

rationele grondbewerking in verband met de structuur van de grond en de groei van het gewas

C.VAN OUWERKERK*

De grondbewerking is een integrerend onderdeel van het teeltsysteem. Zij heeft primair tot taak de grond zodanig los te maken en te homogeniseren dat er een voor het cultuurgewas optimaal fysisch groeimilieu ontstaat. Belangrijke taken zijn ook het vernietigen van de resten van het voorgaande gewas, het met de grond vermengen van organische en minerale meststoffen en het bestrijden van onkruid en van de verwekkers van ziekten en plagen.

Door het beschikbaar komen van trekkers met een groot effectief vermogen en een nog steeds toenemende variatie in grondbewerkingswerktuigen, is het uitvoeren van deze taken enerzijds gemakkelijker dan vroeger. Anderzijds wordt het primaire effect sterker nadelig beïnvloed door het rijden over de grond, dat inherent is aan het moderne teeltsysteem. Er wordt dan ook geklaagd over het achteruitgaan van de structuur en over de slechtere bewerkbaarheid van de grond.

Deze situatie noodzaakt tot rationalisatie, zowel van de grondbewerking als van het transport over de akker. Tevens dient de grondbewerking te worden aangepast aan de zware eisen van een op bedrijfseconomische gronden vernaauwd bouwplan met een groot aandeel rooivuchten (Lumkes, 1976).

Het rationaliseren van de grondbewerking betekent in concreto het zoeken naar een meer efficiënte, aan de omstandigheden van grond en klimaat aangepaste en op de eisen van het gewas in de vruchtwisseling afgestemde grondbewerking. Dit betekent niet dat men overschakelt naar extensieve methoden, maar wel dat men op zoek gaat naar een verantwoord minimum. Daarbij is het de vraag hoe men de frequentie, de diepte en de intensiteit van de grondbewerking zodanig kan beperken dat nog juist wordt voldaan aan de werkelijke eisen

van de plant ten aanzien van de bodemstructuur, en de toelaatbaar geachte onkruidrempel nog juist niet wordt overschreden. Door het vergelijkende onderzoek van grondbewerkingsystemen wordt getracht een antwoord op deze vraag te vinden.

grondbewerkingssystemen

Grondbewerking is niet één handeling, maar een opeenvolging van ingrepen die sterk kunnen verschillen in wijze en intensiteit. Ook de mate van verdichting door berijden kan sterk worden gevarieerd.

De losmakende invloed van de grondbewerking en de verdichtende invloed van het berijden kunnen in principe op vier verschillende manieren in een systeem worden ingebouwd (tabel 1).

Bij de *traditionele grondbewerking* wordt de grond steeds door een diepe, intensieve hoofdgrondbewerking goed losgemaakt. Door het vele rijden over de grond — speciaal bij de voorjaarsgrondbewerking — wordt deze echter weer zodanig verdicht dat het effect van het losmaken vrijwel geheel teniet wordt gedaan. Ook van de zo begeerde homogeniteit blijft doorgaans niet veel over (Kuipers & Van Ouwerkerk, 1963). De *lossegrondsteelt* onderscheidt zich hiervan in principe op gunstige wijze. Het rijden over de grond wordt door het gebruik van brede werktuigen en het combineren van werkgangen zoveel mogelijk beperkt. De wieluitrusting wordt aangepast aan de toestand van de grond, en er wordt alleen over de grond gereden wanneer deze daar zo weinig mogelijk schade van ondervindt.

De *vastegrondsteeft* staat in volstrekte tegenstelling tot de *loosegrondsteelt*. Bij dit systeem wordt namelijk in principe elke vorm van mechanische grondbewerking achterwege gelaten. Daar er wel over de grond wordt gereden, kan deze zeer dicht en vast worden, zodat speciale zaaimachines noodzakelijk zijn (z.g. ruiglandzaaimachine). Bij de teelt van aardappelen kan het systeem niet consequent worden doorgevoerd: er wordt dan 5 à 6 cm volvelds gefreesd om voldoende losse grond voor het opbouwen van de aardappelruggen te verkrijgen. Het onkruid en andere ongewenste vegetatie worden bestreden met chemische middelen, ondersteund door ecologische middelen, d.w.z. het telen van grondbedekkende tussengewassen en het als mulch op de grond achterlaten van de resten daarvan. Hierdoor wordt tevens een gunstig milieu geschapen voor grotere bodemdieren die door hun activiteiten de grond weer enigszins poreus kunnen maken.

tabel 1. Grondbewerkingssystemen (schematisch).

losmaken	verdichten	benaming
+	—	lossegrondsteelt
+	+	traditionele grondbewerking
—	—	rationele grondbewerking
—	+	vastegrondsteeft

*) Ir. C. van Ouwerkerk is verbonden aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.).

De overeenstemming tussen lossegrondsteelt en vastegronds- teelt bestaat hierin dat ze geen van beide zonder voorbehoud voor de praktijk kunnen worden aanbevolen. Ze stellen echter de extremen voor in de gehele reeks van mogelijke grond- bewerkingintensiteiten. Als zodanig zijn ze voor het weten- schappelijk onderzoek van grondbewerking en plantenteelt van het grootste belang. Zij kunnen evenmin worden gemist als de extreme giften in het bemestingsonderzoek.

Rationele grondbewerking wil een systeem zijn dat de doel- matigheid van het grondbewerkingsproces in technisch én economisch opzicht vergroot. Het mikt doelbewust op een zo hoog mogelijk netto rendement, zonder daarbij uit het oog te verliezen dat een hoge fysieke opbrengst nu en in de nabije toekomst de basis voor gezonde bedrijfsuitkomsten moet vormen. Het is geen vast omschreven systeem, en in zijn opzet ook niet zo rigoureuus als het schema suggereert.

