

Resultaten van diep losmaken van zavel- gronden in zuidwest- Nederland; 1978-1982

ing. J. Alblas.
gestationeerd onderzoeker van het PAGV in de regio Zuid-Holland

Verslag nr. 22
april 1984

PROEFSTATION



LELYSTAD

Edelhertweg 1, postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200-22714
Olympiaweg 16, 1816 MJ Alkmaar, tel. 072-111944

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0967 3589

serie ISM 15 7053

Voorwoord

In het najaar van 1978 is door beide regionale onderzoekcentra voor de Akkerbouw in het Zuidwestelijk Kleigebied, zijnde de Proefboerderij "Rusthoeve" te Colijnsplaat en de Proefboerderij "Zuid-Holland" te Westmaas, een onderzoek begonnen naar de effecten van losmaken van de ondergrond bij lichte zavel, respectievelijk zavelgrond met een normaal, goed aflopend, ongestoord profiel.

Directe aanleiding tot dit onderzoek vormden vragen vanuit het gebied zowel van telerszijde als afzetorganisaties, over de kwaliteit en in wat mindere mate ook de kwantiteit van de opbrengsten bij consumptie-aardappelen in het Zuidwestelijk Kleigebied vergeleken met de IJssel-meerpolders. Daarnaast is deze vraagstelling niet onbelangrijk voor andere gewassen, met name suikerbieten en granen.

Aan de realisering van dit regio-project, met de heer Ing. J. Alblas als projectleider, worden belangrijke onderzoekbijdragen geleverd door Stiboka, IMAG, ICW en PAGV.

Voor de bestudering van ondermeer het onderhavige vraagstuk en begeleiding van daarmee samenhangend onderzoek is de werkgroep Losmaken Ondergrond Zuidwesten (L.O.Z.) gevormd. Deze werkgroep fungeert sinds februari 1982 als subgroep Bodemnatuurkunde van de Coördinatiecommissie Bodem van de NRL0. De samenstelling naar vertegenwoordigde instellingen is als volgt:

De proefboerderijen Westmaas en Rusthoeve, Stiboka, ICW, IMAG en PAGV; CA Barendrecht, CAR Goes, CRA-Zevenbergen en het CAD-Bodemaangelegen in de landbouw.

De voorzitter van de Werkgroep L.O.Z.
Ir. M.A. van der Beek

1. Probleem, doel en opzet onderzoek

Een groot deel van de klei- en zavelgronden in het zuidwesten van Nederland heeft een ondergrond die uit lichte zavel tot kleihoudend fijn zand bestaat. Onder de bouwvoor komt vaak een verdichte laag (ploegzool) voor. De beworteling in deze gronden is in het algemeen beperkt door de fijn poreuze structuur van het gangenstelsel in de ondergrond. Vooral het gewas aardappelen dringt slecht in deze ondergrond door. Toch blijkt een verbetering van de wortelgroei in de ondergrond mogelijk nadat deze is losgemaakt. Bij aardappelen is de toename van de beworteling het grootst (OVAA en SOESBERGEN). De resultaten van dit onderzoek zijn aanleiding geweest tot onderzoek waarbij het losmaken van de ondergrond uitgevoerd is met praktijkwerktuigen en de gewassen op praktijkschaal worden geteeld.

Met de bedoeling gegevens te verkrijgen omtrent de rentabiliteit van het losmaken van de ondergrond wordt nagegaan welke invloed 80 cm diep losmaken heeft op de groei en opbrengst van de gewassen en voorts wat het effect in de tijd is. Daartoe wordt dit onderzoek gedurende acht jaren uitgevoerd.

Zowel op de Proefboerderij "Rusthoeve" te Colijnsplaat als op de Proefboerderij "Westmaas" te Westmaas is in september 1978 een proefveld aangelegd (zie figuur 1). In de proef te Colijnsplaat zijn de volgende behandelingen opgenomen:

