slaan. Zijn absorberende interesse in het leven was de

Shahjahanpur boerderij en de conditie van zijn gewassen en hij spaarde zichzelf nooit om alles wat hij ondernam tot een succes te maken. Beide mannen gaven hun leven aan hun werk en beiden leefden om hun inspanningen met succes bekroond te zien. De Shahjahanpur boerderij werd het centrum van misschien wel het meest opmerkelijke voorbeeld van plattelandsontwikkeling tot nu toe. Geen enkele Europese officier in India heeft ooit meer loyale assistenten gehad; de Indiase landbouw is nooit met meer toewijding gediend. Ik zag veel van hun werk en zag de groei van de bescheiden maar efficiënte organisatie die ze hielpen opbouwen. Het spijt me zeer dat ze hier niet zijn om dit oprechte eerbetoon van bewondering en respect van een collega van een ander ras te lezen.

Tot 1912 was het in de Verenigde Provincies de gewoonte om hun wetenschappelijke functionarissen geïsoleerd te houden van de praktische kant van de landbouwverbetering en er waren geen duidelijke ideeën over hoe de gecombineerde wetenschappelijke en praktische problemen in verband met de rietsuikerteelt moesten worden aangepakt. Niemand besefte dat de wetenschappelijke onderzoeker eerst het gewas moest verbouwen en de plaatselijke landbouw moest beheersen voordat er verbeteringen konden worden bedacht en uitgeprobeerd. Toen Clarke daarom in 1911 vroeg om een boerderij, ontstond er veel discussie en enige verbazing. De zaak werd in 1911 voorgelegd aan de All-India Board of Agriculture, waar het voorstel zwaar werd bekritiseerd. De leden van de landbouwraad hielden niet van het idee dat wetenschappelijke mannen eigen land zouden

hebben; de vertegenwoordigers van de wetenschap waren van mening dat ze hun kaste zouden verliezen als een van hen zou gaan boeren.

In 1912 was ik toevallig op tournee in de Verenigde Provincies toen de zaak voor een definitieve beslissing kwam. De Landbouwdirecteur vroeg mijn advies. Ik was een groot voorstander van het voorstel van Clarke en verzekerde de autoriteiten dat het geweldig zou zijn als ze hun landbouwchemicus de beste boerderij zouden geven die ze konden krijgen en hem vervolgens met rust zouden laten om zijn eigen heil uit te werken. Dit lukte; in 1912 werd er een speciale suikerrietboerderij opgericht bij Shahjahanpur aan de oever van de rivier de Kanout en aan een van de hoofdwegen naar de stad. Van 1912 tot 1931, een ononderbroken periode van negentien jaar, bleef Clarke verantwoordelijk voor Shahjahanpur naast de drie posten die hij bekleedde: Landbouwchemicus (1907-21), directeur van de Landbouwhogeschool (1919-21) en directeur van Landbouw (1921-31). Van 1912 tot 1921 was hij er bijna elk weekend. Tot hij in 1921 Landbouwdirecteur werd, was hij elk jaar van Kerstmis tot maart in Shahjahanpur voor de suikerrietoogst en het planten van de oogst van het volgende jaar. Het was tijdens deze perioden dat hij uit de eerste hand kennis opdeed van het Indiase dorp, de mensen, de velden en de landbouwproblemen, wat hem goed van pas kwam toen hij gevraagd werd om de landbouwontwikkeling van de provincies te leiden in de eerste jaren van de Montagu-Chelmsford hervormingen.

[182] De suikerproducerende streek in Noord-India, de be-

langrijkste van het land, is een brede strook diep alluviaal land van ongeveer 500 mijl lang die langs de Himalaya loopt. Het begint in Bihar, eindigt in Punjab en bereikt zijn grootste ontwikkeling in de Revenue Divisions Gorakhpur, Meerut en Rohilkhand van de United Provinces. De grond is gemakkelijk te bewerken en is bijzonder geschikt voor de wortelontwikkeling van suikerriet. Het klimaat is echter niet bijzonder gunstig omdat de groeiperiode zo kort is en beperkt blijft tot het regenseizoen - de laatste helft van juni, juli, augustus en september - wanneer de vochtige tropische omstandigheden die door de zuidwestmoesson worden gecreëerd, zich vestigen. De regens worden gevolgd door het koude seizoen (van 15 oktober tot 15 maart) waarin heel weinig regen valt. Na half maart slaat het weer om en wordt het erg heet en droog tot de regens in juni uitbreken. Tijdens het warme weer moet het suikerriet, dat meestal eind februari wordt geplant, worden geïrrigeerd.

Toen het werk in 1912 begon, was de opbrengst van gestript suikerriet op 95 procent van het suikerrietareaal van de Verenigde Provincies slechts 13 ton per acre, wat iets meer dan 1 ton ruwe suiker (gur) opleverde. Het land was tijdens de voorgaande regens braakgelegd en goed voorbereid op de oogst door 15 tot 20 keer ondiep te ploegen met de inheemse ploeg. Net als bij veel andere Indiase gewassen is er door de eeuwenlange ervaring een goed evenwicht ontstaan tussen de teeltmethoden en de economische capaciteit van de inheemse variëteiten. De teeltmethoden, de stikstofvoorziening en de geteelde soorten stonden allemaal in een juiste verhouding tot elkaar. Deze variëteiten werden al minstens

twintig eeuwen verbouwd en waren dun, kort en zeer vezelig met in goede seizoenen suikerrijk sap. Ze doen meer denken aan de wilde soorten van het geslacht Saccharum dan aan de dikke suikerriet die in tropische landen wordt gevonden. Vijf of zes variëteiten worden samen gekweekt, elk met een naam, meestal van Sanskriet oorsprong, die hun kwaliteiten aanduidt, en elk wordt gemakkelijk herkend door de mensen.

De rietsoorten die door de telers in de Rohilkhand Division werden geteeld, werden eerst gescheiden en er werd een poging gedaan om de teelt van de beste te intensiveren. De opbrengst van het suikerriet werd verhoogd van 13 naar 16 ton per acre zonder dat de kwaliteit van het sap achteruitging, maar verdere intensivering lukte niet. Er werd wel 27 ton per hectare verkregen, maar het dunne, waterige sap bevatte zo weinig suiker dat het niet de moeite waard was om het te extraheren. Het ras en de verbeterde bodemgesteldheid stonden niet in de juiste verhouding tot elkaar. Het bladoppervlak dat de inheemse variëteiten ontwikkelden, was in de korte groeiperiode in Noord-India onvoldoende om de cellulose te produceren die nodig was voor de vezels en andere weefsels van zo'n groot gewas, en genoeg suiker om het sap van economische waarde te maken. Dit was een zeer belangrijk experiment, omdat het het algemene probleem definieerde en duidelijk liet zien wat er gedaan moest worden. Om de suikeropbrengst in de Verenigde Provincies te verhogen, was een combinatie nodig van intensieve teeltmethoden met efficiëntere rassen, aangepast aan de zeer bijzondere klimatologische omstandigheden. Deze twee problemen

werden gelijktijdig aangepakt: in al het daaropvolgende werk werd de grootste zorg besteed aan het vermijden van de versnippering van de factoren, een rots waarop zoveel van het landbouwonderzoek van de huidige tijd is gestoeld. **[183]** Vervolgens werd aandacht besteed aan de twee belangrijkste factoren die ten grondslag lagen aan het probleem: (1) de ontdekking van een geschikt suikerriet en (2) de studie van de intensieve suikerrietteelt met als doel de maximale opbrengst te achterhalen die verkregen kon worden.

De collectie suikerrietvariëteiten in Shahjahanpur bevatte een zaailing uit Java -- POJ 213 die precies geschikt was voor de plaatselijke bodem en het klimaat en die zich goed leende voor intensieve teelt. Dit Java-riet was een hybride. Zijn stuifmeelouder was de Rohilkhandvariëteit Chunni, die twintig jaar eerder door de Rosa Sugar Factory aan de Nederlandse experts, die India bezochten, was gegeven. Chunni was immuun voor sereh - een ernstige ziekte die destijds de suikerindustrie op Java bedreigde - en wanneer het gekruist werd met rijke tropische rietstengels, produceerde het immuun of zeer resistent zaailingen van goede kwaliteit, die over de hele wereld bekend stonden als POJ (Passoerean Ost-Java) zaailingen. POJ 213 bleek van onschatbare waarde tijdens de vroege stadia van het Shahjahanpur werk. Het werd gemakkelijk geaccepteerd door de telers onder wie het bekend stond als "Java". Er werd al snel een groot areaal in Rohilkhand verbouwd en het redde de lokale suikerindustrie, die toen op het punt van uitsterven stond. Het allerbelangrijkste was dat het interesse wekte voor nieuwe soorten

suikerriet en de weg bereidde voor de grote vooruitgang die een paar jaar later kwam toen een Coimbatore zaailing - Co 213 - opgekweekt door wijlen dr. Barber, C.I.E. - het verving.

Clarke was nog niet lang in de Verenigde Provincies voordat hij merkte dat de grond van de Gangesvlakte op vrijwel dezelfde manier kon worden bewerkt als die van de Holland Division in Lincolnshire, waar de intensieve aardappelteelt zestig of zeventig jaar eerder was geïntroduceerd en tot grote perfectie was gebracht. Beide bodems zijn alluviale bodems, hoewel ze van heel verschillende datum zijn. De problemen in verband met de intensieve teelt van aardappelen in Lincolnshire en suikerriet in de Verenigde Provincies hebben veel gemeen. Beide gewassen worden vegetatief vermeerderd en in beide gevallen is het zeer belangrijk om de bodemomstandigheden te creëren die nodig zijn om de jonge plant snel te laten groeien, zodat deze klaar is om een grote hoeveelheid koolhydraten te produceren en op te slaan in een korte periode van gunstige klimatologische omstandigheden. Toen in Shahjahanpur met de intensivering van de suikerrietteelt werd begonnen, werden de lessen die in de aardappelvelden van Lincolnshire waren geleerd meteen toegepast. Tijdens de braakperiode die aan de oogst voorafging, werd het land bewerkt en zo snel mogelijk na de terugtrekking van de moesson werd de mest van de boerderij opgebracht en ondergeploegd. Dit gaf de tijd die nodig was om een waardevolle voorraad humus te vormen in de bovenste laag van de grond. Het suikerriet werd geplant in ondiepe greppels van 2 voet breed, 4 voet van het midden tot het

midden. De grond uit elke greppel werd verwijderd tot een diepte van 6 inch en opgestapeld op de 2 meter ruimte die overbleef tussen elke twee greppels. Het geheel vormde een reeks richels zoals te zien is in Fig. 6.

FIG. 6. Greppelsysteem in Shahjahanpur

[184] Zodra de greppels in november zijn gemaakt, worden ze gegraven met een plaatselijk werktuig (kasi) tot een verdere diepte van 9 inch, en de oliekoek, of wat voor geconcentreerde organische mest er ook beschikbaar is, wordt grondig gemengd met de grond van de bodem van de greppels en blijft, met af en toe graven, liggen tot het planten in februari. Het grondig bewerken en bemesten van de greppels ten minste twee maanden, en bij voorkeur drie, voordat de suikerbieten worden geplant, bleek essentieel om de beste resultaten te verkrijgen. Lezers die bekend zijn met de methoden van suikerrietteelt op Java zullen zich meteen realiseren dat deze Shahjahanpur-methode een duidelijke vooruitgang is ten opzichte van de methode die op Java wordt gebruikt, omdat het gebruik van kunstmatige planten volledig overbodig is. Met de hand gemaakte greppels geven altijd een betere opbrengst dan de greppels die met mechanische middelen zijn gemaakt - een interessant resultaat dat elders vaak is verkregen, maar dat nooit afdoende is verklaard. Het kan zijn dat snelheid in de teelt een negatieve

factor is in de productie van grond.

In het begin werden in de greppels zware bemestingen met organische mest gebruikt, zoals castorkoekmeel in een verhouding van ongeveer 2.870 pond per hectare. Dit bevat ongeveer 4,5% stikstof, zodat 2.870 pond overeenkomt met 130 pond stikstof per hectare. Deze zware bemesting werd echter snel verminderd na de introductie van de hieronder beschreven groenbemestingsmethode. Als groenbemesting op de juiste manier werd uitgevoerd, kon de mest die werd opgebracht voor het maken van de greppels worden teruggebracht tot de helft of zelfs minder.

In het begin werden de greppels ongeveer een maand voor het planten geïrrigeerd en licht bewerkt als het droog genoeg was. Deze handelingen bevorderden de verrotting van de mest en zorgden voor een overvloedige beluchting van de grond. De stokken werden tegen het einde van februari in de vers gegraven vochtige, rijke aarde geplant. Later werd dit voorafgaande besproeien afgeschaft. De stekken werden in de droge aarde geplant en de volgende dag licht bewaterd. Dit bespaarde één irrigatiebeurt en bleek een effectieve bescherming tegen witte mieren (Termieten), die de rietstekken vaak aanvielen, tenzij deze meteen begonnen te groeien en de jonge planten zich snel vestigden. Voor het aanbreken van de moesson in juni waren vier lichte watergiftbeurten nodig, in alle gevallen gevolgd door een oppervlaktebewerking. Zodra de jonge stokken ongeveer 2 meter hoog waren en krachtig filterden, werden de greppels geleidelijk opgevuld, te beginnen rond het midden van mei en de operatie te voltooien tegen het einde van de maand. Voordat de regens

begonnen, begon het aanaarden van de stokken. Dit was half juli voltooid (Fig. 7).

FIG. 7. Het aanaarden van suikerriet in Shahjahanpur, 10 juli 1919

[185] Een van de gevolgen van het aanaarden van suikerriet, geteeld in vruchtbare grond, die Clarke waarnam, was de overvloedige ontwikkeling van schimmels die duidelijk zichtbaar waren als draden van wit mycelium door de hele grond van de ruggen en vooral rond de actieve wortels. Aangezien suikerriet een mycorrhiza-vormer is, is er weinig twijfel dat het mycelium, dat in zulke hoeveelheden werd waargenomen, verbonden was met de mycorrhizale associatie. De aanwezigheid van alle factoren die nodig zijn voor deze associatie - humus, beluchting, vocht en een constante aanvoer van actieve wortels - verklaart waarschijnlijk waarom deze teeltmethode altijd zulke goede resultaten heeft opgeleverd en waarom de gewassen zo gezond zijn. Wanneer het riet op de vlakte wordt gekweekt, is een gebrek aan beluchting van de grond altijd een beperkende factor voor de volledige vestiging van de mycorrhiza.

Het aanaarden dient vier doelen: (1) de opeenvolging van nieuwe wortels, die uit de lagere knopen komen, kammen de zeer luchtige en vruchtbare grond van de ruggen grondig

aan; (2) de omstandigheden die geschikt zijn voor de ontwikkeling van de mycorrhiza associatie worden gecreëerd; (3) de staande kracht van de rietstengels tijdens de regens wordt enorm verbeterd; en (4) de overmatige ontwikkeling van colloïden in de bovengrond wordt voorkomen. Als dit aanaarden achterwege wordt gelaten, wordt een zwaar gewas bijna altijd geëgaliseerd door de moessonstormen; gewassen die tijdens de regens omvallen, geven nooit de veelgeprezen lichtgekleurde ruwe suiker. **[186]** De productie van colloïden in de bovengrond, wanneer de rietstengels op de vlakte worden geteeld, verstoort altijd de beluchting van de grond in de periode dat suiker wordt gevormd; gewassen die rijpen onder omstandigheden van slechte beluchting van de grond geven nooit de maximale opbrengst.