Bedoeld is dat men zowel de frequentie, de diepte als de intensiteit van het losmaken van de grond zoveel mogelijk wil beperken, door deze handeling af te stemmen op de werkelijk- ke teeltkundige eisen van het gewas in de vruchtopvolgving. Anderzijds zal men zoveel mogelijk moeite willen doen ver- dichting van de grond door berijden te voorkomen en daarbij in principe dezelfde middelen te baat nemen als bij de losse- grondsteelt. Ook hierbij zal men zich echter meer laten leiden door de financiële consequenties dan door de technische mogelijkheden. In feite is dit systeem te beschouwen als de synthese van alle positieve elementen van de in het voorgaan- de genoemde systemen (Van Ouwerkerk, 1974).

onderzoek

Op het ogenblik worden op diverse plaatsen in binnen- en buitenland één of meer van de genoemde grondbewerkings- systemen onderzocht. Hierbij krijgen de plantenteeltkundige aspecten doorgaans meer aandacht dan de bodemfysische. In Nederland wordt aan beide aspecten, alsmede aan de tech- nische uitvoering, veel aandacht besteed. Het onderzoek wordt uitgevoerd door het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (CABO), het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG), het Instituut voor Bodemvruchtbaar- heid (IB), het Proefstation voor de Akkerbouw (PA) en door de Vakgroep Grondbewerking van de Landbouwhogeschool, met medewerking van de Landbouwvoorlichtingsdienst.

Het onderzoek is geconcentreerd op de proefboerderij West- maas, waar eerst vier jaar onderzoek heeft plaatsgevonden op een proefveld (ZWZH 1310) met drie grondbewerkingsobjec- ten en vijf gewassen in enkelvoud. Herfst 1971 is een nieuw proefveld (Ws 38) gestart met drie grondbewerkingsobjecten en vier gewassen in drievoud. Een van de drie objecten is het systeem van de lossegrondsteelt, dat hier voor het eerst op zijn merites wordt onderzocht.

onderzoek 1968-1971

Op het *proefveld ZWZH 1310* werd gedurende vier jaar (1968-1971) de traditionele grondbewerking vergeleken met de vastegrondssteelt en met de rationele grondbewerking (Bakermans e.a., 1974).

tabel 2. Poriënvolume (vol.%), gemiddeld over 4 jaren en 5 gewassen op het proefveld ZWZH 1310 te Westmaas (1968 - 1971).

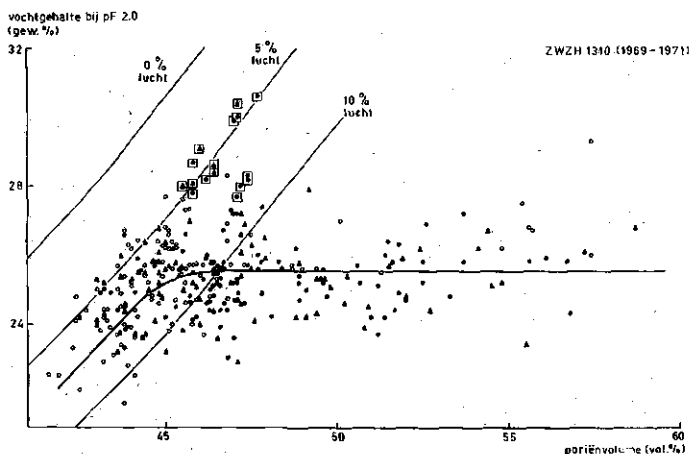
diepte (cm-mv)	grondbewerkingsstelsysteem		
	traditioneel	vastegrondssteelt	rationeel
2- 7	49,5	45,9	48,9
12-17	46,7	44,0	45,6
22-17	46,3	44,7	45,5

tabel 3. Poriënvolume (vol.%) voor drie gewassen, gemiddeld over vier jaren op het proefveld ZWZH 1310 te Westmaas (1968 - 1971).

grondbewerkingsstelsysteem	diepte (cm-mv)	suiker- bieten	winter- tarwe	aardappelen
traditioneel	2- 7	49,7	49,1	55,8
	12-17	45,9	47,9	46,6
	22-27	46,2	46,9	46,8
vastegrondssteelt	2- 7	45,4	44,8	56,1
	12-17	44,1	44,1	44,3
	22-27	45,2	44,6	44,6
rationeel	2- 7	51,6	47,0	55,8
	12-17	47,1	44,6	46,1
	22-27	46,8	44,9	46,3

Hierbij werd nog een tamelijk ruime vruchtopvolgving aange- houden: suikerbieten - wintertarwe + grasgroenbemester - aardappelen - zomergraan + grasondervrucht - graszaad. De grondsoort was kalkrijke, lichte klei (27% lutum, 3% organi- sche stof). Het blijkt (tabel 2) dat de rationele grondbewer- king een iets dichtere grond opleverde dan het traditionele systeem, en voorts dat niet-bewerkte grond spoedig dicht en vast wordt (Van Ouwerkerk & Boone, 1970). Dit wordt verder verduidelijkt in tabel 3, waarin de gemiddelde resulta- ten voor drie, elkaar opvolgende gewassen zijn vermeld. Bij de rationele grondbewerking bleef de door de suikerbieten- oogst veroorzaakte verdichting in de lagen beneden 12 cm-mv na oppervlakkig cultivateren bestaan, terwijl door 20 cm ploegen in het traditionele systeem de verdichting werd opge- heven. Bij suikerbieten waren de verschillen in poriënvolume in de tweede laag in het voordeel van de rationele grondbewerking. Hier werd het zaaibed namelijk klaargemaakt met een pennensleep, terwijl bij de traditionele grondbewerking voor dit doel een schudegge werd gebruikt. Evenals voor suikerbieten werd voor aardappelen bij beide systemen 25 cm diep geploegd, waardoor het poriënvolume vrijwel gelijk was.