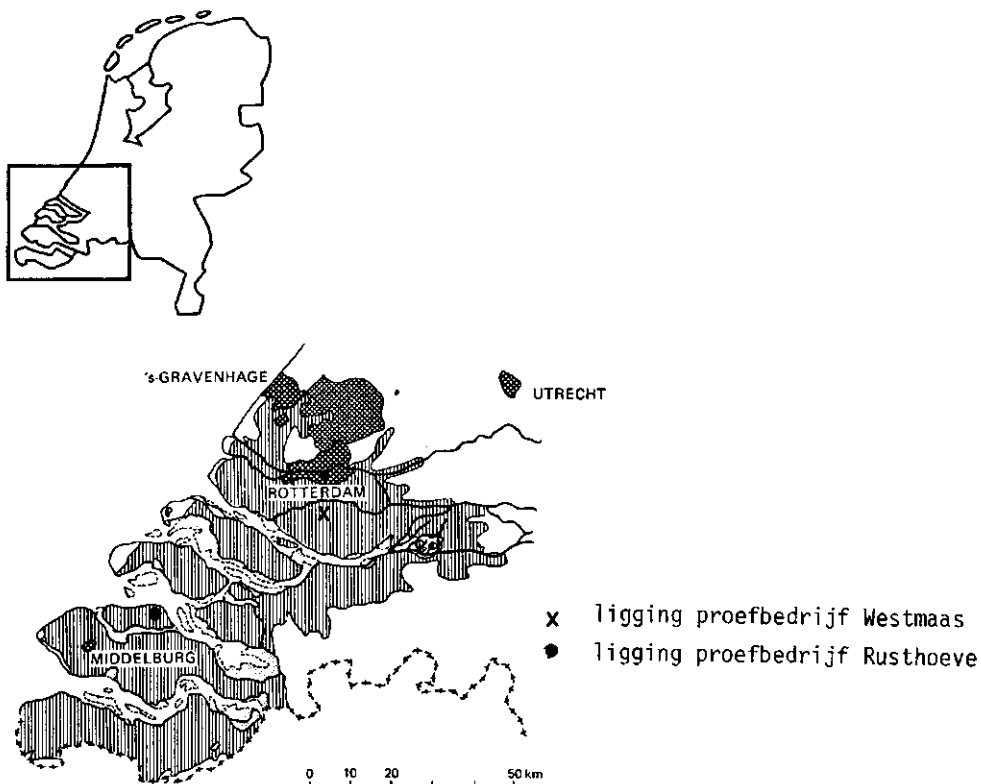
- A. onbehandeld, d.w.z. geen bewerking onder de bouwvoor;
- B. 80 cm diep losmaken met de spitfrees (Imants);
- C. tot 80 cm diep losmaken met de spitfrees met overzetten van de bouwvoor;
- D. 80 cm diep losmaken met een vastetandswoeler (Cappon).

Deze behandelingen zijn in tweevoud uitgevoerd, waarvan één reeks later tot 40 cm diep wordt gewoeld (toevoegingen "W" achter object). In Westmaas zijn de hierboven genoemde objecten A en B uitgevoerd. Direct bij aanleg is één strook van behandeling A tot \pm 40 cm diepte losgemaakt, object Aw. Deze bewerking is uitgevoerd met een vastetandcultivator.

Op beide proefvelden worden jaarlijks aardappelen, wintertarwe, suikerbieten en zomergerst geteeld bij drie stikstofhoeveelheden, te weten N2= praktisch volgens N-advies, N1= praktisch minus circa 20% en N3= praktisch + circa 20%.

Te Westmaas is in 1981 spruitkool verbouwd in plaats van suikerbieten en op het proefveld te Colijnsplaat is in 1982 zomertarwe geteeld als vervanger voor de wintertarwe en de zomergerst.

Fig. 1. De ligging van de proeven in zuidwest-Nederland.



2. De bodemgesteldheid

2.1. De uitgangstoestand

De proeven liggen in polders die rond 1600 zijn ingedijkt. De gronden zijn mariene, kalkrijke afzettingen.

Het profiel te Colijnsplaat bestaat uit een bouwvoor van 30 à 35 cm dikte van matig lichte zavel met 13% lutum en 2% organische stof. Hieronder bevindt zich zeer lichte zavel die naar beneden toe lichter wordt. Onder de bouwvoor is deze grond matig tot sterk verdicht en beneden 50 cm is een fijn poreuze gangenstructuur aanwezig. Dieper dan 90 cm is het profiel wat gelaagd en op 120 à 140 cm diepte wordt een oudere afzetting aangetroffen. De geheel gereduceerde zone bevindt zich op circa 170 cm beneden het maaiveld.

Dit profiel heeft een beperkte doorlatendheid en een laag luchtgehalte. De hoeveelheid gemakkelijk beschikbaar vocht is groot. De bovengrond is wat slompgevoelig.

Te Westmaas wordt het profiel gekenmerkt door een 35 cm dikke bouwvoor met ca 20% lutum en 2% organische stof. Deze zware zavel rust op een zavel die naar beneden toe lichter wordt (van 18 naar 10% lutum). Direct onder de bouwvoor bevindt zich een matige verdichting, daaronder een structuur met fijn poreuze gangen. Beneden 80 cm is de grond wat gelaagd afgezet en op ca 160 cm diepte begint de gereduceerde zone.