Een essentiële factor voor het verkrijgen van de hoogste efficiëntie in dit aanaardsysteem is een goede drainage van het oppervlak. Dit werd bereikt door het verlagen van de aarden wegen en paden die, wanneer ze met gras begroeid waren, fungeerden als zeer efficiënte afvoerkanalen voor het afvoeren van de overtollige regen tijdens de moesson. Het oppervlaktewater verzamelde zich in greppels die op de juiste manier verbonden waren met het systeem van verlaagde paden en wegen. Op deze manier kroop de afvoer in dunne platen helder water naar de rivier zonder enig verlies van organisch materiaal of fijne bodemdeeltjes. Het grastapijt fungeerde als een zeer efficiënt filter en werd tegelijkertijd bemest. De wegen leverden een goede grasoogst op voor het werkvee. Dit eenvoudige apparaat zou overal waar mogelijk gebruikt moeten worden om zowel wateroverlast als bodemerosie te

voorkomen.

[186] De resultaten van deze intensieve methode om suikerriet te verbouwen - gebaseerd op de groei van efficiënte variëteiten, een goede beluchting van de grond, een goede drainage van het oppervlak, een zorgvuldig gecontroleerde irrigatie en een voldoende aanvoer van organisch materiaal - waren verbluffend. In plaats van 13 ton suikerriet en iets meer dan een ton suiker per acre, werd een opbrengst van iets meer of iets minder dan 36 ton suikerriet en 3-1/2 ton suiker per acre verkregen voor een periode van twintig jaar -- jaar in jaar uit. Dit zijn de cijfers voor de boerderij als geheel. De suikeropbrengst was verdrievoudigd. Een dergelijk resultaat is zelden behaald voor een gewas in zo'n korte tijd en met zulke eenvoudige middelen. In een paar gevallen werden opbrengsten behaald van wel 44 ton suikerriet en 4-1/2 ton suiker, cijfers die waarschijnlijk de hoogst mogelijke productie vertegenwoordigen in het klimaat van de Verenigde Provincies.

Bij het uitwerken van deze methode van suikerrietteelt in Noord-India werden twee kritieke periodes in de suikerproductie waargenomen: (1) mei en begin juni, wanneer de kiemplantjes en het wortelstelsel zich ontwikkelen, en (2) augustus en september, wanneer de suikeropslag plaatsvindt. Een controle in een van deze periodes vermindert de opbrengst permanent. De suikeropbrengst per hectare is positief en nauw gecorreleerd met de hoeveelheid nitraatstikstof in de bodem in de eerste periode en met bodemvocht, beluchting van de bodem en luchtvochtigheid in de tweede periode. Elke verbetering in de suikerrietteelt moet daarom re-

kening houden met deze twee principes.

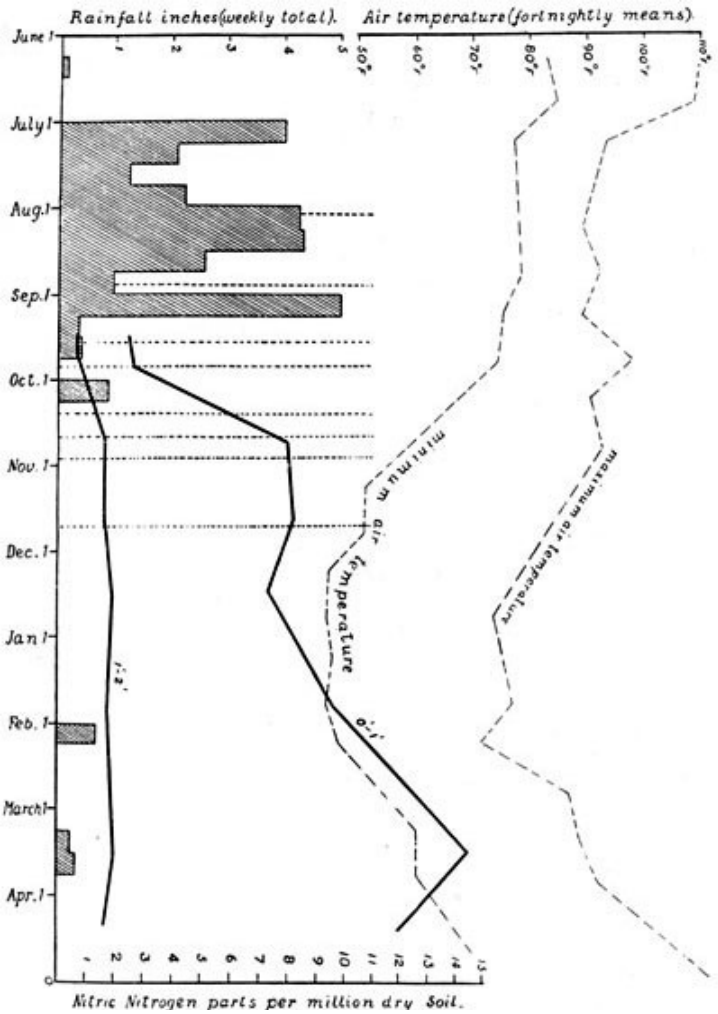
Er was een nieuwe methode voor intensieve suikerrietteelt bedacht en met succes in praktijk gebracht op een veldschaal op een staatsexperimentstation; de eerste stap in het verbeteren van de suikerproductie was gezet. Het was nu noodzakelijk om deze vooruitgang in te passen in een landbouwsysteem dat bestaat uit een groot aantal kleine bedrijven, variërend van gemiddeld 4 acres in de oostelijke districten tot 8 acres in de westelijke helft van de provincie. Elk bedrijf is niet alleen minuscuul, maar ook verdeeld in kleine akkertjes die verspreid liggen over het dorpsgebied, dat geenszins uniform is qua vruchtbaarheid. Bovendien beschikken de boeren van deze kleine bedrijven praktisch niet over kapitaal om te investeren in intensieve landbouw. Hoe kon de gemiddelde landbouwer aan de nodige mest komen? De oplossing van dit probleem vergde een gedetailleerde studie van de stikstofcyclus op het Ganges alluvium, de relatie tussen klimaat, teeltmethoden en de accumulatie van nitraat in de bodem en de ontdekking van wat neerkomt op een nieuwe methode van groenbemesting voor suikerriet. Deze onderzoeken werden in gang gezet op het moment dat de mogelijkheden van intensieve suikerrietteelt duidelijk werden.

De studie van de stikstofcyclus op eender welke plaats omvat natuurlijk een grondige kennis van de plaatselijke landbouw. Het opvallendste kenmerk van het landbouwjaar in de Verenigde Provincies is de snelheid waarmee de seizoenen veranderen en de grote variatie in hun karakter. De belangrijkste van deze abrupte overgangen zijn: (1) de overgang

van de buitensporige droogte en hoge temperaturen van april, mei en begin juni naar de vochtige tropische omstandigheden die optreden wanneer de zomergewassen eind juni worden gezaaid, onmiddellijk na het breken van de zuidwestelijke moesson, en (2) de plotselinge overgang van een hoge vochtigheidsgraad, hoge temperatuur en een verzadigde toestand van de grond, aan het einde van de moesson in september, naar de droge gematigde omstandigheden die optreden wanneer de herfstzaai van voedingsgewassen plaatsvindt in oktober. Deze plotse seizoenswisselingen leggen duidelijke beperkingen op aan wat kan worden gedaan om de productie te verhogen. **[187]** Er is heel weinig tijd voor de voorbereiding van het land, of voor de vervaardiging van plantenvoeding door biologische agentschappen, de periode van actieve groei van het gewas is ernstig beperkt. Het eerste beïnvloedt de teeltmethoden en bemesting, het tweede de selectie van variëteiten. Het grote verschil tussen de twee landbouwseizoenen in de Verenigde Provincies komt het best tot uiting in de herfst (november en december), wanneer gewassen van rijpend riet en groeiende tarwe naast elkaar te zien zijn in aangrenzende velden.

Hoe slagen de zomer- en herfstgewassen, die in dit gebied vaak op extensieve wijze worden geteeld, erin om zonder toevoeging van mest een nitraatvoorraad te verkrijgen en hoe komt het dat de bodemvruchtbaarheid van het Ganges alluvium zo constant blijft? Om een begin te maken met het beantwoorden van deze vragen, werden grondboringen uit een typisch niet-gemanipuleerd gebied - braakliggend na de tarweoogst die in april werd verwijderd - systematisch on-

derzocht en de nitraatstikstof rechtstreeks geschat volgens de methode van Schloesing.



PLAAT VII. Nitraataccumulatie in het alluvium van de Ganges

[187] De resultaten, evenals de details van temperatuur en neerslag, worden gegeven in plaat VII. De curve laat duide-

lijk zien (1) de grote en snelle vorming van nitraat als de temperatuur stijgt in februari en maart, net op het moment dat de jonge suikerrietplant zijn toevoer van stikstof opneemt, (2) het bijna volledig verdwijnen van nitraten uit de bodem na de eerste stortbuien -- deze worden deels weggespoeld en deels geïmmobiliseerd door schimmelgroei, (3) de afwezigheid van nitrificatie in de verzadigde grond tijdens de moesson, (4) een andere ophoping van nitraat (minder snel en minder in hoeveelheid dan in de lente) die optreedt in de herfst, na het drogen van de grond aan het einde van de regens, in combinatie met een verbeterde beluchting, het resultaat van frequente oppervlaktebewerking. Tussen 25 september en 30 november werd er vijf keer geploegd tot een diepte van 3 inch, gevolgd door de egalisatiebalk. Deze ophopingen, duidelijk het resultaat van biologische processen, passen bij de kwantitatieve behoeften van de zomer- en herfstgewassen, die onmiddellijk stikstof nodig hebben zodra het zaad ontkiemt.

[189] Als we deze resultaten over nitraataccumulatie vergelijken met wat de Indiase teler doet, raken we in bewondering voor de manier waarop hij zijn taak aanpakt. Zonder hulp van de wetenschap en alleen door observatie heeft hij in de loop der eeuwen zijn landbouwmethoden op een zeer opmerkelijke manier aangepast aan het behoud van de vruchtbaarheid van de bodem. Hij is zeker niet de onwetende en achterlijke dorpeling die soms wordt afgeschilderd, maar een van de zuinigste boeren ter wereld als het gaat om het beheer van het krachtige element van vruchtbaarheid - gecombineerde stikstof - en de tropische landbouw over de

hele wereld kan veel van hem leren. De suikerteler van de grote vlakten van India kan geen zware overvloed aan stikstof uit zijn grond halen. Hij heeft slechts een beperkte voorraad - de kleine lopende rekening die wordt voorzien door niet-symbiotische stikstofbinding en de kapitaalvoorraad humus die nodig is om de kruimelstructuur en het algemene leven van de bodem in stand te houden. Hij moet het meeste halen uit zijn lopende rekening; hij durft niets van zijn kapitaal te gebruiken. In de loop der eeuwen heeft hij instinctief beheermethoden bedacht die aan deze voorwaarden voldoen. Hij kweekt niet te veel en kweekt niet op het verkeerde moment. Hij doet niets dat zijn kostbare zwevende stikstof overmatig oxideert of zijn humuskapitaal vernietigt. Hij doet waarschijnlijk meer met een beetje stikstof dan eender welke boer ter wereld buiten China. Ontelbare eeuwen lang heeft hij de huidige vruchtbaarheidsstandaard kunnen handhaven.

ls de suikerproductie moest worden verhoogd, was de eerste stap natuurlijk om meer nitraat te leveren voor de kritieke groeiperiode van mei en juni, wanneer de kiemplantjes en het wortelstelsel zich ontwikkelen. De conventionele methode zou zijn om het gewas te stimuleren door toevoeging van fabrieksmatig geproduceerde en geïmporteerde meststoffen zoals ammoniumsulfaat. Er zijn zwaarwegende bezwaren tegen een dergelijke aanpak. De teler kan ze zich niet veroorloven; de aanvoer kan in oorlogstijd worden afgesneden; het effect van het toevoegen van deze stoffen aan de bodem zou zijn dat het evenwicht van de vruchtbaarheid van de bodem wordt verstoord -- de basis van het Indiase Rijk -- door

oxidatieprocessen in gang te zetten die het Indiase kapitaal zouden opeten en de vitale voorraad humus in de bodem zouden opbranden. Verhoogde oogsten zouden inderdaad voor een paar jaar worden verkregen, maar tegen welke prijs -- verminderde bodemvruchtbaarheid, verminderde productie, inferieure kwaliteit, ziekten van gewassen, van dieren en van de bevolking, en uiteindelijk ziekten van de bodem zelf, zoals bodemerosie en een woestijn van alkaliland! De landbouwer een dergelijk middel in handen geven om zijn oogst tijdelijk te verhogen zou meer zijn dan alleen maar een beoordelingsfout: het zou een misdaad zijn. Omdat het gebruik van kunstmest volledig was uitgesloten, moest er een alternatieve bron van stikstof worden gevonden.

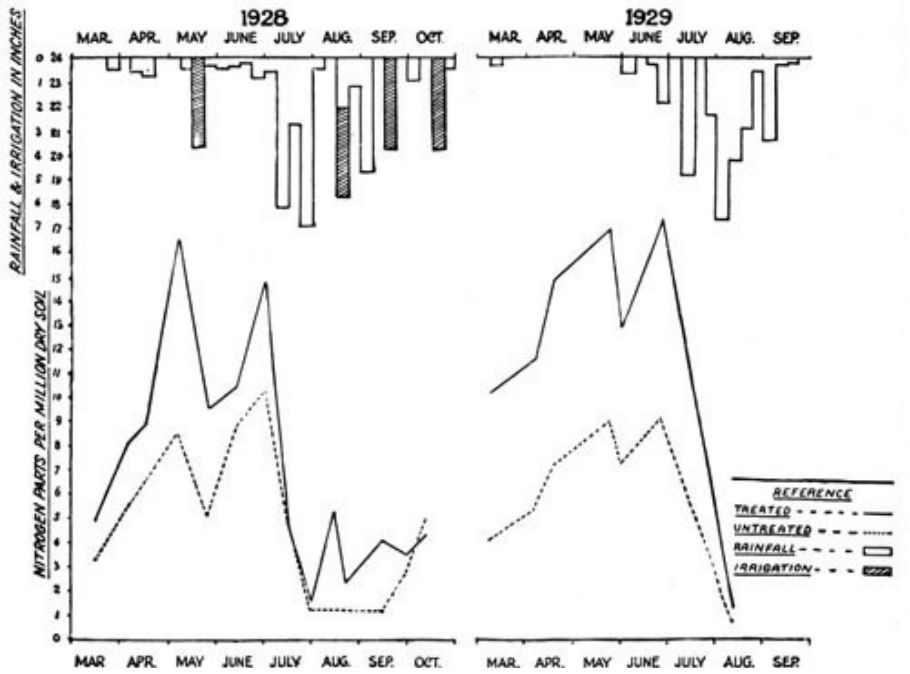
Elke intensieve suikerteeltmethode in de Verenigde Provincies moet twee dingen verwezenlijken: (1) de normale ophopingen van nitraten in de bodem aan het begin van de regens moeten volledig worden benut en (2) het gehalte aan organisch materiaal in de bodem moet worden verhoogd en de biologische processen versneld zodat deze natuurlijke ophopingen kunnen worden verhoogd.