Het niveau van het poriënvolume is sterk afhankelijk van de aard van de grond (lutumgehalte, humusgehalte). Het poriën- volume op zichzelf zegt daarom nog niet zoveel over de mate waarin de grond dicht of los genoemd moet worden. Het luchtgehalte bij pF 2,0 geeft daarover meer informatie. De



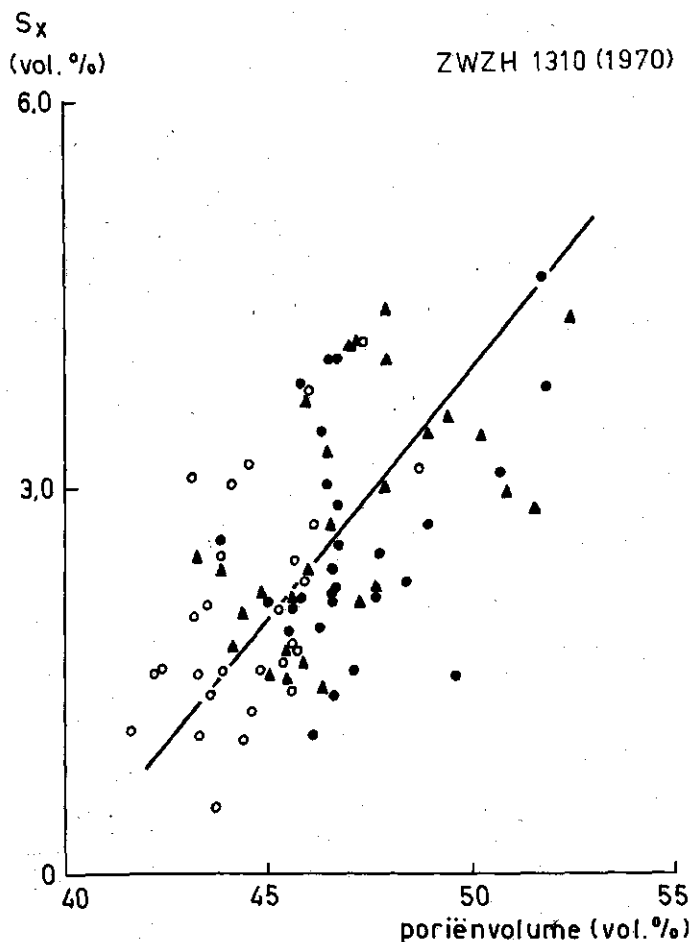
1. Samenhang tussen het poriënvolume en het vochtgehalte bij pF 2,0 voor de lagen 2-7, 12-17 en 22-27 cm-mv (elk punt is het gemiddelde van 10 ringmonsters). ● traditionele grondbewerking; ▲ rationale grondbewerking; ○ vastgrondsteelt; □ voorjaarsmonsters waarin onvolledig verteerd Italiaans raaigras.

grootte van dit luchtgehalte is intussen sterk afhankelijk van de relatie tussen poriënvolume en vochtgehalte (figuur 1). Bij hogere poriënvolumes is het vochtgehalte bij pF 2,0 vrijwel constant. Het niveau van de lijn wordt in dit traject bepaald door de aard van de grond en door de weersomstandigheden gedurende een wat langere periode vóór het moment van bemonstering. Daalt het poriënvolume echter beneden een bepaalde waarde (hier 45 à 47 volumeprocent), dan neemt gemiddeld ook het vochtgehalte bij pF 2,0 duidelijk af: het poriënvolume wordt dan te klein om de normale hoeveelheid water te kunnen bevatten (Kuipers, 1968). Als gevolg hiervan neemt het luchtgehalte bij nog verdere daling van het poriënvolume niet verder af: de curve gaat ongeveer evenwijdig lopen met de 0%-luchtcurve (verzadigingslijn).

Poriënvolumes kleiner dan 45 à 47 volumeprocent duiden hier dus op tamelijk sterk verdichte grond. Het overgrote deel van de punten die betrekking hebben op de vastgrondsteelt, ligt in dit traject. De luchtgehalten bij pF 2,0 liggen daarbij beneden ca. 10 volumeprocent, een waarde die uit ander onderzoek als mogelijk kritische waarde voor dit type grond naar voren is gekomen (Boekel, 1963). Er zij overigens op gewezen dat het vochtgehalte in het groeiseizoen in de regel niet overeenkomt met dat bij pF 2,0 zodat het effect van een laag poriënvolume op het luchtgehalte mee kan vallen, vooral in een groeiseizoen met weinig neerslag.

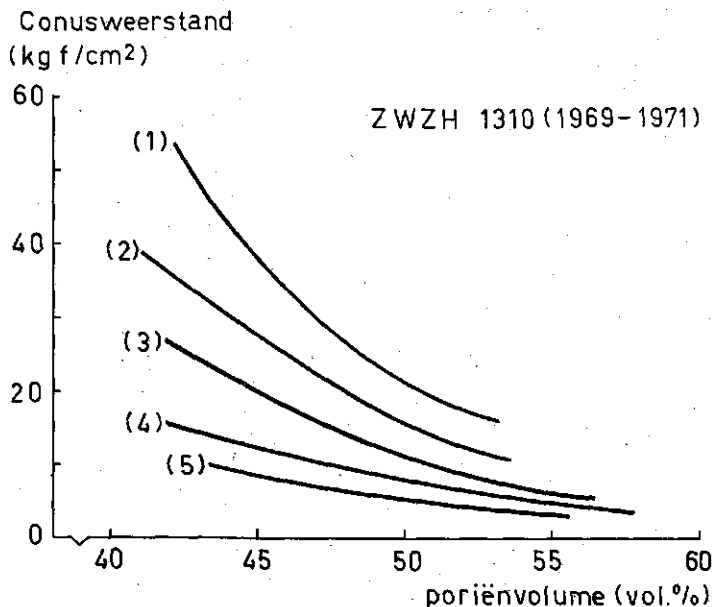
Niet-bewerkte grond is niet alleen dichter, maar tevens homogener van opbouw (figuur 2). Intussen is de heterogeniteit van het poriënvolume (bepaald aan de hand van ringmonsters van 100 ml) ook bij de vastgrondsteelt nog wel van dien aard dat er, wat de poriënruijme in de grond betreft, voldoende groeimogelijkheden voor het wortelstelsel overblijven.

Evenals het luchtgehalte is de indringingsweerstand sterk afhankelijk van het poriënvolume en van het vochtgehalte: bij lage poriënvolumes (dichte grond) en lage vochtgehalten (droge grond) ligt de conusweerstand veel hoger dan in losse, vochtige grond (figuur 3). Mede doordat het vochtgehalte bij



2. Samenhang tussen het gemiddelde poriënvolume en de spreiding van het poriënvolume (elk punt is het gemiddelde van 10 ringmonsters). ● traditionele grondbewerking; ▲ rationale grondbewerking; ○ vastgrondsteelt.

3. Invloed van poriënvolume en vochtgehalte op de conusweerstand. 1 t/m 5 = vochtgehalteklassen met klassemiddelen resp. 16,0 (1), 19,0 (2), 21,0 (3), 24,0 (4) en 27,0 (5) gew.% water.



pF 2,0 bij dichte grond wat lager is dan normaal, kan de conusweerstand al bij deze vochtspanning ca. 15 kgf/cm² bedragen. Bij uitdroging loopt deze weerstand snel op tot hoge waarden.

In het geval er onvoldoende scheurvorming optreedt, zouden onder deze omstandigheden op niet-bewerkte en daardoor homogeen dichte grond, de bewortelingsmogelijkheden gering kunnen worden. Een dichte grond is dus onder natte omstandigheden in het nadeel door een te laag luchtgehalte, onder droge omstandigheden door een te hoge indringingsweerstand.

onderzoek 1971-1975

Op het *proefveld Ws 38* wordt een tamelijk intensieve vruchtwisseling toegepast: aardappelen – wintertarwe + grasgroenbemester – suikerbieten – zomergerst + grasgroenbemester. Om de 'pure' vastgrondsteelt een eerlijke kans te geven, is er voor dit systeem tevens een rotatie met uitsluitend maaigewassen in de vergelijking betrokken: graszaad – wintertarwe + grasgroenbemester – veldbonen (koolzaad, snijmais) – zomergerst + grasgroenbemester. Het proefveld is aangelegd op kalkrijke, zware swavel (21% lutum, 2,9% organische stof). Tabel 4 geeft een indruk van de concrete inhoud van de drie vergeleken systemen.

De basis voor de lossegrondsteelt wordt gelegd door voor alle gewassen diep te ploegen. In het rationele systeem wordt voor suikerbieten en aardappelen ook geploegd, zij het voor aardappelen wat minder diep dan bij de lossegrondsteelt. Voor granen is een goed alternatief voor de ploeg gevonden in de vastelandcultivator. Mits goed uitgevoerd, is de intensiteit van de hoofdgrondbewerking bij cultivateren niet geringer dan bij ploegen. Afhankelijk van de wijze waarop de grond tussen de tanden opbreekt, is de effectieve gemiddelde werkdiepte van een cultivator echter tot 5 cm geringer dan de tandiepte. Mede hierdoor wordt in de tweede laag van de bouwvoor bij de rationele grondbewerking meestal een minder losse grond aangetroffen dan bij de lossegrondsteelt.

Daar cultivateren een niet-kerende grondbewerking is, wordt de kans op moeilijkheden bij aanwezigheid van groenbemesters echter te groot. Dit sluit cultivateren na wintertarwe en zomergerst (met ondergezaaid gras) uit, tenzij men het gras eerst dood zou spuiten. Het niet-kerende karakter van cultivateren heeft als voordeel dat na aardappelen de rooiverliesknollen bovenin de grond blijven, waar de bevroeringskansen het grootst zijn (Lumkes, 1974). Het niet keren van de grond betekent echter ook dat suikerbietenkoppen en wortelonkruid bovenin de grond blijven. Voor zomergerst en suikerbieten kan daarom de zaaibedbereiding als onkruidbestrijdingsmaatregel niet worden gemist.

tabel 4. Schema van de grondbewerkingsystemen op het proefveld Ws 38 te Westmaas (1972-1975)¹⁾.

gewas	lossegronds- teelt (A)	vastgronds- teelt (B ₁)	rationele grond- bewerking (C)
wintertarwe	ploegen (20 cm) + zaaien in één werkgang; geen zaaibedberei- ding	cult (6 cm) + zaaien in één werkgang; geen zaaibedberei- ding	cult (15 à 20 cm) + zaaien in één werkgang; geen zaaibedbereiding
suikerbieten	ploegen (25 cm) + egaliserende bewerking (evt.) zaaibedberei- ding + zaaien in één werkgang	—	ploegen (25 cm) + zaaibedbereiding zaaien
zomergerst	egaliseren met cultivator (8 cm) ploegen (20 cm) zaaibedberei- ding + zaaien in één werk- gang	zaaien met ruigland- zaaimachine egaliseren met cultiva- tor (3 cm) zaaien met ruigland- zaaimachine	egaliseren met cultivator (8 cm) cult (15 à 20 cm) zaaibedbereiding zaaien
aardappelen	ploegen (25 cm) N-bem. + poot- bedbereiding + poten + aanaar- den in één werk- gang	— frozen (5 cm) poten rijenfrozen + aanaarden	ploegen (20 cm) pootbedbereiding poten rijenfrozen + aanaarden

¹⁾ A, B₁, C = rotatie met rooivruchten; B₂ = rotatie met uitsluitend maaigewassen (geen hoofdgrondbewerking, geen zaaibedbereiding, zaaien met de ruiglandzaaimachine).