Het probleem van het gebruik van het natuurlijk gevormde nitraat om het gehalte aan organisch materiaal te verhogen, werd op een zeer nette manier opgelost - door een nieuwe methode van groenbemesting. **[189]** De braakliggende grond, die gewoonlijk aan suikerriet voorafgaat, werd gebruikt om een gewas van san hennep te laten groeien met behulp van ongeveer 4 ton mest per hectare. Deze kleine hoeveelheid dierlijke mest had een opmerkelijk effect op de groeisnelheid en ook op de manier waarop het groene gewas

verrotte toen het werd omgeploegd. Er werd 8 ton groenbemesting geproduceerd in ongeveer 60 dagen, waardoor bijna 2 ton organisch materiaal, of 75 pond stikstof, werd toegevoegd aan elke hectare. Op deze manier werden de nitraten geabsorbeerd en geïmmobiliseerd; een grote massa ruw organisch materiaal werd geleverd door de groenbemester zelf en door de kleine hoeveelheid stalmest die voor het zaaien werd opgebracht. In de bovengrond vond bladcompostering plaats.

De vroege stadia van afbraak hebben veel vocht nodig. De regenval na het ploegen van de groenbemesters werd nauwlettend in de gaten gehouden. Als er minder dan 5 inches viel in de eerste twee weken van september, werden de velden geïrrigeerd. Op deze manier werd gezorgd voor een overvloedige schimmelgroei op de groenbemester terwijl het land langzaam opdroogde. De omzetting van de hele groenbemester in humus was pas eind november voltooid. De nitrificatie begon toen langzaam, vanwege de lage temperaturen van het koude weer in Noord-India en in een seizoen waarin er weinig risico op verlies is. Pas toen de pas geplante rietstengels eind februari water kregen en de temperatuur steeg aan het begin van het warme weer, werd alle beschikbare stikstof in de vers bereide humus snel genitrificeerd om te voldoen aan de groeiende behoeften van het zich ontwikkelende wortelstelsel van het riet. Dit betekent simpelweg dat er een bepaalde tijd nodig is voor de vorming van humus, of het nu in de grond plaatsvindt door middel van compostering met behulp van platen of in de composthoop, waarbij in de grond een langere periode nodig is dan

in de hoop. Het geleidelijk vullen van de greppels en het bewateren van de stokken tijdens het warme weer zette het nitrificatieproces voort, dat nog een stap verder werd gezet door het aanaarden van de stokken. Door het aanleggen van drainagesleuven tussen de rijen werd het verlies aan stikstof door slechte beluchting van de bodem als gevolg van de vorming van bodemkolloïden tot een minimum beperkt. De stokken werden dus gedurende de hele groeiperiode van voldoende nitraat voorzien. De omstandigheden die nodig zijn voor de mycorrhizale associatie werden ook gecreëerd.



PLAAT VIII. Nitraataccumutatie, groenbemestingsexperiment, Shahjahanpur, 1928-9

© www

[190] De effecten van groenbemesting op de nitraatvoorziening wordt getoond in plaat VIII. Het zal te zien zijn dat de verrijking van de bodem met humus de hoeveelheid nitraat die gevormd wordt tijdens de cruciale periode (maart tot juni), wanneer het snel groeiende suikerriet het grootste deel van de voorraden absorbeert, aanzienlijk heeft verhoogd.

De opbrengsten van suikerriet en ruwe suiker van zevenentwintig gerandomiseerde percelen met groenbemesting en controlepercelen zijn hieronder weergegeven:

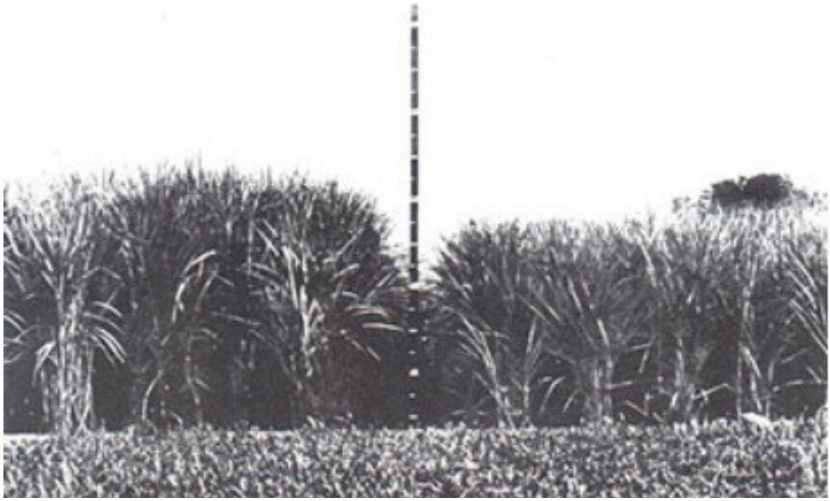
Table 11
Effect of green manuring on sugar-cane

	Sugar-cane maunds (82-2/7 lb.), per acre	*Raw sugar maunds, per acre*	*Dry matter maunds, per acre*
Green-manure	847.0	87.0	246.0
Control	649.0	67.2	200.1

Tabel 11 Effect van groenbemesting op suikerriet

Deze controlepercelen zijn representatief voor de vruchtbare percelen van het Shahjahanpur Experiment Station, niet voor de velden van de telers.

Het gewas op het veld is te zien op Plaat IX. Het praktische resultaat van deze eenvoudige methode van intensieve rietsuikerteelt was een winst van £6 per acre. Deze bevredigende resultaten werden weerspiegeld in de jaarlijkse staat van inkomsten en uitgaven van het Shahjahanpur Experiment Station. Gedurende vele jaren waren de inkomsten ongeveer 50% hoger dan de uitgaven.



PLAAT IX. Groenbemestingsexperiment, Shahjahanpur, 1928-9. Links, behandeld; rechts, controle.

De vraag naar de praktische waarde van het werk dat op dit station werd gedaan, hoefde dus niet te worden gesteld. Het was duidelijk. Met behulp van alleen groenbemesting, aangevuld met een kleine hoeveelheid rundermest, werd de opbrengst van suikerriet verhoogd van 13 naar meer dan 30 ton per hectare; de suikeropbrengst van 1 ton naar meer dan 3 ton.

[191] Het effect van de intensieve teelt van suikerriet is niet beperkt tot dat gewas. De resterende vruchtbaarheid en de diepe teelt in de greppels maakten het mogelijk om grote oogsten te behalen van Pusa tarwe en gram - de twee wisselgewassen die in Shahjahanpur samen met suikerriet worden verbouwd. Deze oogsten waren meer dan drie keer zo hoog als de gemiddelde oogsten van de telers. In één geval gaf

Pusa 12 tarwe op een veld van 31 acres 35 maunds per acre met één irrigatie van 4 inches in november. Het voorgaande suikerrietgewas was Ashy Mauritius, dat 34,7 ton per acre opbracht.

In de begindagen van de Shahjahanpur boerderij was het effect van de rietsleuven op de volgende tarweoogst zeer uitgesproken. Het oppervlak van de tarwevelden leek op een golfplaat, waarbij de ribbels overeenkwamen met de greppels. Na een paar suikeroogsten was deze toestand verdwenen en leek de tarwe uniform; al het land was opgehoogd tot het nieuwe vruchtbaarheidsniveau.

Het is nu mogelijk om de verschillende stadia te beschrijven die zijn doorlopen in deze studie naar intensieve suikerproductie:

1. Het niet-verbeterde gewas bracht in een gemiddeld jaar 350 maund per acre op (1 maund = 82-1/7 lb.; 27,2 maund = 1 ton).
2. De beste inheemse variëteiten, geteeld op hun maximale capaciteit met iets dieper ploegen dan de cultivator geeft en een kleine hoeveelheid mest, gaven 450 maunds per acre.
3. De introductie van nieuwe rassen zoals POJ 213 en Co 213, geteeld op de vlakte met dezelfde teelt als (2) hierboven, leverde 600 maunds per acre op. De toename als gevolg van de variëteit was dus 150 maund per hectare (600 - 450).
4. Het gebruik van nieuwe rassen plus groenbemesting op de vlakte zonder greppels leverde 800 maunds per acre op. De toename door groenbemesting was dus 200 maunds

per acre (800 - 600).

5. Intensieve teelt in greppels, met groenbemesting plus bemesting van de greppels met castorkoekmeel met een hoeveelheid van 1.640 lb. per acre, leverde 1.000 maunds per acre op. De toename als gevolg van een betere beluchting van de grond en een voldoende toevoer van humus in de greppels was dus 200 maunds per acre (1.000 -- 800).
6. De hoogste opbrengst ooit verkregen in Shahjahanpur door het gebruik van (5) hierboven was 1.200 maunds per acre. De extra toename, toen alle factoren op of nabij hun optimum functioneerden, was 200 maunds per acre (1.200 – 1.000).

[192] Het zal duidelijk zijn dat een combinatie van variëteit, groenbemesting en correct bodembeheer, inclusief het bemesten van de greppels, 650 maunds per acre toevoegde (1.000-350) en dat verhogingen van 850 maunds per acre mogelijk zijn (1.200-350). Bij de intensieve sleufmethode bereikt de plant een uitzonderlijk hoge efficiëntie in de synthese van koolhydraten. In een test in Shahjahanpur bevatte 1.200 hectare gestript suikerriet 17 procent vezels (voornamelijk pure cellulose), 12 procent sacharose en 1 procent invertsuiker. De totale hoeveelheid gesynthetiseerd koolhydraat per acre in ongeveer vier maanden van actieve groei was 204 maunds cellulose, 144 maunds sacharose, en 12 maunds invertsuiker; in totaal 360 maunds (13,2 ton) per acre aan koolhydraten. Dit betekent 3,3 ton per hectare tijdens de periode van actieve groei toen alle hulp met betrekking tot raskeuze, bodemvruchtbaarheid en bodembeheer

was geboden.

Deze resultaten van Shahjahanpur zijn een perfect voorbeeld van de productie van humus door middel van een groenbemestingsgewas en het gebruik ervan achteraf. Succes hangt af van twee dingen: (1) kennis van de stikstofcyclus en van de omstandigheden waaronder humus wordt gemaakt en gebruikt, en (2) een effectieve landbouwtechniek gebaseerd op deze biologische principes.

De weg was nu vrij om de resultaten van Shahjahanpur door de landbouwers te laten overnemen. Twee vragen moesten worden beantwoord:

1. Moest er een poging worden gedaan om de volledige Shahjahanpur-methoden te introduceren - verbeterde groenbemesting, bemeste greppels en nieuwe variëteiten - of moest er een begin worden gemaakt met groenbemesting plus nieuwe variëteiten met of zonder greppels, afhankelijk van de omstandigheden? Uiteindelijk werd besloten om de nieuwe variëteit samen met de nieuwe groenbemestingsmethode te introduceren en de greppels weg te laten. Dit besluit werd genomen vanwege de schaarste aan mest voor de volledige Shahjahanpur-methode. Dit probleem werd echter opgelost in 1931, het jaar dat Clarke India verliet, met de introductie van het Indore Proces, dat elk dorp had kunnen voorzien van een adequate aanvoer van mest voor intensieve methoden.
2. Moest er een grote organisatie komen om de resultaten onder de aandacht van de dorpelingen te brengen? Op dit punt werd het landbouwdepartement overgedragen aan een Indiase minister en Clarke werd directeur landbouw in de Verenigde Provincies en lid van de Wetgevende

Raad, functies die hij met korte tijdelijke onderbrekingen tien jaar lang bekleedde. Zo kreeg hij administratieve bevoegdheden om de resultaten van zijn werk als wetenschappelijk onderzoeker ten volle te ontwikkelen. De eerste twee ministers onder wie hij diende, de heer C. Y. Chintamani (nu Sir Chirravoori) en de Nawab van Chhatari, hoewel van zeer verschillende politieke opvattingen, waren het volledig eens over de noodzaak van landbouwontwikkeling en beiden gaven hun onvoorwaardelijke steun aan de voorstellen die aan hen werden voorgelegd, terwijl in de Raad zelf leden van alle kleuren van de opinie, van extreem links tot extreem rechts, een grote uitbreiding van het landbouwwerk eisten. Het jaarlijkse debat over de landbouwbegroting was een van de evenementen van het jaar. Van 1921 tot 1931 werden de financiële voorstellen van de regering voor landbouwverbetering zonder tegenstemmen goedgekeurd. Dit was overigens een voorbeeld van het succes dat een ministerie onder een populaire regering in India kan behalen als het wordt ondersteund door efficiënt technisch werk. Een groot aantal leden van de Raad waren invloedrijke landheren, zeer geïnteresseerd in de ontwikkeling van het platteland, en zij, en vele anderen buiten de Raad, waren erop gebrand om iets van praktische waarde op te pakken. Daarom werd besloten om in de belangrijkste suikerproducerende gebieden particuliere boerderijen te beginnen die door de staat werden gesubsidieerd om de nieuwe teeltmethoden van suikerriet te demonstreren en de grote hoeveelheid plantmateriaal te leveren die nodig was voor de uitbreiding van het areaal met de nieuwe variëteiten.

© www

Het steunbedrag van de staat was klein, ongeveer 2.000 tot 3.000 roepies per boerderij. Er werd een overeenkomst gesloten tussen de landheren en het landbouwdepartement, waarbij de landheren ermee instemden een bepaald gebied onder Co 213 te brengen, het land groen te bemesten en de teelt uit te voeren volgens de Shahjahanpur-lijnen. Maaisel moest aan de plaats worden geleverd tegen een bepaalde vaste prijs. Op deze manier werd het voorbeeld en de invloed van de landheren verzekerd tegen zeer lage kosten. Tegelijkertijd werd de greep van het landbouwdepartement op het platteland vergroot en versterkt -- de landheren werden in feite een essentieel deel van het hogere personeel van het landbouwdepartement. Ze verschilden echter in twee belangrijke opzichten van het gewone districtspersoneel: (1) ze hadden een invloed die veel groter was dan die van de bekwaamste leden van het landbouwdepartement; (2) ze waren onofficieel en onbetaald.