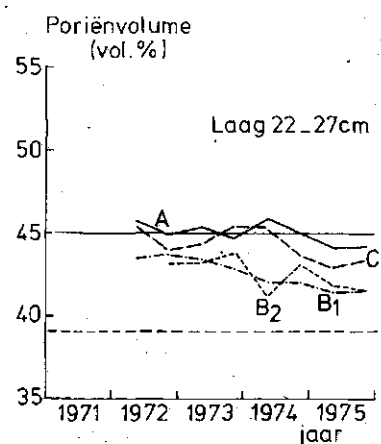
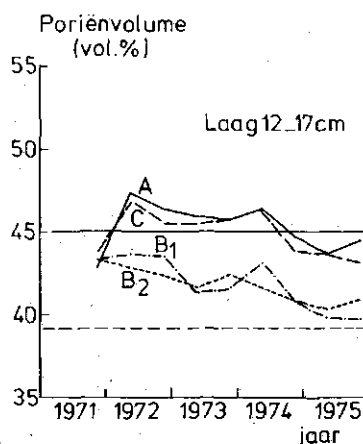
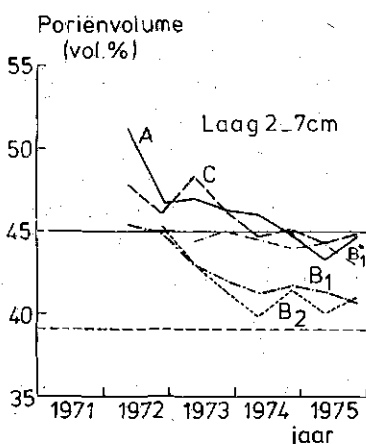
Daar ook de zaaibedbereiding gepaard gaat met rijden over de grond, wordt deze bij de lossegrondsteelt zoveel mogelijk gecombineerd met de hoofdgrondbewerking (wintertarwe) en met het zaaien of poten (overige gewassen). Tevens wordt bij de zaaibedbereiding zo min mogelijk gebruik gemaakt van aangedreven werktuigen; men is op de verdichtende invloed hiervan op de laag onder het zaaibed niet geheel gerust. Bij het ploegen voor wintertarwe is de rijsnelheid zodanig dat zonder bezwaar kan worden gezaaid met een opzij van de trekker bevestigde zaaimachine. De bij zomergerst en suikerbieten toegepaste getrokken werktuigen verlangen, om effectief te kunnen zijn, een veel hogere voorwaartse snelheid dan voor het zaaien gewenst is. Als gevolg hiervan is het zaaibed voor deze gewassen vaak aan de grove kant. Voor aardappelen wordt een zware combinatie van werktuigen toegepast, waarmee het stikstof strooien, pootklaar maken, poten en aanaarden in één werkgang worden uitgevoerd. Deze combinatie heeft doorgaans een ongunstige invloed op de geploegde, losse grond, is traag en duur. Bovendien moet er wel eens te diep, in onbekwame, natte grond worden gewerkt. Er ontstaan dan veel kluiten en er wordt te weinig losse grond verkregen, zodat de ruggen te grof en te klein worden (tabel 5).

Bij de rationele grondbewerking wordt bij het zaaien en poten in principe niet met dure combinaties gewerkt en wordt er minder op de aard van het werktuig (getrokken, aangedreven) gelet, dan op de mogelijkheid er snel een grote oppervlakte mee te kunnen bewerken. Ook dit kan een grof zaai- of pootbed opleveren. Het betekent tevens dat alleen de wintertarwe in combinatie met de grondbewerking kan worden gezaaid (zaaimachine inde werktuigendrager). Het bij

tabel 5. Percentage kluiten en oppervlakte van de dwarsdoorsnede van de losse grond van aardappelryggen op het proefveld Ws 38, 1974.

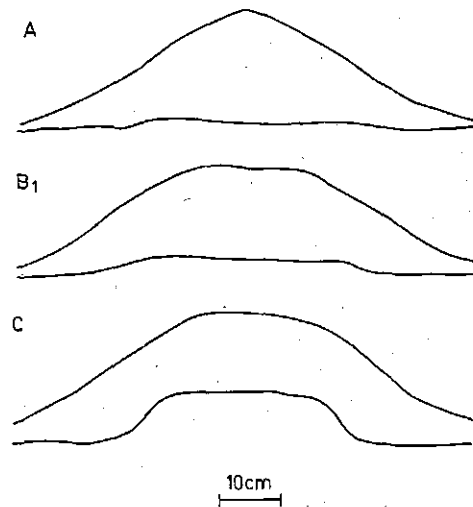
	object		
	A	B ₁	C
percentage kluiten >20 mm (gew.%)	18,8	0,8	15,0
dwarsdoorsnede (cm ²)	683	713	758

5. Verloop van het poriënvolume in de periode 1972-1975, gemiddeld over de gewassen wintertarwe, zomergerst, aardappelen en suikerbieten. A = lossegrondsteelt; B = vastegroundsteelt; C = rationele grondbewerking. A, B₁, C = rotatie met rooivruchten; B₂ = rotatie met uitsluitend maaigewassen.



*wintertarwe (vv aardappelen)

Ws 38 1971-1975



4. Dwarsdoorsnede door de losse grond van de aardappelryggen op de objecten A (lossegrondsteelt), B₁ (vastegroundsteelt) en C (rationele grondbewerking).

aardappelen noodzakelijke rijenfrenen na het poten heeft nogal eens tot gevolg dat er tamelijk brede ruggen met inwendig een plateau ontstaan (figuur 4), wat kans op kluitvorming bij het rooien betekent.

De vastegroundsteelt als hier op object B₁ bedreven, is door het noodzakelijke frezen voor aardappelen, het rooien van de aardappelen en de suikerbieten en de daarop volgende egalisatiewerkzaamheden, in feite een geavanceerd systeem van gereduceerde grondbewerking. Het achterwege laten van een zaaibedbereiding heeft voor suikerbieten het aperte bezwaar dat er, door het ontbreken van een daartoe geschikte zaaimachine, nog geen precisiezaai kan worden toegepast en dat de opkomst vaak veel te wensen overlaat.

Het volvelds frezen voor aardappelen geeft fijne grond van uniforme aggregaatdiameter. Daar men ook hierbij niet te diep mag werken (5 à 6 cm) en in verband met de grote trekkrachtbehoefte ook niet diep kan werken, wordt echter te weinig losse grond verkregen om de ruggen direct op hoogte te krijgen. Hierin wordt naderhand door rijenfrenen voorzien. Het zeer ondiep cultivateren na de aardappelooft strijkt in feite meer de uitgezeefde ruggen glad dan dat de fijne grond met grover materiaal wordt vermengd, het zo noodzakelijke contact met de ondergrond wordt hersteld en

er voldoende waterberging wordt verkregen. Het verbouwen van wintertarwe na aardappelen is in dit systeem daardoor riskant.

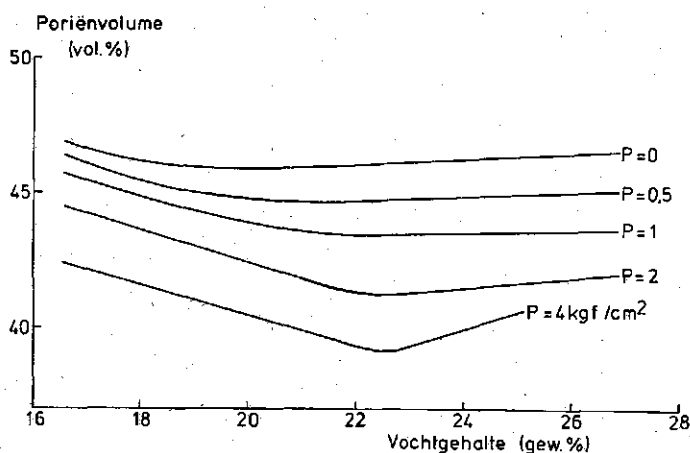
De analyse van de bodemstructuur en de opbrengsten tijdens de eerste rotatie (1972-1975) is evenals de economische evaluatie nog niet geheel afgerond, zodat hierover alleen enkele voorlopige mededelingen kunnen worden gedaan.

de bodemstructuur in de periode 1972-1975

Uit het over alle gewassen gemiddelde poriënvolume blijkt (figuur 5) dat de verschillen in bodemstructuur tussen de lossegrondsteelt (A) en de rationele grondbewerking (C) tot nu toe niet groot waren. In de laag 2-7 cm-mv was er weinig verschil, in de laag 12-17 cm-mv was object A gelijk aan of iets beter dan object C (invloed zaaibedbereiding), terwijl in de laag 22-27 cm-mv object A vrijwel steeds een duidelijk hoger poriënvolume had dan object C (invloed bewerking-diepte). Op de vaste grond (object B) is de structuur veel slechter, terwijl in de lagen 12-17 en 22-27 cm-mv tussen de objecten B₁ en B₂ nog geen duidelijke verschillen ten gunste van object B₂ zijn geconstateerd. Bij wintertarwe (vv aardappelen) heeft object B₁ in de laag 2-7 cm-mv (het zaaibed) een duidelijk hoger poriënvolume dan object B₂ (vv graszaad).

Het is opvallend dat het poriënvolume op alle objecten gestaag afneemt en zelfs op de objecten A en C daalt beneden de voor deze grond kritische grens (45 vol.% poriën; ca. 10 vol.% lucht bij pF 2,0). Bij nadere beschouwing blijkt dat deze ontwikkeling voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door de natte herfst en winter van 1974/1975. Onder invloed van de droge zomer waren er herfst 1975 al weer duidelijke tekenen van herstel. Op de objecten B₁ en B₂ blijft de structuur in de lagen 2-7 en 12-17 cm-mv echter gevaarlijk dicht in de buurt van de voor deze grond maximale dichtheid (ca. 39 vol.% poriën; figuur 6). In de laag 22-27 cm-mv, waar op niet bewerkte grond geen verdichtende invloeden meer werkzaam zijn, is de structuur op de objecten

6. Invloed van het vochtgehalte op de samendrukbaarheid van ongevoerde ringmonsters op een perceel dat qua aard van de grond overeenkomt met het proefveld Ws 38 (elke lijn steunt op ca. 30 punten). De lijn P=0 geeft het aanvangsporiënvolume; de overige lijnen geven het poriënvolume na samendrukken bij de aangegeven druk.



tabel 6. Wortel: loof-verhouding van suikerbieten op het proefveld Ws 38.

N (kg/ha)	1973			1974			1975		
	A	B ₁	C	A*	B ₁	C	A	B ₁	C
0	2,2	1,6	2,0	1,6	1,4	2,1	2,6	2,1	3,0
60	1,9	0,9	1,7	1,3	1,3	1,7	2,4	1,9	2,6
120	1,7	1,1	1,6	1,2	1,2	1,5	2,1	1,4	2,2
180	1,3	0,9	1,3	1,0	1,3	1,3	1,7	1,5	1,9
240	1,2	0,8	1,1	1,0	0,9	1,1	1,6	1,1	1,6

* Door een grof zaaibed had dit object een geringer aantal planten/ha.

B₁ en B₂ wat beter dan in de lagen 2-7 en 12-17 cm-mv, terwijl het verschil met de objecten A en C er veel minder groot is.