De bijdrage van de Indiaanse landeigenaren aan dit werk was van het grootste belang. Zonder hun actieve steun en hun gemeenschapszin om boerderijen te openen en zo een groot aantal lokale centra op te zetten om de nieuwe methode van suikerproductie op praktische schaal te demonstreren en tegelijkertijd het materiaal te leveren om tegen een lage prijs te planten, zou het Landbouwdepartement op zichzelf teruggevallen zijn om de verbeteringen in gebruik te nemen. In plaats van de demonstratieboerderijen, die door de landheren tegen extreem lage kosten ter beschikking werden gesteld, had de regering land moeten verwerven en lokale boerderijen moeten beginnen om reclame te maken voor de

nieuwe methode en om plantmateriaal te leveren. De kosten zouden kolossaal zijn geweest en de middelen van de regering ver te boven gaan. In plaats van de invloed en persoonlijke interesse van de natuurlijke leiders van het platteland, zou het landbouwdepartement hebben moeten vertrouwen op het werk van een groot aantal laagbetaalde ondergeschikten en zou het zijn inspectiepersoneel uit alle kennis hebben moeten uitbreiden. Een logge en dure organisatie zou het resultaat zijn geweest. Dit alles werd overbodig gemaakt door het bewonderenswaardige systeem van privéboerderijen. Het idee om de landheren te gebruiken in de landbouw begon in Oudh in 1914, toen een aantal particuliere boerderijen werden gestart op de landgoederen van de Talukdars om de waarde van de nieuwe Pusa tarwe te demonstreren en om de grote hoeveelheden zaad te produceren die nodig waren. Clarke breidde dit idee uit naar alle delen van de provincies en liet zien hoe de resultaten van één proefboerderij snel en effectief konden worden uitgebreid door de actieve hulp van de landeigenaren in te roepen. Hij bood hen een kans, die gretig werd aangegrepen, om hun waarde voor de gemeenschap te laten zien -- die van leiderschap in het ontwikkelen van het platteland door praktische voorbeelden van betere landbouw die hun pachters en buren konden kopiëren. *Landeigenaren over de hele wereld zullen op een soortgelijke manier handelen zodra de landbouwafdelingen hen resultaten van echte waarde kunnen geven.*

[194] De omvang van deze operaties en de snelheid waarmee ze werden uitgevoerd zullen duidelijk worden uit de volgende samenvatting van de eindresultaten. In 1916-17

ontving Clarke ongeveer 20 lb. stekken van Co 213 uit Coimbatore om te testen. In 1934-5 werd 33.000.000 ton van dit ras geproduceerd in de Verenigde Provincies. De waarde van de oogst van Co 213 riet voor de teler, tegen het lage minimumtarief dat door de regering is vastgesteld voor suikerriet in het kader van de Sugar-Cane Act van 1934, bedroeg meer dan £ 20.000.000, waarvan meer dan de helft geheel nieuwe rijkdom was. De waarde van de suiker die hiervan gemaakt kon worden was £ 42.000.000. Een groot bedrag werd verdeeld in fabriekssalarissen, salarissen en dividenden, om nog maar te zwijgen van het voordeel voor de Britse machinebouw en het effect op de werkgelegenheid in Groot-Brittannië van orders voor meer dan £ 10.000.000 aan machines voor nieuwe fabrieken. Er was geen sprake van een overvolle markt in India. Alle extra suiker en suikerproducten werden gemakkelijk geabsorbeerd door de lokale markten.

Hier hebben we een succesvolle poging tot gerichte economie -- de ontwikkeling van keizerlijke hulpbronnen door eenvoudige technische verbeteringen in de landbouw, mogelijk gemaakt door de bescherming van een waardevolle keizerlijke markt door een recht tarief.

Sinds Clarke met pensioen ging bij het Indiase landbouwdepartement, zijn er twee nieuwe factoren in werking getreden - beide gunstig - die het gemakkelijk maken om dit eerste succes een vervolg te geven. De moeilijkheid om in de dorpen genoeg humus te produceren voor het greppelsysteem is weggenomen door het Indore-systeem van compostering. De irrigatie in de suikerproducerende gebieden is verbeterd

door de voltooiing van het Sarda kanaal en de levering van goedkope elektrische energie om water uit putten te halen. De twee essentiële zaken voor intensieve landbouw - humus en water - zijn nu beschikbaar. Binnenkort zal er ongetwijfeld een gedetailleerd verslag beschikbaar zijn van de vooruitgang die is geboekt door de invoering van de volledige Shahjahanpur-methode. Het verhaal dat in dit hoofdstuk is begonnen, kan dan een volgende fase ingaan. Het zal interessante en stimulerende lectuur zijn.

© www

[196]

DEEL V

CONCLUSIES EN SUGGESTIES

© www

[196]

HOOFDSTUK – 15

EEN LAATSTE OVERZICHT

Het kapitaal van de naties dat echt, permanent en onafhankelijk is van alles behalve een markt voor de producten van de landbouw, is de bodem. Om dit belangrijke bezit te benutten en te beschermen is het behoud van vruchtbaarheid essentieel.
In de overweging van de vruchtbaarheid van de bodem veel dingen naast de eigenlijke landbouw zijn betrokken - financiën, industrie, volksgezondheid, de efficiëntie van de bevolking, en de toekomst van de beschaving. In dit boek is een poging gedaan om de bodem te behandelen in zijn bredere aspecten, met de nodige aandacht voor de technische kant van het onderwerp.

De industriële revolutie, door het creëren van een nieuwe honger - die van de machine - en een enorme toename van de stedelijke bevolking, heeft ernstig afbreuk gedaan aan 's werelds voorraad van vruchtbaarheid. Er vindt een snelle overdracht plaats van het bodemkapitaal. Deze toename in productie en bevolking zou weinig of geen verschil hebben gemaakt als de afvalproducten van de fabriek en de stad trouw aan het land waren teruggegeven. Maar dat is niet gebeurd. In plaats daarvan is het eerste principe van de land-

bouw genegeerd: de groei is versneld, maar er is niets gedaan om het verval te versnellen. De landbouw is uit balans geraakt. De kloof tussen de twee helften van het levenswiel is onoverbrugd gebleven of is opgevuld door een substituut in de vorm van kunstmest. De bodems van de wereld worden ofwel versleten en in puin achtergelaten, ofwel langzaam vergiftigd. Overal ter wereld wordt ons kapitaal verspild. Het herstel en onderhoud van de vruchtbaarheid van de bodem is een universeel probleem geworden.

[197] Het uiterlijke en zichtbare teken van de vernietiging van de bodem is de snelheid waarmee de dreiging van bodemerosie toeneemt. De overdracht van kapitaal, in de vorm van bodemvruchtbaarheid, naar de winst- en verliesrekening van de landbouw wordt gevolgd door het faillissement van het land. De enige manier om dit vernietigende proces te stoppen is door de vruchtbaarheid te herstellen van elk veld in het stroomgebied van de rivieren die getroffen zijn door deze beschavingsziekte. Deze formidabele taak zal sommige van onze overzeese overheden zwaar op de proef stellen.

De langzame **vergiftiging** van het bodemleven door kunstmest is een van de grootste rampen die de landbouw en de mensheid is overkomen. De verantwoordelijkheid voor deze ramp moet in gelijke mate worden gedeeld door de discipelen van Liebig en door het economische systeem waaronder we leven. De experimenten op het veld van Broadbalk toonden aan dat grotere oogsten verkregen konden worden door een kundig gebruik van chemicaliën. De industrie produceerde onmiddellijk deze meststoffen en organiseerde de verkoop ervan.

De overstroming van de Engels markt met goedkoop voedsel, geteeld overal en hoe dan ook, dwong de boeren van dit land te gooien naar de wind de oude en beproefde principes van gemengde landbouw, en om zichzelf te redden van faillissement door het verminderen van de kosten van de productie. Maar deze tijdelijke redding werd betaald met een verlies aan vruchtbaarheid. Moeder aarde heeft haar afkeuring laten blijken door de gestage groei van ziekten bij gewassen, dieren en mensen. De sproeimachine werd ingeschakeld om de plant te beschermen; vaccins en serums voor het dier; in laatste instantie werden de besmette dieren geslacht en verbrand. Dit beleid faalt voor onze ogen. De bevolking, gevoed met onjuist geteeld voedsel, moet worden versterkt door een duur systeem van patentgeneesmiddelen, panel artsen, apotheken, ziekenhuizen en herstellingsoorden. Een C3 bevolking wordt gecreëerd.

De situatie kan alleen worden gered door de gemeenschap als geheel. De eerste stap is haar te overtuigen van het gevaar en de weg uit deze impasse te wijzen. Het verband tussen een vruchtbare bodem en gezonde gewassen, gezonde dieren en niet in de laatste plaats gezonde mensen moet wijd en zijd bekend worden gemaakt. Zoveel mogelijk inheemse gemeenschappen, met voldoende eigen land om hun groenten, fruit, melk en melkproducten, granen en vlees te produceren, moeten worden overgehaald om zichzelf te voeden en om de resultaten te demonstreren van vers voedsel dat op vruchtbare grond is gekweekt. Een belangrijk item in het onderwijs, zowel thuis als op school, moet de kennis van de superioriteit in smaak, kwaliteit en houdbaarheid van voed-

sel, zoals groenten en fruit, geteeld met humus, over producten die op kunstmatige. De vrouwen van Engeland - de moeders van de generaties van de toekomst - zal dan hun invloed uitoefenen in voedsel hervorming. Voedingsmiddelen zullen moeten worden gesorteerd, op de markt gebracht en verkocht op basis van de manier waarop de bodem wordt bemest. De stedelijke gemeenschappen (die in het verleden hebben geprofiteerd ten koste van de bodem) zal moeten samenwerken met het platteland van Engeland (die heeft geleden van uitbuiting) in het mogelijk maken van de teruggave aan het platteland van haar manurial rechten. Iedereen die met de bodem te maken heeft - eigenaren, boeren en arbeiders - moet financieel worden geholpen om de verloren vruchtbaarheid te herstellen. Vervolgens moeten er stappen worden ondernomen om het land van het Rijk te beschermen tegen financiële operaties. Dit is essentieel omdat ons grootste bezit onszelf is en omdat een welvarend en tevreden platteland de sterkst mogelijke steun is om de toekomst van het land veilig te stellen. Als we er niet in slagen een compromis te vinden tussen de behoeften van het volk en die van de financiële wereld, kan dat alleen maar leiden tot de ondergang van beide. De fouten van het oude Rome moeten worden vermeden.

[198] Een van de instanties die het land kan helpen zich te ontwikkelen is landbouwonderzoek. Er is een nieuw type onderzoeker nodig. Het onderzoekswerk van de toekomst moet in handen worden gelegd van een paar mannen en vrouwen die op het land zijn opgegroeid, een eersteklas wetenschappelijke opleiding hebben genoten en een speciale

aanleg voor praktische landbouw hebben geërfd. Zij moeten in ieder van hen praktijk en wetenschap combineren. Reizen moet deel uitmaken van hun opleiding, omdat een land als Groot-Brittannië bijvoorbeeld vanwege het klimaat en de geologie geen voorbeelden kan geven van de dramatische manier waarop de groeifactoren werken.

De problemen van de landbouw moeten worden benaderd vanuit het veld, niet vanuit het laboratorium. De ontdekking van de dingen die er toe doen is driekwart van de strijd. Hierbij kunnen de oplettende boer en arbeider, die hun leven in nauw contact met de natuur hebben doorgebracht, de onderzoeker het beste helpen. De opvattingen van de boeren in alle landen verdienen respect; er is altijd een goede reden voor hun praktijken; in zaken als de teelt van gemengde gewassen zijn zij zelf nog steeds de pioniers. Associatie met de boer en de arbeider zal het onderzoek helpen om alle valse noties van prestige te laten varen; alle ideeën om hun positie te versterken door methoden die veel te veel doen denken aan de esoterische priesterschappen van het verleden. De onderzoeker van de toekomst zal alleen van de boer verschillen in het bezit van een extra werktuig - de wetenschap - en in de ruimere ervaring die reizen met zich meebrengt. De toekomstige status van de onderzoekswerker zal afhangen van succes: van het vermogen om te laten zien hoe goede landbouw nog beter kan worden gemaakt. De illusie dat de agrarische gemeenschap verbeteringen niet zal overnemen zal verdwijnen zodra de verbeteraar zijn boodschap op het land zelf kan schrijven in plaats van in de transacties van de geleerde verenigingen. De natuurlijke leiders van het

platteland, zoals overvloedig is bewezen op het platteland van India, zijn maar al te bereid om te helpen bij dit werk zodra ze worden voorzien van echte resultaten. Er is geen speciale organisatie nodig om de resultaten van de proefstations naar de boer te brengen.

De administratie van het landbouwonderzoek moet hervormd worden. De enorme, topzware, ingewikkelde en dure structuur, die is gegroeid door aanwas in het Britse Rijk, moet worden weggevaagd. De tijdrovende en ineffectieve commissie moet worden afgeschaft. De enorme hoeveelheid drukwerk moet worden beperkt. De uitgaven moeten omlaag. Het gezegde van Carrel dat 'de beste manier om de intelligentie van wetenschappers te verhogen zou zijn om hun aantal te verminderen' moet worden uitgevoerd. Het onderzoek in de landbouw moet van het allerbeste zijn. De mannen en vrouwen die in staat zijn om het uit te voeren hebben geen hulp nodig van de overheid, behalve de middelen voor hun werk en bescherming tegen inmenging. Een van de belangrijkste taken van de regering zal zijn om te voorkomen dat de onderzoekers zelf een organisatie creëren die een belemmering vormt voor vooruitgang.

De basis van het onderzoek van de toekomst moet een vruchtbare bodem zijn. Om te beginnen moet het land een goed hart krijgen. De reactie van het gewas en het dier op verbeterde bodemomstandigheden moet zorgvuldig worden geobserveerd. Dit zijn onze grootste en meest diepgaande experts.

[199] We moeten kijken ze aan het werk, we moeten stellen aan hen eenvoudige vragen, we moeten een zaak op te bou-

wen op hun antwoorden op manieren vergelijkbaar met die Charles Darwin gebruikt in zijn studie van de regenworm. Andere, even belangrijke instanties in het onderzoek zijn de insecten, schimmels en andere micro-organismen die de plant en het dier aanvallen. Dit zijn de censoren van de natuur om slechte landbouw aan te geven. Vandaag de dag is het beleid om deze onbetaalbare agentschappen te vernietigen en de inefficiënte gewassen en dieren die ze hun best doen om te verwijderen te bestendigen. Morgen zullen we ze beschouwen als natuurprofessoren van de landbouw en als een essentiële factor in elk rationeel landbouwsysteem. Een andere waardevolle methode om onze praktijk te testen is om het effect van tijd op de variëteit te observeren. Als het de neiging vertoont om uit te lopen, is er iets mis. Als het permanent lijkt te zijn, zijn onze methoden correct. De efficiëntie van de landbouw van de toekomst zal dus afgemeten worden aan de vermindering van het aantal plantenveredelaars. Er zullen er maar een paar nodig zijn als de grond vruchtbaar wordt en blijft.

De natuur heeft in het bos een voorbeeld gegeven dat veilig gekopieerd kan worden door afval om te zetten in humus -- de sleutel tot welvaart. Dit is de basis van het Indore Proces. Gemengd plantaardig en dierlijk afval kan door schimmels en bacteriën in negentig dagen worden omgezet in humus, op voorwaarde dat het wordt voorzien van water, voldoende lucht en een basis om de overmatige zuurgraad te neutraliseren. Omdat de composthoop leeft, heeft hij net zoveel zorg en aandacht nodig als de levende have op de boerderij; anders wordt er geen humus van de beste kwaliteit verkregen.

De eerste stap in het maken van humus, in landen zoals Groot-Brittannië, is het hervormen van de mesthoop - de zwakste schakel in de Westerse landbouw. Het is biologisch onevenwichtig omdat de micro-organismen verstoken zijn van twee dingen die nodig zijn om humus te maken: cellulose en voldoende lucht. Het is chemisch instabiel omdat het zichzelf niet bij elkaar kan houden -- waardevolle stikstof en ammoniak gaan verloren in de atmosfeer. De stedelijke centra kunnen de landbouw helpen, en ook zichzelf, door de boeren te voorzien van verpulverd stadsafval om hun mesthopen te verdunnen en door de enorme hoeveelheden humus die op de gecontroleerde stortplaatsen liggen vrij te geven voor land- en tuinbouw.

Het gebruik van humus door het gewas hangt gedeeltelijk af van de mycorrhizale associatie - de levende schimmelbrug die grond en sap met elkaar verbindt. De natuur heeft veel moeite gedaan om het werk van het groene blad te perfectioneren door de voorafgaande vertering van koolhydraten en eiwitten. We moeten optimaal gebruik maken van deze machinerie door het humusgehalte van de grond op peil te houden. Als we dit doen, zien we kwaliteit en gezondheid in het gewas en in de veestapel.

Het bewijs stapelt zich op dat zulke gezonde producten een belangrijke factor zijn in het welzijn van de mensheid. Dat onze eigen gezondheid niet bevredigend is, blijkt uit één voorbeeld. Carrel stelt dat alleen al in de Verenigde Staten jaarlijks niet minder dan 700.000.000 pond wordt uitgegeven aan medische zorg. Dit bedrag omvat niet het verlies aan efficiëntie als gevolg van ziekte. Als de teruggave van

de manuriale rechten van de bodem van de Verenigde Staten zelfs maar een kwart van deze zware last kan vermijden, dan hoeft het belang ervan voor de gemeenschap en de toekomst van het Amerikaanse volk niet beargumenteerd te worden. De profeet is altijd overgeleverd aan de genade van de gebeurtenissen, maar toch durf ik dit boek te besluiten met de voorspelling dat minstens de helft van de ziekten van de mensheid zal verdwijnen zodra onze voedselvoorraden worden opgewekt uit vruchtbare grond en geconsumeerd in een verse staat.

© www

[201]

BIJLAGE A

COMPOSTPRODUCTIE OP EEN THEE-PLANTAGE IN BENGALEN

THE Gandrapara Tea Estate ligt ongeveer 5 mijl ten zuiden van de uitlopers van de Himalaya in Noordoost-India in het district genaamd de Dooars (de deuren van Bhutan). Het landgoed beslaat 2.796 hectare, waarvan 1.242 hectare met thee en 10 hectare met theezaadstruiken. Er is ook rijstland, brandstofreserve, rietreserve, bamboe, tonijnolie en grasland. De regenval varieert van 85 tot 160 inch en deze hoeveelheid valt tussen half april en half oktober, wanneer het heet en broeierig is en alles lijkt te groeien.

De maanden met koud weer zijn heerlijk, maar van maart tot de moesson in juni is het klimaat erg moeilijk.

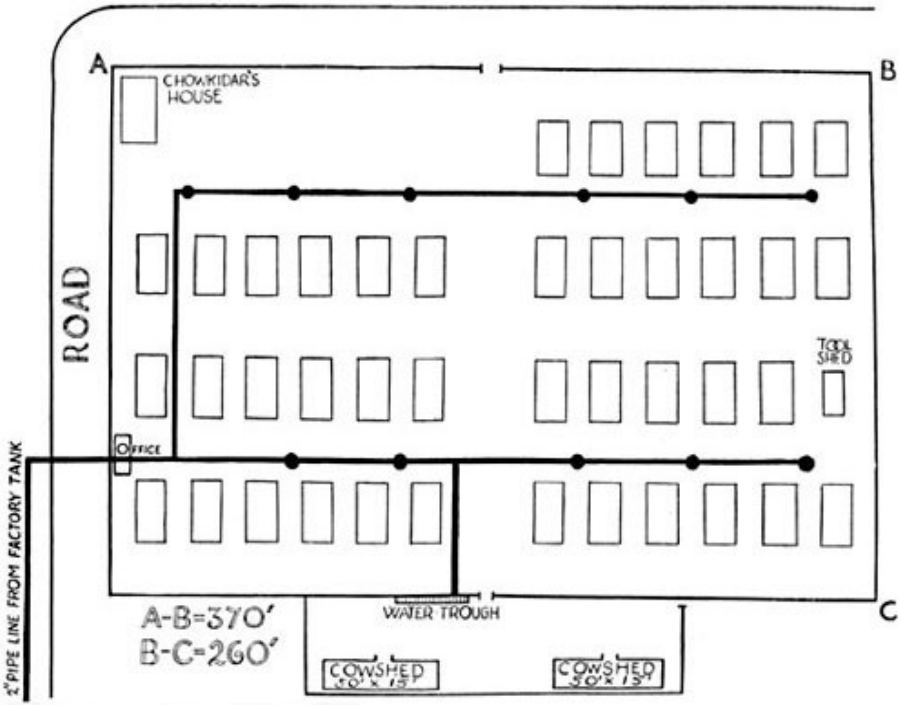
Er zijn ongeveer 2.200 koelies gehuisvest op de tuin; de meesten komen oorspronkelijk uit Nagpur, maar wonen hier al een aantal jaren. Het landgoed is tamelijk gezond, omdat het op een plateau tussen grote rivieren ligt en er geen beken van welke aard dan ook in de buurt van of door het landgoed lopen. Alle water wordt afgevoerd naar een nabijgelegen bos en naar braakliggend land. De koelies krijgen gratis huizen, water, brandhout, medicijnen en medische zorg, en

als ze ziek zijn worden ze gratis verzorgd in het ziekenhuis. Ante-natale en post-natale gevallen krijgen zorgvuldige aandacht en worden elke week geïnspecteerd door de Europese Medische Officier en een bonus uitbetaald; zorgvuldige gegevens van baby's en hun gewicht worden bijgehouden en hun voeding bestudeerd; het bedrijf zorgt voor zuigflessen, 'Cow and Gate' voedsel en andere benodigdheden om een komende gezonde beroepsbevolking op te bouwen. Als we alle levende wezens op de aarde tot op de dag hebben we weinig reden om trots te zijn op het gebruik dat we hebben onze kennis van de natuurwetenschappen. Bodem, plant, dier en de mens zelf - zijn ze niet allemaal ziek onder onze zorg?

[202] De theeplant heeft voeding nodig en Sir Albert Howard wil niet alleen de kwaliteit van het menselijk voedsel te verhogen, maar om ervoor te zorgen dat het van de juiste standaard, wil hij de kwaliteit van plantaardig voedsel te verbeteren. Dat wil zeggen, hij beschouwt het fundamentele probleem is de verbetering van de bodem zelf - waardoor het gezond en vruchtbaar. Een vruchtbare bodem," zegt hij, "rijk aan humus, hoeft niets meer in de weg van mest: het gewas vereist geen bescherming tegen ongedierte: het zorgt voor zichzelf.

In 1934 werd op kleine schaal begonnen met de productie van humus volgens de 'Indore-methode' van Sir Albert Howard. De humus wordt gemaakt van de afvalproducten van theeplantages. Al het beschikbare plantaardige materiaal van allerlei aard, zoals Ageratum, onkruid, riet, bladeren, enzovoort, wordt zorgvuldig verzameld en opgestapeld, in lagen

in kuilen gelegd, besprenkeld met geplastificeerde aarde waaraan een handvol houtas is toegevoegd, vervolgens een laag gebroken mest en vuil beddengoed; de inhoud wordt vervolgens besproeid met een fijne nevel - niet te veel water maar goed bevochtigd. Dit laadproces wordt voortgezet tot de kuil 3 tot 4 meter diep is, waarbij elke laag op dezelfde manier wordt besproeid.



PLAAT X: *Plattegrond van de compostfabriek, Gandrapara Tea Estate*

Om dit alles te kunnen doen, was het noodzakelijk om een centrale fabriek te hebben, zodat het werk gecontroleerd kon worden en de kosten zo laag mogelijk gehouden konden

worden. Er werd een centrale fabriek gebouwd; details worden gegeven in het plan (plaat X); er zijn 41 kuilen van elk 31 x 15 x 3 voet diep; de daken boven deze kuilen zijn 33 bij 17 voet, ruimte tussen de loodsen 12 voet en tussen de rijen loodsen 30 voet; ook tussen de loodsen en het hekwerk 30 voet; hierdoor kunnen de materialen rechtstreeks naar de kuilen worden gebracht en is er ook ruimte voor afgewerkt materiaal. Er is water aangelegd, een 2-inch pijp met 1-inch standaarden en hydranten op 54 voet van elkaar, zodat de slang alle kuilen kan bereiken. Er wordt een fijne sproeier gebruikt; regensproeiers met een fijne straal worden ook gebruikt. De gemeenschappelijke koeienstallen bevinden zich naast de humusfabriek en zijn 50 bij 15 voet elk en bieden plaats aan 200 stuks vee: de omheining, 173 bij 57 voet, wordt ook gebruikt om buiten slaapgelegenheid te bieden; er is een watertrog van 11 voet 6 duim lang bij 3 voet breed om de dieren te allen tijde van water te voorzien; de woonhuizen van de koeienhoeders bevinden zich in de buurt van het terrein. Een kantoor, opslagruimte en het huis van de chowkidar bevinden zich in de omheining van de fabriek. **[203]** De hoofdweg naar de lijnen loopt parallel met het terrein en tijdens het koude weer passeert al het verkeer van en naar de lijnen over deze weg, waar materiaal dat moet worden afgebroken, wordt neergelegd en dagelijks naar behoefte wordt vervangen. Het water voor de fabriek heeft een goede opvoerhoogte en is overvloedig. De hoofdkraan voor de toevoer wordt bediend vanuit het kantoor op het terrein. Alle kuilen zijn genummerd en er wordt een administratie bijgehouden van het materiaal dat in elke kuil is gebruikt, inclusief de kosten; draaidata en -kosten, temperaturen, wa-

ter geven en rooien, enzovoort, worden gedetailleerd bijgehouden; wegingen worden alleen gedaan wanneer de humus wordt opgebracht, zodat de taken en tonnen per hectare kunnen worden vastgesteld voor het opbrengen van volwassen thee, kwekerijen, tung barees, zaaddragende struiken of zwakke planten.

De gemeenschappelijke koeienstallen en omheining zijn bedekt met oerwoud en dit wordt verwijderd als dat nodig is voor het opladen van de kuilen. Ik heb kuilen met gemetselde ventilatieopeningen uitgeprobeerd, maar ik ben van mening dat een paar holle bamboes in de kuilen een betere beluchting geven en deze ventilatieopeningen maken het mogelijk om de productie per kuil te verhogen, omdat de gistende massa 4 tot 5 meter diep kan worden gemaakt. Er moet veel zorg worden besteed aan het vullen van de kuilen zodat er geen vertrapping plaatsvindt en een grote plank over de kuilen voorkomt dat de koelies het materiaal naar beneden drukken tijdens het vullen. Bij de eerste beurt wordt al het houtachtige materiaal dat niet is afgebroken door de karren die eroverheen rijden, fijngehakt met een scherpe schoffel, zodat volledige gisting kan plaatsvinden en schimmelgroei algemeen is.

[206] Met de inrichting van de humusfabriek kan op elk moment van het jaar compost gemaakt worden, het normale proces duurt ongeveer drie maanden. Met de centrale fabriek kan er veel beter toezicht worden gehouden en wordt er een betere kwaliteit humus gemaakt.

PLAAT XI: Compostering in Gandrapara

Overdekte en onoverdekte kuilen.

Dakbedekking van een kuil.

Ageratum snijden.

© www

PLAAT XII: Compostering in Gandrapara

Gemeenschappelijke koeienstal.

Verpletteren van houtachtig materiaal door wegverkeer.

Plaatcompostering van theesnoeihout.

© www

De compost die buiten en naast de grondstof wordt gemaakt en door de regen wordt afgebroken, werkt heel goed, maar het eindproduct is lang niet zo goed. Daarom loont het om het materiaal te snijden en te verdorren en het zo ver mogelijk naar de centrale fabriek te vervoeren.

Na het snoeien wordt de humus 5 ton per hectare verspreid en samen met het snoeihout ingeschoven; het volume van het snoeihout varieert, maar op sommige secties wordt tot 16 ton per hectare met de humus ingeschoven en worden uitstekende resultaten verkregen.

Op veel tuinen is het aanbod van beschikbare koemest en groen materiaal niet in overeenstemming met de vraag. Veel landbouwers proberen het tekort aan te vullen met middelen als het schoffelen van groene gewassen en het gebruik van schaduwbomen of rottend plantaardig materiaal dat verkrijgbaar is; op praktisch alle tuinen wordt enig gebruik gemaakt van alle vormen van organisch materiaal en de vruchtbaarheid wordt op peil gehouden door deze middelen. Het is belangrijk om op te merken dat fabrikanten die gespecialiseerd zijn in samengestelde meststoffen al vele jaren een reeks speciale meststoffen maken die een aanzienlijk percentage humus bevatten. Het belang om bodems te voorzien van de humus die ze nodig hebben is duidelijk. Ik heb niet de ruimte om in te gaan op de belangrijke kwestie van het vergemakkelijken van het werk van de bodembacteriën, maar het moet worden erkend dat een toevoer van beschikbare humus essentieel is voor hun welzijn en heilzame activiteiten.

Zonder de nuttige bodembacteriën zou er geen groei kunnen

zijn, en daaruit volgt dat, hoe correct we chemische meststoffen ook gebruiken volgens een of andere theoretische norm, als er in de bodem geen toevoer is van beschikbare humus, er teleurstellende oogsten, zwakke struiken, verwelkte en zieke frames zullen zijn. **[207]** Ook zal het goed zijn als elk middel waarmee humus kan worden geleverd aan de bodem op een praktische en economische manier kan de welwillende aandacht van degenen die op dit moment vorm landbouw opinie te ontvangen.

Aan het bovenstaande moet de beluchting van de grond door drainage en schaduw worden toegevoegd en ik ben bang dat veel planters en landgoederen deze belangrijkste handeling in de theeteelt niet begrijpen. Om de vruchtbaarheid te behouden, hebben we goede drainage, schaduwbomen, verschillende soorten grondbewerking en bemesting nodig. Compost is essentieel, kunstmest is een tonicum, terwijl humus een voedingsmiddel is en goed is voor het kapitaal.

Dit was het duidelijkst in het seizoen dat net is afgelopen. Van oktober I 938 tot 20 april 1939, was er minder dan 1-1/2 inches regen, en dus de tuinen die het meest te lijden van de droogte waren die met weinig opslag van organisch materiaal - drainage, voeding van de bodem, en de oprichting van schaduwbomen in gebreke is gebleven.

De koelies mogen hun eigen dieren houden, die vrij grazen op het land van het bedrijf. De volgende telling geeft een idee van wat er op het land te vinden is: 133 buffels, 115 ossen, 612 koeien, 466 kalveren, 21 pony's, 384 geiten, 64 varkens: in totaal 1.795 dieren.

De afgelopen twee jaar is er praktisch geen gebruik gemaakt van chemische mest of sprays voor de bestrijding van ziekten en plagen. De productie van humus bedroeg het afgelopen jaar ongeveer 3.085 ton, terwijl er nog eens 1.270 ton bosbladschimmel is gebruikt. De kosten voor het maken en toepassen van humus zijn Rs.2/8/6 per ton, en de kosten voor het toepassen van bosbladschimmel zijn Rs.1/3/9 per ton.

De omzetting van plantaardig en dierlijk afval in humus heeft geleid tot een duidelijke verbetering van de bodemvruchtbaarheid.

De terugkeer van al het organisch afval in een natuurlijke cyclus naar de bodem wordt door veel wetenschappers beschouwd als de manier om de best smakende thee te verkrijgen en om ongedierte en ziekten te weerstaan.

Zij beweren dat de natuurlijke manier nog steeds de beste is.

Gandrapara theeplantage,

Banarhat, P.O. J.C. Watson.

18 november 1939.