de opbrengst in de periode 1972 - 1975

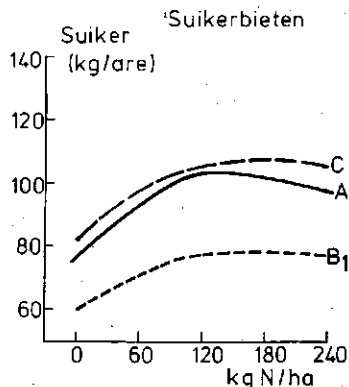
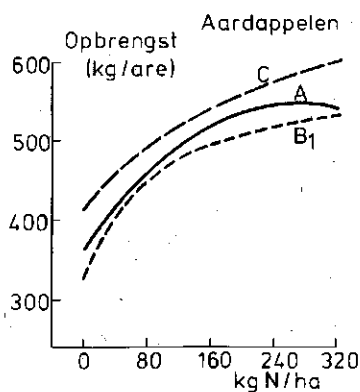
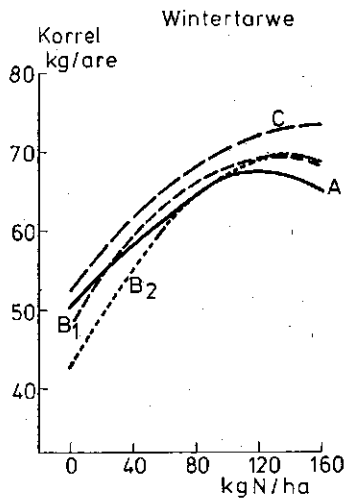
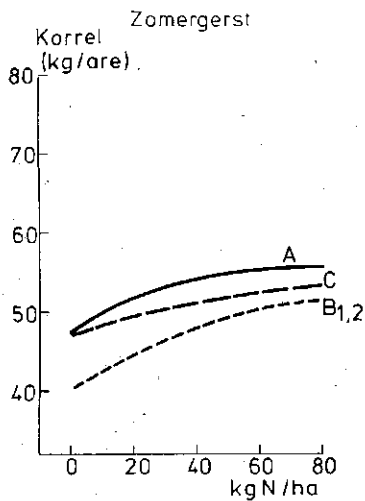
Elk jaar liggen op slechts één van de drie herhalingen van het proefveld normale stikstoftrappen¹⁾. Daarom moeten noodgedwongen de jaren als herhalingen fungeren. Door de sterke jaarinvloed wordt de betrouwbaarheid van de gemiddelde verschillen echter in sterke mate ongunstig beïnvloed. Het middelen over de jaren heeft daarom slechts een beperkte waarde.

Uit figuur 7 blijkt dat er tussen de objecten A en C gemiddeld voor de vier gewassen vrijwel geen verschil in opbrengstniveau is. Bij de vastegroundsteelt ligt het opbrengstniveau duidelijk lager. Duidelijke verschillen tussen de beide vastegroundsteeltobjecten B₁ en B₂ zijn tot nu toe niet gevonden. Zoals te verwachten bij dichtere grond, is de reactie op stikstof hier sterker. Het blijkt echter dat de invloed van een slechte structuur meestal slechts ten dele kan worden gecompenseerd door meer stikstof te geven.

Over de jaren gemiddelde opbrengsten geven in zoverre een vertekend beeld dat per jaar geconstateerde verschillen niet meer tot uiting kunnen komen. In sommige jaren kwamen er echter wel degelijk verschillen voor tussen de objecten A en C, terwijl soms de opbrengst op object B gelijk was aan die op de objecten A en/of C. De indruk bestaat dat deze verschillen in opbrengst tussen de objecten A en C meestal niet zozeer op een verschil in structuur van de bouwvoor berusten als op verschillen in de kwaliteit van het zaaivoetbed.

Zo was in 1974 het zaaibed voor suikerbieten op object A erg grof, op object C regelmatig ondiep en fijn. Dit resulteerde in een groter aantal bieten per ha en in een hogere opbrengst op object C. Op object B treedt soms een duidelijke compensatie op voor het kleinere aantal planten (groter gewicht per biet), maar doorgaans ligt het suikergehalte toch zoveel lager dat de suikeropbrengst steeds veel lager is. Ook de wortel: loof-verhouding is op object B₁ vrijwel steeds ongunstiger dan op de objecten A en C (tabel 6).

¹⁾ Stroken met cumulatieve stikstofniveaus zijn op alle drie herhalingen aanwezig; de resultaten daarvan blijven hier buiten beschouwing.



Bij aardappelen houden de fijnere ruggen op object B₁ het vocht langer vast dan de doorgaans veel grovere ruggen op de objecten A en C, zodat het gewas aanvankelijk een voorsprong neemt. Naderhand gaat deze verloren, daar de scherpe overgang tussen de losse grond in de rug en de vaste ondergrond (figuur 8) de beworteling remt en de verticale waterbeweging verstoort. Het een en ander kan echter resulteren in een voor alle objecten gelijke opbrengst. Karakteristiek voor de vastgrondsteelt is evenwel dat de sortering altijd fijner is, gesteld althans dat er geen doorwas optreedt.

Bij wintertarwe is gebleken dat in de zaaisporen op object C het gewas door verslemping kan mislukken, waardoor een lagere opbrengst dan op object A wordt verkregen. Op object B₁ kan in een natte winter door plaspvorming en verslemping vrijwel alle tarwe verdwijnen.

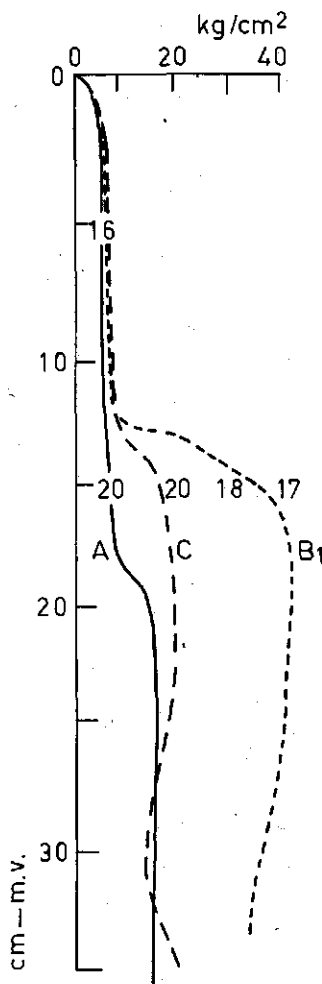
perspectief

Het systeem van de lossegrondsteelt heeft tot nu toe niet optimaal kunnen functioneren. Dit zal pas het geval kunnen zijn wanneer de technologie van rijpaden- en beddensystemen (Kouwenhoven, 1975) operationeel zal zijn. Er mag echter worden verwacht dat hiertoe ondernomen pogingen nog ruim voor het einde van de tweede rotatie (1979) succes zullen hebben. De resultaten van de vastgrondsteelt in de rotatie met rooivruchten zullen waarschijnlijk sterk verbeterd kunnen worden door over te schakelen op een geavanceerd systeem van gereduceerde grondbewerking. Hierbij blijft de hoofdgrondbewerking taboe, maar de overheersende, negatieve invloed van de slechte bodemstructuur op groei en opbrengst van het gewas zal voor een belangrijk deel gecompenseerd kunnen worden door een goed zaai-bed/pootbed.