[209]

BIJLAGE B

COMPOST MAKEN IN CHIPOLI, ZUID-RHODESIË

In Chipoli wordt al een aantal jaren een soort compost gemaakt, maar totdat Sir Albert Howard enkele jaren geleden zijn methoden onder de knie kreeg, was de verspilling van materiaal aanzienlijk, het product onbevredigend en de kosten, in vergelijking met wat nu wordt geproduceerd, hoog. Er werden diepe putten gebruikt en het proces werd voornamelijk uitgevoerd onder anaerobe omstandigheden, met als gevolg dat het vele maanden duurde en het grootste deel van de stikstof verloren ging. Boerderijmest werd opgeslagen in de opslagplaatsen of op grote vaste hopen, met als gevolg dat wanneer de massa werd opgebroken om naar de velden te worden vervoerd, het grootste deel van de stikstof verloren was gegaan. Veel van het grove gras, riet en soortgelijke materialen die als strooisel werden gebruikt, bleven redelijk goed bewaard, net als moeraseik in de modder, en het ontbindingsproces moest worden voltooid in de grond met het groeiende gewas, veel ten nadele van het laatste.

In Chipoli is het compostveld aangelegd volgens hetzelfde principe als in Indore. Er is water aangelegd en op regelmatige afstanden staan standpijpen. Rubberen slangpijpen van

een inch worden gebruikt om het water op de composthopen te sproeien. Op deze manier kan er op elk moment van het jaar compost gemaakt worden, het normale proces duurt bijna precies drie maanden.

Er wordt beweerd dat het goedkoper is om compost te maken in hopen naast het land waar de grondstof wordt verbouwd en te vertrouwen op de regens voor het water. Als het regelmatig regent werkt dit heel goed; maar dit is niet altijd het geval en met de onderbreking van het proces is het eindproduct niet zo goed. Een ander bezwaar tegen het maken van compost in de buurt van een kunstmatige watervoorziening is dat het te composteren materiaal niet hetzelfde seizoen gebruikt kan worden, met als gevolg dat er een jaar verloren gaat. Ik heb seizoenen gekend waarin de opeenvolging van de regenval ongeschikt was voor het voltooien van de productie, met als gevolg dat de positie van een boer die op deze methode vertrouwde voor het leveren van compost om de vruchtbaarheid van zijn land te behouden ernstig zou zijn. **[210]** De kosten van een watervoorziening zijn een kleine verzekeringspremie voor de zekerheid van de productie.

Ik vind kuilen zelfs bij warm weer niet nodig. Als de hopen elke dag worden besproeid, is dat ruim voldoende om de juiste vochtigheidsgraad te behouden en één inwoner kan gemakkelijk 500 ton onder controle houden. Water aanbrengen in emmers is niet bevredigend: het materiaal wordt niet gelijkmatig nat - er wordt te veel op de ene plek gegooid en te weinig op de andere.

Terwijl de hopen worden gekeerd, zorgt een gecontroleerde

besproeiing ervoor dat het vochtgehalte correct blijft.

De kwestie van de kosten wordt aangevoerd tegen de centrale fabriek. Ik ben van mening dat de kleine extra transportkosten ruimschoots gecompenseerd worden door beter toezicht en controle op het proces. De kosten voor het verplaatsen van de grondstof kunnen worden verlaagd door de san hennep, of wat er ook wordt gebruikt, op hopen te stapelen en tot op zekere hoogte te laten rotten. Dit vermindert de bulk aanzienlijk.

Het materiaal dat in Chipoli wordt gebruikt voor het maken van compost is meestal grof viltgras dat wordt gemaaid van rivieroevers, donga's en overal waar het beschikbaar is; de volgende grote hoeveelheid is san hennep die voor dit doel wordt gekweekt, en dan biezen, afval van gewassen, onkruid, tuinafval, enzovoort.

Compost wordt teruggebracht naar de hennepstoppel en het land wordt vervolgens omgeploegd. In het verleden werden grote hoeveelheden hennep op het land geploegd om de humusvoorraad op peil te houden. In sommige seizoenen werkt dit vrij goed, maar in andere seizoenen blijven er, als gevolg van ongunstige weersomstandigheden, hoeveelheden onverteerd plantaardig materiaal op of onder het oppervlak liggen, dat het volgende seizoen moet worden afgebroken voordat er een gewas kan worden geplant. Door deze oppervlaktebegroeiing af te snijden, te composteren en terug te brengen naar het land, is alles klaar om geplant te worden zodra de regens beginnen. Nogmaals, compost gemaakt van gecombineerd dierlijk en plantaardig afval heeft duidelijk een groot voordeel ten opzichte van humus afkomstig van

de bovengroei van alleen een groen gewas.

Bij het maken van de hopen wordt een laag plantaardig afval neergelegd; de hopen worden ongeveer 25 feet lang en 15 feet breed. Mest en met urine verzadigd strooisel wordt er dan bovenop gelegd en hierop wordt de juiste hoeveelheid aarde en houtas gestrooid; het geheel wordt dan bevochtigd via de slangpijp en het proces wordt herhaald tot de hoop ongeveer 3 feet hoog is. Het opwarmen begint meteen en na een dag of tien, als de schimmelgroei algemeen is geworden, wordt de hoop omgedraaid en wordt er meer water op gedaan als dat nodig is. Er worden twee hopen naast elkaar gemaakt en als de massa aanzienlijk verminderd is, wat meestal gebeurt tegen de tijd dat de derde keer gekeerd moet worden, worden de twee hopen in één hoop gegooid. Hierdoor blijft de massa behouden en kan het proces zonder onderbreking doorgaan. Als de werking traag lijkt bij de eerste keer draaien, wordt compost van een andere hoop - die voor de tweede keer gedraaid wordt en waar de werking normaal is - tussen het materiaal gestrooid terwijl het gedraaid wordt; op die manier vindt inoculatie plaats en start het proces zoals het hoort.

Ik heb gemerkt dat een mengsel van gras en san hennep veel beter werkt dan san hennep of gras alleen.

[211] Het is gebruikelijk om grof materiaal op de wegen te leggen en er enige tijd met wagens overheen te laten rijden; dit breekt het af en de werking is veel bevredigender wanneer de productie begint. Een beter plan is om al het ruwe materiaal door de veestallen te laten lopen, waar het geïmpregneerd wordt met urine en mest en tegelijkertijd gebro-

ken wordt door het vertrappen. Het enige wat dan nog nodig is om de hopen te maken, is om dit materiaal te mengen met aarde en houtas en het te bevochtigen.

Het is altijd de gewoonte geweest om een vorm van fosfaatmeststof over het land uit te strooien. Dit wordt nu rechtstreeks aan de composthopen toegevoegd en bereikt zo de velden wanneer de compost wordt uitgereden. De goedkoopste vorm van mest die lokaal kan worden gekocht is beendermeel; naast fosfaat bevat dit ongeveer 4% stikstof. Gedroogd gras, de belangrijkste bron van grondstoffen, bevat ongeveer een half procent stikstof; dit is erg laag, zodat de toevoeging van de extra stikstof in het beendermeel de productie helpt en er geen stikstof verloren gaat. Deze toevoeging van beendermeel is gewoon een lokale variatie en is op geen enkele manier noodzakelijk voor de werking van het proces.

Dit jaar veranderde een periode van erg nat weer de open veestallen in een moeras. Het doorweekte strooisel en de mest werden zo snel mogelijk naar het compostveld gebracht en op hopen gelegd met een flinke laag aarde ertussen. Het materiaal was zo doorweekt dat het dicht opeengepakt zat en er kwam een donkergekleurde vloeistof uit de hopen. Het materiaal werd onmiddellijk gekeerd en er werd meer aarde toegevoegd, die de vrije vloeistof absorbeerde. Na drie dagen werd het materiaal opnieuw gekeerd en daarmee verdwenen de zwermen vliegen die de mest van de erven hadden gevolgd. De verhitting verliep langzaam, dus werd er nog een keer gekeerd; bij elke keer draaien werden de hopen poreuzer; bij deze laatste keer draaien werd de

verhitting snel en begon de schimmelgroei, de normale compostproductie was begonnen. Nu het principe van draaien met de daaruit voortvloeiende beluchting bekend is, kunnen verliezen die in het verleden optraden door onjuiste opslag vermeden worden. Men moet denken aan de familievuilnis in landen als België, met hun onaangename geuren en vliegenwolken; als het composteringsprincipe begrepen werd, hoeveel verlies zou er dan vermeden kunnen worden en hoeveel hygiënischer zouden de omstandigheden worden!

De belangrijkste vraag van veel mensen voordat ze beginnen met composteren zijn de kosten. Dit hangt grotendeels af van de plaatselijke omstandigheden. Arbeidskosten en het gemak waarmee de grondstoffen verzameld kunnen worden zijn de belangrijkste factoren. Ik verbouw tabak en gebruik hout als brandstof voor het drogen; mijn tabaksschuren staan dicht bij het compostveld zodat mijn voorraad houtas zowel overvloedig als handig is. De veestallen liggen vlakbij, waar hopelijk in de toekomst al het plantaardige afval doorheen kan. Er is ontdekt dat hennephooi een uitstekend veevoeder is; er zullen stapels van worden gemaakt naast het compostveld en er zullen voederhokken worden neergezet waar de werkende ossen een dagelijks rantsoen kunnen krijgen, waarbij het afval op de hopen wordt gegooid.

[212] Het maken van compost is hier nog niet zo lang aan de gang om definitieve kosten te kunnen geven. Een bepaalde operatie die dit jaar een bepaald bedrag kost, kan volgend jaar gehalveerd zijn als de werkmethoden worden verbeterd. Bij benadering kan echter het volgende worden aangegeven.

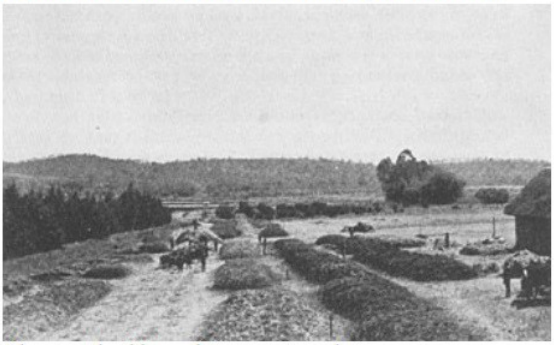
Op basis van 1000 ton afgewerkte compost, het verzamelen van alle grondstoffen en het verspreiden van de compost over het veld.

Voor degenen die het niet weten, een Zuid-Afrikaanse wagen is meestal 18 voet lang; hij wordt getrokken door een span van zestien ossen en heeft een normale lading van 5 ton. Voor het karren van plantaardig afval maak ik een raamwerk van gompalen dat bovenop de wagen zit en zo de draagkracht voor volumineuze materialen enorm vergroot. Soms werken er twee of drie van zulke wagens op dezelfde dag aan het maken van compost, soms geen enkele, maar een gemiddelde is één wagen fulltime gedurende vier maanden. Zo'n wagen vereist een bestuurder en een leider en twee andere mannen voor het laden en lossen met de hulp van de bestuurder en soms de leider. De arbeid voor het maaien en verzamelen van het grove gras, riet enz. bedraagt ongeveer tien inboorlingen per dag gedurende twee maanden. De san hennep wordt gemaaid met een maaimachine en verzameld met een veeg, ongeveer vier inboorlingen voor een maand. Voor de productie zelf kunnen vier inboorlingen vijf maanden lang alles doen. Dit geeft een totaal van 1800 inheemse dagen. Voor het verspreiden van de afgewerkte compost gebruiken sommige mensen een mestverspreider, wat uitstekend werkt, maar zo'n werktuig zou voor ons te langzaam zijn.

[213] Op Chipoli worden drie wagens tegelijk gebruikt voor het verspreiden; elke wagen vervoert iets meer dan 3 ton afgewerkte compost. Vier inboorlingen vullen de wagens bij de hopen en zodra een wagen op het veld aankomt, wordt

hij door vier andere inboorlingen met schoppen of vorken ingestapt die de compost over een strook van vooraf bepaalde breedte verspreiden terwijl de wagen langzaam verder rijdt.

PLAAT XIII: Compost maken in Chipoli, Zuid-Rhodesië



Algemeen beeld van de composteerplaats.

De hopen worden bewaterd.

Gemiddeld maakt een wagen, rekening houdend met aangrenzende en verder afgelegen gebieden, acht tochten per dag; dus met een totaal van veertien inboorlingen verspreiden we zo'n 75 ton compost per dag. Het verspreiden van 1000 ton kost dus 200 inheemse dagen. Met andere woorden, de hele operatie van het snijden van het afval tot het

verspreiden van het eindproduct over het land duurt 2000 inheemse dagen. Dit betekent dat het werk van twee inboorlingen gedurende één dag nodig is voor elke ton compost die wordt gemaakt en over het land wordt verspreid.

Bij het bovenstaande komen natuurlijk nog het onderhoud en de afschrijving van wagens, maaimachines enzovoort als ze met dit werk bezig zijn, maar dit is een vrij kleine post. De os wordt niet meegerekend, want hij helpt niet alleen bij de productie door afvalmateriaal te leveren, maar als zijn diensttijd erop zit, wordt hij vetgemest en verkocht aan de slager, meestal voor een bedrag dat minstens even hoog is als zijn kosten.

Mijn waterleiding, gemaakt van materiaal uit een oude mijn, werd na het eerste seizoen afgeschreven.

Onlangs heb ik voor de Commissie Natuurlijke Hulpbronnen verklaard dat, als compost maken algemeen zou worden in Zuid-Rhodesië, de landbouwproductie van het land verdubbeld zou kunnen worden zonder dat er nieuw land in cultuur gebracht zou worden.

Vorig jaar was de rekening voor kunstmest op Chipoli ruwweg de helft van wat het was, en als de staat van de groeiende gewassen een indicatie is, zal het resultaat met vijftig procent toenemen.

Dit seizoen is er compost gebruikt voor citrusvruchten, maïs, tabak, apennootjes en aardappelen. Een buurman werd, enigszins tegen zijn zin, overgehaald om wat compost te maken; dit deed hij en paste het toe op land waarop hij tabak had geplant: hij vertelt me nu dat die tabak de beste van

zijn boerderij was.

[214] Enkele foto's gepubliceerd in het Rhodesia Agricultural Journal laten op een opvallende manier de droogtewerende eigenschappen zien die het land krijgt nadat het met compost is behandeld. De maïsplanten op het land waaraan compost was toegevoegd vertonen bijna geen tekenen van nood, terwijl de planten op land zonder compost allemaal verschrompeld zijn. Goed gemaakte compost heeft de eigenschap om een bepaalde hoeveelheid stikstof uit de lucht vast te leggen. Om dit zo goed mogelijk te doen, lijkt het noodzakelijk om de productie zo snel mogelijk uit te voeren. Er mag geen onderbreking zijn en het materiaal mag in geen geval uitdrogen of te nat worden. Ik ben geneigd om meer grond te gebruiken dan absoluut noodzakelijk is; het kost niets en de kleine extra transportkosten worden ruimschoots gedekt door de aanwezigheid ervan als een vorm van verzekering tegen stikstof die zou kunnen worden afgegeven en die het geneigd is vast te pakken en te fixeren. We weten op dit moment weinig over mycorrhiza, maar het is waarschijnlijk dat een teveel aan grond geen nadeel is.

Als het areaal groot is en de compost niet om het hele areaal heen kan, is het waarschijnlijk beter om een middelzware bemesting te geven aan een groter areaal dan een zware bemesting aan een kleiner areaal. Een bemesting van ongeveer 5 ton per acre is ongeveer het minimum voor gewone gewassen, maar voor aardappelen en vrachtwagengewassen moet minstens 10 ton per acre gegeven worden, en, indien beschikbaar, aanzienlijk meer. Er moet rekening mee worden gehouden dat veel grond in Rhodesië zo humusarm is

dat er nu veel zwaardere compostbemesting nodig is om de grond weer tot leven te wekken dan wanneer de grond eenmaal de natuurlijke omstandigheden heeft bereikt.

Hoe meer ik zie over het maken van compost, hoe noodzakelijker het lijkt om het materiaal continu toegang tot lucht te geven. Dit kan, zoals eerder is uitgelegd, worden gedaan door het regelmatig om te draaien en als het snel wordt omgedraaid, hoeft er maar weinig warmte verloren te gaan en vindt er geen onderbreking van het proces plaats.

Een stap vooruit naar een betere luchttoevoer zou een serie gemetselde rookkanalen onder de hopen zijn. Maar onder mijn omstandigheden, met de positie van de hopen die voortdurend verandert en met Schotse karren en zware wagens die voortdurend tussen de hopen rijden, zouden de rookkanalen altijd kapot gaan. Pijpen van zes inch met gleuven in de zijkanten en een stuk metaal uit de gleuf dat aan één kant scharniert en aan elke kant naar buiten is gedraaid, zodat er een luchtruimte in de compost ontstaat, met een voortdurende toevoer van lucht vanuit de binnenkant van de pijp, zouden waarschijnlijk heel goed werken. Het nadeel zijn natuurlijk de kosten. Om nog verder te gaan zou een kleine olie-aangedreven compressor gebruikt kunnen worden, zoals die gebruikt wordt om een pneumatische hamer aan te drijven, gemonteerd op een kruiwagen of kleine handtruck en verbonden met een pijp door middel van een rubberen slang. De pijp zou bijvoorbeeld een diameter van 1 inch hebben en aan één uiteinde puntig zijn. Op een afstand van misschien 18 inch van de punt worden kleine gaten geboord. De operatie wordt herhaald op misschien 3 feet af-

stand. De pijp wordt in het midden in de hoop geduwd en er wordt lucht ingepompt. **[215]** Een groot aantal hopen kan worden behandeld met geforceerde beluchting in een dag, en als deze methode resulteerde in de vaststelling van slechts een paar extra kilo stikstof per ton het zou de moeite waard zijn.

Dit is echter misschien te ver gaan in het huidige stadium. De grote schoonheid van de methode van Sir Albert Howard is zijn eenvoud. Het kan worden gebruikt in inheemse dorpen door primitieve mensen met hun eigen gereedschap net zo goed als op de meest moderne landgoederen met behulp van geavanceerde machines.

Ik ben blij te kunnen zeggen dat de Rhodesische regering heeft bepaald dat het maken van compost moet worden onderwezen in alle inheemse agrarische opleidingscentra. Geleidelijk aan zal de belangstelling voor dit onderwerp toenemen. Ik heb al oude mannen uit naburige dorpen laten komen om te zien hoe mest wordt gemaakt van droog gras. We staan aan de vooravond van het composttijdperk. Als de principes ervan jaren geleden waren toegepast, had de verwoesting die heeft plaatsgevonden in de Midden-Westelijke Staten van Amerika voorkomen kunnen worden. De zogenaamde 'wet van de afnemende meeropbrengst' is alleen van toepassing op diegenen die de bodem niet echt begrijpen en hem behandelen zoals de natuur het bedoeld heeft. Rhodesië is gelukkig een jong land en de vernietiging van de bodem is, relatief gezien, nog niet zo ver gevorderd.

Als het maken van compost algemeen wordt, wat betekent dat de grond grondig wordt herbouwd en zo vruchtbaarder

wordt en beter bestand is tegen droogte doordat het beter in staat is om de neerslag te absorberen, waarvan een groot deel nu onnodig naar de oceaan stroomt, zal er een grote verandering plaatsvinden in de landbouwvooruitzichten. Het huidige systeem, dat door velen wordt gebruikt, waarbij de grond wordt ontgonnen in plaats van bewerkt, tot het uiterste wordt gestimuleerd met kunstmatige middelen en - wanneer het is gedood - wordt verlaten, moet worden ingeruild voor echte bodemopbouw volgens de methoden van de natuur. Alleen op deze manier kunnen rampen, waarvan overal voorbeelden te zien zijn, worden voorkomen en kan het land datgene produceren waarvoor het bedoeld was voordat onze al te slimme methoden erop werden toegepast.

J. M. Moubray
Chipoli Shamva,
Zuid-Rhodesië [Zimbabwe]
2 februari 1939.

[217]

APPENDIX C

DE PRODUCTIE VAN HUMUS UIT HET AFVAL VAN DE STAD EN HET DORP

door Sir Albert Howard, C.I.E., M.A.

Voorheen directeur van het Institute of Plant Industry, Indore, Centraal-India, en Agricultural Adviser aan staten in Centraal-India en Rajputana.

Overgenomen uit een paper voorgelezen op het Gezondheidscongres aan het Royal Sanitary Institute gehouden in Portsmouth van 11 tot 16 juli 1938.

Het bos suggereert het basisprincipe dat ten grondslag ligt aan de correcte verwijdering van stads- en dorpsafval in de tropen. De resten van de bomen en het dierlijke leven, die in alle bosgebieden voorkomen, worden gemengd op de bodem van het bos en door schimmels en bacteriën omgezet in humus. Het proces is altijd hygiënisch en er is geen enkele vorm van overlast. De natuurlijke methode om met bosafval om te gaan is om het om te zetten in een essentiële mest voor de bomen door middel van voortdurende oxidatie. De productie van humus uit landbouw- en stadsafval door middel van het Indore Process is afhankelijk van hetzelfde principe -- een toereikende toevoer van zuurstof tijdens de gehe-

le omzetting.

HET INDORE-PROCES

Het Indore Proces, oorspronkelijk bedacht voor de productie van humus uit afvalproducten van de landbouw, heeft een eenvoudige oplossing geboden voor de sanitaire verwijdering van nachtgrond en stadsafval. De methode is een composteringsproces. Iedereen die geïnteresseerd is in tropische hygiëne vindt een gedetailleerd verslag van de grote chemische principes die ten grondslag liggen aan het Indore proces en van de praktische werking van de methode in de vijf artikelen die aan het eind van deze notitie worden aangehaald.

HUMUSPRODUCTIE IN TOLLYGUNGE, CALCUTTA

[218] Misschien is de beste manier om de toepassing van het Indore proces op stadsafval te introduceren het geven van een verslag van het recente werk dat gedaan is door de heer E. F. Watson, O.B.E., op de Tollygunge Municipality trenching ground, vlakbij Calcutta.

Het omzetten van huisvuil en nachtgrond in humus wordt uitgevoerd in met bakstenen beklede kuilen van 2 voet diep, waarvan de randen worden beschermd door een bakstenen stoeprand. De beschermrand is gemaakt van twee bakstenen die plat in cementmortel zijn gelegd, waarbij twee staven van een kwart inch in de voeg dienen als versterking. De bovenste baksteen moet 1 inch over de put uitsteken om een lip te vormen die voorkomt dat vliegenlarven ontsnappen.

Elk compartiment van de put heeft een capaciteit van 500 kubieke meter en in de vloer zijn kanalen gemaakt voor beluchting en drainage. De beluchtingskanalen zijn bedekt met bakstenen die in open verbinding zijn gelegd en die aan de uiteinden omhoog lopen in schoorstenen die openstaan voor de wind. Op deze manier dringt lucht van onderaf door in de gistende massa. Op één punt lopen deze kanalen door als afvoer naar het dichtstbijzijnde laaggelegen land. Het is een voordeel om bij het metselen van de kuilen een lichte helling aan te brengen in de richting van de beluchtingskanalen, omdat dit helpt om de kuilen droog te houden bij nat weer. Het gebied rond de put wordt beschermd door bakstenen soldering. Werkdetails van deze composteringsputten worden getoond in Fig. I. (?)

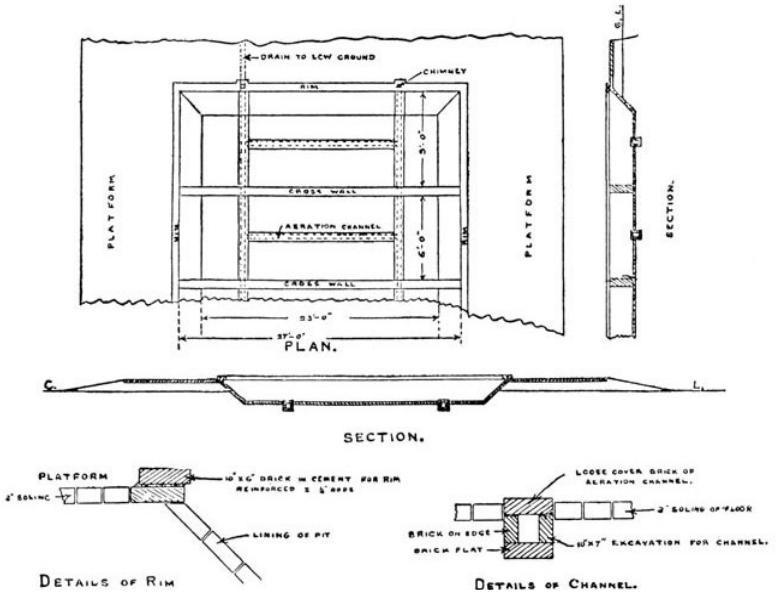


FIG. 8. Plattegrond en details van de composteringsputten in Tollygunge, Calcutta.

De methode voor het vullen van de kuilen is het belangrijkst, omdat het succes afhangt van de juiste procedure op dit punt. Om te beginnen wordt een karrenvracht ongesorteerd afval vanaf het laadplatform in de put gestort en met sleepharken (Fig. 9) verspreid tot een laag van 3 of 4 inch dik. Een andere karrenvracht afval wordt dan op deze laag gestort en tot een helling geharkt die van de rand tot het midden van de put reikt en de hele breedte in beslag neemt. Het oppervlak van deze helling wordt enigszins uitgehold door een beetje afval van het midden naar de zijkanten te harken. Een beetje afval wordt ook op de drempel aan de rand van de weg geharkt om eventuele nachtgrond op te vangen die erop wordt gemorst door het storten. Een halve karrenvracht nachtgrond wordt dan op de helling gekiept en met het bevochtigde afval eronder wordt het in kleine porties door sleeprakkers getrokken totdat de breedte van de kuil bedekt is. Als dit gedaan is, wordt de resterende halve lading nachtgrond op het pas blootgelegde oppervlak van de helling gestort en de verdeling door harken herhaald totdat de helling (en het afval op de drempel) helemaal verwijderd is en een laag vormt over de hele kuil die wordt gevuld. **[219]** Een andere karrenvracht afval wordt dan gekiept, een andere helling wordt gemaakt, de drempel wordt bedekt, nachtgrond wordt toegevoegd en weggeharkt. De hele groep handelingen wordt zo herhaald totdat de kuil opgeladen is. Dit duurt 2 dagen. De bovenste laag van de eerste dag moet bedekt worden met 2 inches afval en mag niet vermengd worden met de laag eronder. Dit helpt om gelijkmatig vocht en warmte in de gemengde lading te houden en de toegang van vliegen te voorkomen. De laatste handeling op de twee-

de dag is om een vrije ruimte te maken aan het einde van elke kuil voor het keren en ook om te helpen bij de drainage na zware regenval. Dit wordt gedaan door 2 voet van de inhoud aan één kant over de rest te trekken. Het oppervlak wordt dan vlak geharkt en bedekt met een dunne laag droog huisvuil.

Er komt geen stank uit een goed gevulde put, omdat de overvloedige beluchting alle overlast effectief onderdrukt. Geur kan dus gebruikt worden bij de praktische controle van het werk; als er sprake is van overlast, dan doet het personeel het werk niet goed. Ze laten ofwel zakken met nachtgrond achter of anders duidelijke lagen van dit materiaal, die beide de beluchting verstoren en dus stank veroorzaken.

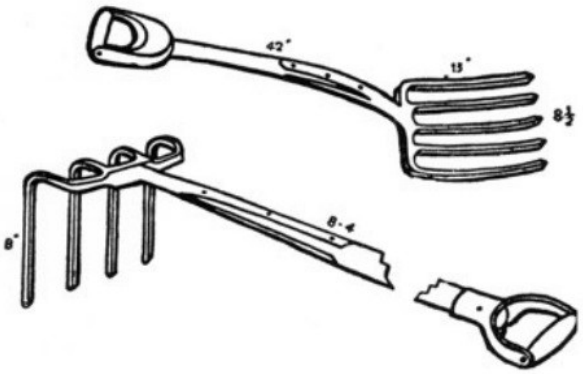
Eerste maal omkeren. -- Vijf dagen na het begin moet de inhoud van de kuil worden gekeerd. Het doel van deze beurt is om het mengen te voltooien en in het midden te draaien en zo de vliegenlarven te vernietigen die door de hitte van de massa naar de koelere oppervlakken zijn gedreven.

Het mengen van de hoop en het keren gebeurt het best met mestslepers met een lange steel en door mannen die op de wanden van de scheiding staan of op een ruwe plank die de wanden overspant.

Tweede maal keren. Na nog eens tien dagen wordt de massa een tweede keer gekeerd, tegen die tijd is elk spoor van nachtgrond verdwenen.

Water geven. Bij droog weer kan het nodig zijn om bij elke beurt een beetje water op het afval te sprenkelen. De inhoud moet vochtig maar niet nat worden gehouden.

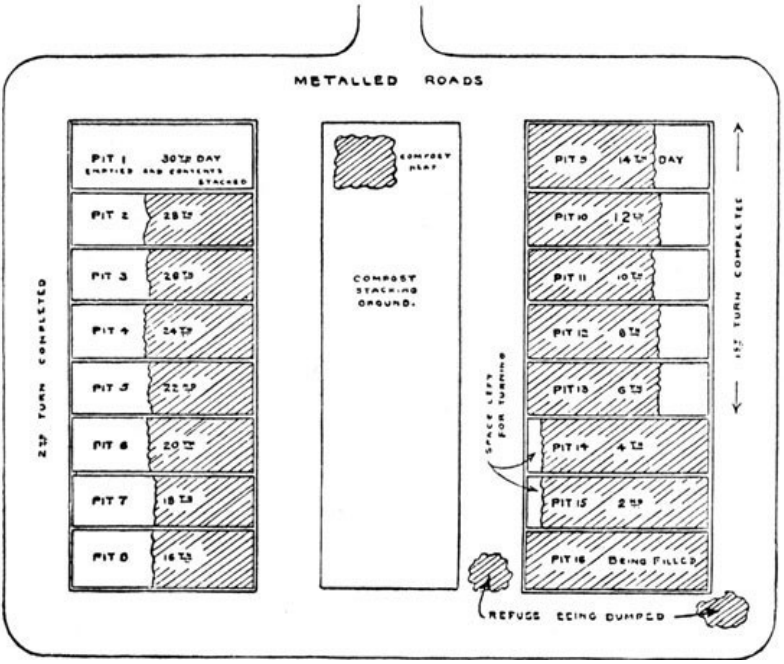
Bij erg nat weer, wanneer het oppervlak van de kuilen voortdurend koel wordt gehouden door de regen, ontwikkelen zich veel vliegenlarven voor de eerste keer, maar omdat deze niet kunnen ontsnappen en in de hete massa worden gedraaid en vernietigd voordat ze als vlieg kunnen uitgroeien, is er geen overlast. Vliegen zijn daarom zeer nuttig als een ander middel voor automatische controle.



AFB. 9. Sleephark met lange steel en vork gebruikt bij het composteren.