De resultaten van het onderzoek met betrekking tot de rationele grondbewerking tonen aan, dat de frequentie, diepte en intensiteit van de hoofdgrondbewerking, afhankelijk van het te verbouwen gewas en van de voorvrucht, geringer kunnen zijn dan bij de lossegrondsteelt, die tot nu toe met de traditionele grondbewerking vergelijkbare resultaten heeft opgeleverd. Rationele grondbewerking geeft technisch weinig problemen. Het systeem kan met de normale, op ieder bedrijf aanwezige werktuigen worden aangepast aan de individuele omstandigheden van grond en klimaat.

In hoeverre de tot nu toe behaalde resultaten ook gelden voor extreem nauwe bouwplannen, wordt onderzocht op proefvelden van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid en van het Proefstation voor de Akkerbouw. De eerste resultaten van dit onderzoek wijzen erop dat verdere vernauwing

7. Opbrengst bij verschillende stikstofgiften, gemiddeld over de periode 1972-1975. A = lossegrondsteelt; B = vastgrondsteelt; C = rationele grondbewerking. A, B₁, C = rotatie met rooivruchten; B₂ = rotatie met uitsluitend maaigewassen. N.B. wintertarwe: gemiddelde over 1974 en 1975; suikerbieten: gemiddelde over 1973-1975.



8. Verloop van de conusweerstand met de diepte op de velden met aardappelen bij lossegrondsteelt (A), vastegroundsteelt (B₁) en rationele groundbewerking (C). Cijfers bij de lijnen: vochtgehalte (gew.%).

van het bouwplan zeker mogelijk is. Goede resultaten zijn echter alleen te behalen wanneer de principes van de rationele groundbewerking zowel bij de hoofdgroundbewerking en de zaaibedbereiding, als bij de mechanische onkruidbestrijding en de bestrijding van ziekten en plagen, volledig worden toegepast.

samenvatting

Uit te Westmaas (Z.H.) in de periode 1968-1975 verricht vergelijkend onderzoek van vier groundbewerkingssystemen (traditionele en rationele groundbewerking, vastegroundsteelt en lossegroundsteelt) is gebleken dat de tolerantie van het gewas voor slechte bodemstructuren veel groter is dan aanvankelijk werd aangenomen. Hieruit volgt dat de thans in de praktijk gebruikelijke frequentie, diepte en intensiteit van de hoofdgroundbewerking zonder grote bezwaren drastisch beperkt zouden kunnen worden. 'Pure' vastegroundsteelt zal echter zelfs in een bouwplan met uitsluitend maaigewassen geen maximale bijdrage aan het netto-rendement van het bedrijf kunnen leveren. Voorts is duidelijk gebleken dat de bodemstructuur in het groeiseizoen van de gewassen zeker niet alleen bepalend is voor groei en opbrengst; de bewerkbaarheid in het voorjaar en de kwaliteit van het zaaibed zijn van minstens even grote betekenis. Het onderzoek heeft een duidelijk inzicht gegeven in de factoren die bepalend zijn voor het welslagen van een groundbewerkingssysteem. Dit heeft aanleiding gegeven tot gedetailleerd onderzoek op andere proefvelden en het onderzoek over rijpadensystemen en beddenteelt duidelijk gestimuleerd.

literatuur

- Bakermans, W.A.P., Boone, F.R. & Ouwerkerk, C. van. Nieuwe groundbewerkingssystemen. Ervaringen te Westmaas, 1968 t/m 1971. *Bedrijfsontw.* 5 (1974) 639-649.
- Boekel, P. Soil structure and plant growth. *Neth. J. agric. Sci.* 11 (1963) 120-127.
- Kouwenhoven, J.K. Beddenteelt voor aardappelen? *Bedrijfsontw.* 6 (1975) 845-851.
- Kuipers, H. Bemerkungen zu dem Zusammenhang zwischen Bodendichte und Luft- und Wasserversorgung, in: Problems of Soil Cultivation. Proc. Int. Scient. Symp. June 22-24, 1966, Brno 1968, p. 183-190.
- Kuipers, H. & Ouwerkerk, C. van. Total pore-space estimations in freshly ploughed soil. *Neth. J. agric. Sci.* 11 (1963) 45-53.
- Lumkes, L.M. Aardappelen als onkruid. Proefstation voor de Akkerbouw. *Publ. nr. 15* (1974) 21-25.
- Lumkes, L.M. Groundbewerking bij teeltintensivering in de akkerbouw. *Landbouwkundig Tijdschrift/pt* 88 (1976), 187 e.v.
- Ouwerkerk, C. van & Boone, F.R. Soil-physical aspects of zero-tillage experiments. *Neth. J. agric. Sci.* 18 (1970) 247-261.
- Ouwerkerk, C. van. Rationele groundbewerking op klei- en zavelgronden, in: De bodemkunde in de moderne land- en tuinbouw. Ministerie van Landbouw en Visserij - Directie Landbouwonderwijs, 's-Gravenhage 1973, p. 38-57.
- Ouwerkerk, C. van. Rational Tillage, in: C.R. Séances Sem. Etud. Agric. Environ. 2-6 septembre 1974. - Bull. Rech. Agron. Gembloux, hors sér. Gembloux 1974, p. 675-709.