Rijping van de compost. Na nog eens twee weken wordt het materiaal uit de kuilen naar het platform gebracht om te rijpen. Het hele proces duurt dus een maand. De stapels rijpende compost moeten 4 voet hoog zijn, vrij van het laadplatform op een stapelplaats die tussen twee rijen kuilen loopt (Fig. 10). Het stapelproces maakt sorteren mogelijk. Al het materiaal dat niet voldoende afgebroken is, zoals stokken, leer, kokosnootschillen en blikjes, wordt eruit gehaald en in een aangrenzende kuil gegooid voor verdere behandeling. Inerte materialen zoals bakstenen en potscherven worden op

de weg gegooid om te worden gemetalliseerd. In dit stadium is het gemakkelijk om met de hand te plukken, omdat de inhoud van de kuil is omgezet in een ruwe, onschadelijke compost. Het rijpingsproces is na een maand voltooid, waarna de humus kan worden gebruikt voor het bemesten van braakliggende grond of als topdressing voor groeiende gewassen.

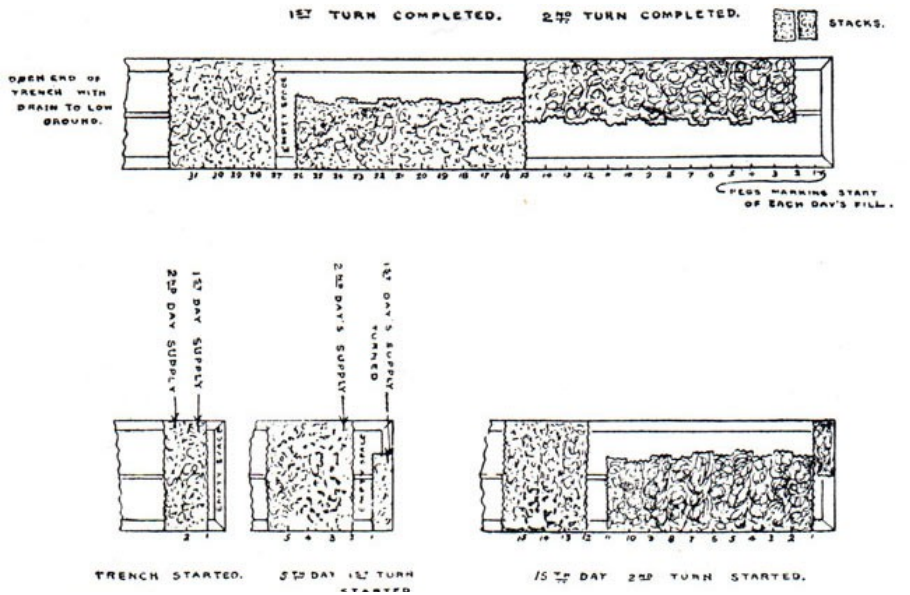


AFB. 10. Plattegrond van een compostfabriek in Tollygunge, Calcutta, na een maand gebruik.

Kosten. De kapitaalkosten zijn erg laag. Een bevolking van 5000 mensen in India levert dagelijks zo'n 250 kubieke meter huisafval op, genoeg om met alle nachtgrond te mengen. Hiervoor is een compostfabriek nodig van zestien kuilen

van elk 500 kubieke feet, waarbij één kuil in twee dagen gevuld kan worden (Fig. 10). Met wegen, platforms en gereedschap kost dit tussen de 1.000 en 1.500 roepies. De dagelijkse productie is 150 kubieke feet afgewerkte compost, die voor Rs. 5 tot Rs. 7 wordt verkocht.

Bij het lagere bedrag zal de verkoopopbrengst van het eerste jaar ongeveer Rs. 1.800 zijn. Dit dekt ruimschoots de bedrijfskosten. Een fabriek van deze grootte heeft een vaste staf van vijf man nodig.



AFB. 11. Plattegrond van een eenvoudige compostgeul voor een dorp. De producten van de eerste en tweede dag gestapeld en sectie 2 klaar om gevuld te worden.

© www

EEN EENVOUDIGE INSTALLATIE VOOR EEN DORP

Als een plattelandsgemeenschap te arm is om een vuilniswagen te bezitten of om met bakstenen beklede kuilen te bouwen, kan compostering worden uitgevoerd in een open sleuf op elke hoge grond, zonder gebruik te maken van scheidingswanden.

Het probleem met niet-beklede kuilen is de ontsnapping van vliegenlarven die zich voortplanten in de wanden van de kuil en in de stapels rijpende compost. Dit nadeel kan overwonnen worden door de verticale wanden dicht te metselen of door kippen te houden, die goed gedijen op de larven.

ENKELE VERDERE ONTWIKKELINGEN

Het gebruik van humus bij het verzamelen van nachtgrond. Er is één zwak punt in deze twee toepassingen van het Indore Proces op stedelijk afval. In beide gevallen wordt nachtgrond verzameld, vervoerd en gecomposteerd in ruwe staat. Dit geeft tijd voor rotting en voor overlast. Dit kan worden voorkomen door het gebruik van humus in de latrinebakken, die zorgt voor de oxidatie van de nachtgrond vanaf het moment van storten en zo overlast en vliegen voorkomt. De emmers moeten elke dag als ze in gebruik worden genomen minstens 15 cm droge humus bevatten en de uitwerpselen moeten bedekt zijn met een soortgelijke laag humus als de emmers in de karren van de conservatoria worden geleegd. Op deze manier wordt rotting en stank voorkomen; het composteringsproces begint in de emmers zelf. Het gebruik van humus zal het volume en het gewicht van de verwerkte

nachtgrond doen toenemen, maar deze toename in het werk zal worden gecompenseerd door de grotere efficiëntie van het composteren, door de onderdrukking van stank en vliegen, en door een aanzienlijke vermindering van het verlies van gecombineerde stikstof.

Composteren van nachtgrond en stadsafval in kleine kuilen. **[222]** Nachtgrond kan gecomposteerd worden in kleine kuilen zonder dat het omgewoeld hoeft te worden. Deze kuilen kunnen van elke geschikte grootte zijn, zoals 2 voet bij 12 voet en 9 duim diep, en kunnen in rijen worden gegraven (gescheiden door een voet ongeroerde grond) in elk gebied dat bestemd is voor groenten of gewassen. In de bodem van de kuilen wordt een vork diep ingeslagen en van de ene naar de andere kant gewerkt om de ondergrond te beluchten en te zorgen voor drainage na hevige regenval. De kuilen worden dan voor een derde gevuld met stads- of groenteafval, of een mengsel van beide, en vervolgens bedekt met een dunne laag nachtgrond en compost uit de latrinebakken. De kuil wordt dan bijna gevuld met meer afval, waarna de kuil wordt aangevuld met een laag losse grond van 3 inch. De kuil wordt nu een kleine compostkamer, waarin het afval en de nachtgrond snel worden omgezet in humus zonder dat er nog aandacht aan besteed hoeft te worden. Na drie of vier maanden zitten de kuilen vol afgewerkte compost en leven ze van de regenwormen. Een gemengd gewas van maïs en enkele peulvruchten zoals de duivenerwt (Cajanus indicus) kan dan op de rijen van de kuilen worden gezaaid als de regen het toelaat, en geleidelijk worden aangeaard met de overtollige grond. De maïs zal als eerste rijpen, waardoor

het land met duivenerwten overblijft. Het volgende jaar kunnen de kuilen worden herhaald op de lege plekken tussen de rijen met peulvruchten. In twee seizoenen kan grond worden voorbereid die geschikt is voor groenten.

De Kleine Aarde 54 -1985
https://archief.dekleineaarde.nl/1985-Herfst/SPPDF/1985_herfst_00044.pdf
https://archief.dekleineaarde.nl/1985-Herfst/SPPDF/1985_herfst_00045.pdf

Wijsheid uit een oud boek

Suan George

Onlangs kreeg ik van een vriend een boek opgestuurd dat in herbegin van de jaren veertig uitgegeven is onder de titel 'An agricultural Testament'. Hoewel in het begeleidende briefje 'dit is echt wat voor jou' stond, was ik daarvan niet meteen overtuigd. Ik zat niet te wachten op een niet erg apetijtelijk boekwerk dat hoofdzakelijk over kompost leek te gaan. En ik vroeg me af of de schrijver, Sir Albert Howard, M.A. Companion of the Indian Empire, die als 'Imperial Economic Botanist" aan de regering van India verbonden was van 1905 tot het einde van de jare dertig nu wel direkt mijn type was.

Ik vergiste me. Hoewel Sir Albert zijn schop en zijn pen aan de vooravond van de Tweede Wereldoorlog neerlegde; hoewel de landbouw zowel in de tropen als in gematigde streken zich in diametraal tegengestelde richtingen ontwikkelde vergeleken met datgene wat hij bijna tachtig jaar begon te bepleiten, zijn zijn aanbevelingen waardevoller dan die van een kollektie hedendaagse afgestudeerden van westelijke landbouwhogescholen samen.

Van boeren leren

De meeste 'moderne' agronomen zouden Howard onmiddellijk als onwetenschappelijk of minstens als verouderd van de hand wijzen. Iedere zichzelf respekterende in het Westen opgeleide landbouwman die met een plaag gekonfronteerd wordt vecht terug met een bestrijdingsmiddel. Hij wil hogere opbrengsten, hij gebruikt N, P of K kunstmest. Niet zo Sir Albert.

Toen hij in 1905 aankwam op het Pusa Agricultural Research Institute om daar ziektes te bestuderen die verschillende gewassen teisterden besloot hij *'nieuwe wegen in te slaan en een idee uit te proberen, namelijk om te kijken wat er zou gebeuren wanneer je insekten en plagen met rust liet en hen toestond om ongestoord hun gang te laten gaan en waarbij alleen indirekte methodes, zoals verbeterde teelt en efficiëntere rassen gebruikt werden om aanvallen te voorkomen.'*

Hoe kwam hij aan een zo'n waanzinnig idee? Door zijn ogen open te houden. '*De gewassen die door de telers in de omgeving van Pusa geteeld werden waren opmerk vrij van ziektes en plagen. Bestrijdingsmiddelen hadden geen plaats in dit oude landbouw-systeem.'* Van die konstatering was het nog maar een kleine en onorthodoxe stap naar '*te beslissen dat ik niets beters kon doen dan naar het werk van deze boeren te kijken en me hun traditionele kennis zo snel mogelijk eigen te maken... ik zag hen als mijn leermeesters.*'

Om zowel zichzelf als skeptici van de voordelen van deze methode te overtuigen gebruikte Howard geen preventieve

maatregelen en vernietigde nooit aangetaste planten. Naarmate hij de traditionele praktijken beter leerde begrijpen, kwamen er minder ziektes voor zodat na '*vijf jaar onder toezicht van mijn nieuwe leraren - de boeren en de plagen - de aanvallen van de insekten en de zwammen op de verschillende gewassen vrijwel te verwaarlozen waren.*'

De wetenschappelijke principes die Sir Albert uit zijn experimenten trok, klinken nu nog ketterser dan ze dat in 1910 gedaan moeten hebben - en zijn het des te meer waard om kennis van te nemen in onze volop chemische tijd.

Niet oorzaak maar bestraffers

Hij kwam tot de konklusie dat insekten en zwammen nooit de oorzaak zijn van plantenziektes. Ze dienen als *bestraffers* van onjuiste behandeling en dienen als waarschuwing aan de boer dat de gewassen niet de juiste voeding krijgen. Plagen zijn de manier van de natuur om landbouw op peil te houden. Landbouw bedrijven met chemische middelen verduistert alleen maar het werkelijke probleem, dat altijd geweest is hoe je gezonde gewassen moet telen. De regel is: *vernietig* de parasiet niet, maar gebruik hem om je landbouwpraktijk te verbeteren.

Howard hanteerde al snel dezelfde redenatie bij het fokken van dieren, want de belangrijkste bron van energie in de landbouw in India was en is vee dat regelmatig door runderpest en mond- en klauwzeer gedecimeerd wordt. Zijn ossen werden gevoerd met vers voeder, dat geteeld werd op vruchtbaar land.

'*Geen van mijn dieren werd ooit afgezonderd, geen van de dieren werd ingeënt.. ik heb vaak gezien dat mijn ossen hun neuzen aanwreven tegen gevallen van mond- en klauwzeer. Er gebeurde niets.'* Met andere woorden reageerden goed gevoede dieren precies zo op ziektes als goed geteelde gewassen op plagen - er vond geen infektie plaats. Sir Albert herhaalde dergelijke experimenten in de komende vijfentwintig jaar op verschillende plaatsen en met identieke resultaten.

Schurk Liebig

De held van zijn 'Testament' is humus, de levende organische stof van de aarde. De schurk is de Duitse wetenschapper Liebig, die de landbouw op een verkeerd spoor zette met zijn in 1840 gepubliceerde monografie over landbouw chemie. Hoewel hij 'misschien een '*geniale onderzoeker*' was, hij moest de 'humus theorie', die in die dagen het wetenschappelijk denken beheerste, vernietigen om zijn eigen denkbeelden aanvaard te zien. 'Hij was zo zeker van zijn zaak dat... het niet bij hem op kwam dat hoewel de humus theorie, zoals die toen gold, misschien onjuist mocht zijn, humus zelfwaardevol was.'

Het ergste van alles, Liebig 'was geen boer' en niet in staat vanuit zijn laboratorium - perspektief naar praktische problemen te kijken. '*Zijn falen heeft een schaduw geworpen over veel van het wetenschappelijk onderzoek in de honderd jaar die na hem kwamen*.'

Liebig-isme kreeg een enorme stimulans na de Eerste We-

reldoorlog. De fabrieken die zich gespecialiseerd hadden in het binden van het stikstof uit de lucht om explosieven te fabriceren hadden een nieuwe markt nodig. Die vonden ze in de grote stukken land waarop tijdens de oorlog roofbouw was gepleegd. De markt werd spoedig overspoeld met goedkope stikstofbemesting, die wonderen beloofde. Natuurlijke methodes als kompost en 'groen bemesting' werden spoedig achterhaald en bijna belachelijk.

Sir Albert was een pionier in landbouw systeem theorie of, om het eenvoudiger te zeggen, een konservator en verbeteraar van de kennis van duizenden jaren. Hij wist dat landbouw zowel een kunst als een wetenschap is. Landbouw moet kringlopen: als je de groei versnelt moet je ook de afbraak versnellen, dat wil zeggen humus maken. Hij geeft gedetailleerde instrukties hoe je alle 'afval' produkten uit de omgeving kunt gebruiken om de bodem gezond te maken en de kwaliteit en de kwantiteit van de gewassen te vergroten.

Zijn experimenten overtuigden hem ervan dat het handhaven van de vruchtbaarheid een remedie is voor ieder kwaad in de landbouw, van verzilting tot erosie en van woestijnvorming tot plagen. En bovendien gezondheid van dier en mens veilig stelt. Goede landbouw houdt ook variatie in - veel soorten planten en dieren die samen leven - ook al zo'n onwelkome konstatering in onze tijd van monokulturen.

Arme Sir Albert zou het verdriet doen ons zo bezig te zien Liebig nog te overtreffen met onze Groene Revolutie. Moge hij ons van zijn zetel bovenop zijn hemelse komposthoop ons er aan herinneren dat succesvol boeren een kwestie is van een gelukkig huwelijk tussen levende dingen en dat '*de*

zienswijzen van de boeren in alle landen respekt verdienen. Er is altijd een goede reden voor waarom zij het doen zoals zij het doen.'

Susan George

Sir Albert Howard,

'*An Agricultural Testament*',

Oxford University Press, 1943