Dit profiel heeft een vrij stabiele bovengrond op een enigszins verdichte ondergrond. De doorlatendheid is wat beperkt; de capillaire vochtaanvoer is hoog.

In beide proeven is het spitzfrozen "behoudend" gebeurd. Door de ondergrond is 25 à 30% van de bovengrond gemengd. Naar beneden toe is minder doorgemengd. Bij het woelen tot 80 cm diepte is weinig bovengrond naar beneden verplaatst. Door gemiddeld per 53 cm een woelpoot van 44 cm breedte te laten werken, bleven vrijwel geen onberoerde stroken in de ondergrond staan.

2.2. De chemische bodemvruchtbaarheid

Uit grondmonsteronderzoek na aanleg van de beide proeven komt naar voren dat ten aanzien van twee factoren van verschraving kan worden

gesproken, te weten fosfaat en organische stof. Te Westmaas is in de laag 0-25 cm na het spitzfrozen (obj. B) een verlaging van het Pw-getal met 4 punten en van het organische stofgehalte met 0,5% ten opzichte van onbehandeld (resp. Pw 14 en organische stof 2,0%) vastgesteld. Het percentage koolzure kalk is met tien procent toegenomen tot 8,9% CaCO₃.

In de bovengrond (0-25 cm) te Colijnsplaat liepen de fosfaattoestand en het organische stofgehalte ten gevolge van het spitzfrozen (obj. B) terug met 6 punten en 0,3% tot resp. Pw-getal 11 en 1,7% organische stof. Ook hier is een verhoging van het koolzure kalkgehalte vastgesteld. De andere bodemvruchtbaarheidsfactoren zijn door het spitzfrozen nauwelijks beïnvloed. Diepwoelen veranderde de chemische vruchtbaarheid niet.

2.3. De grondwaterstand

In de onbewerkte profielen van beide proeven is het waterbergend vermogen matig tot gering. De daarop aangepaste drainage te Westmaas - afstand tussen de reeksen 7 m - voorkwam dat de grondwaterstand hoog kon oplopen. Alleen in zeer natte periode in de winter kwam het grondwaterniveau binnen het hier gehanteerde droogleggingscriterium van 70 cm -maaiveld. Gedurende de zomerperioden is alleen in juli 1980 het grondwater hoog - tot aan de bouwvoor - geweest. Normaal zakt het freatisch vlak in april/mei onder de drainagediepte om pas erg laat in het jaar hierboven te komen.

Binnen het proefveld te Colijnsplaat werden gedurende de winter twee niveaus van het grondwater gemeten, gekoppeld aan de afstand tussen de drainreeksen. Onder het gedeelte waar de objecten Aw, Bw en Cw lagen is de drainafstand 18 m en onder de andere behandelingen 13 m. Bij 18 m werden erg vaak grondwaterstanden aangetroffen tot dicht onder de bouwvoor, soms in de bouwvoor. Het grondwater bleef bij de nauwe afstand tussen de reeksen 20 tot 40 cm lager. Hier werd voldaan aan de droogleggingseis van 50 cm beneden maaiveld. Bij erg veel neerslag in de zomer liep het grondwater soms hoog op als gevolg van de geringe waterberging. Normaal was dat het grondwaterniveau tijdens het groeiseizoen diep wegzakte. Verzamelde gegevens welke redelijkerwijs beïnvloed kunnen zijn door de hoge grondwaterstanden (gewassen bij + 40 cm woelen) zijn verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 1. De gemiddelden van de verslempingsbeoordelingen¹⁾ in de vroege voorjaren van 1979, 1980, 1981 en 1982 bij de diverse gewassen.

objecten	gemiddelde van de gewassen				gemiddelden van de jaren na			
	'79	'80	'81	'82	aard. in w.tarwe	w.tarwe voor s.biet	s.biet voor z.gerst	z.gerst voor aard.
2)								
<u>Rh500</u>								
A onbehandeld	4,5	5,5	6+	6	4,5	6	5,5	6
Aw onbehandeld +								
40 cm woelen	4,5	6-	6	6+	4,5	6-	6-	6-
B 80 cm spitfrezen	4,5	5+	6	5	4+	5,4	5,5	5,5
C als B+overzetten	4+	5+	6-	6-	4	5,5	5,4	6-
D 80 cm woelen	2,5	5	6+	6	4-	5+	5,1	5+
<u>Ws 337</u>								
A onbehandeld	5,5	7,5	6	8,5	5,5	7,5	7+	7+
Aw onbehandeld +								
40 cm woelen	4+	7,5	6+	8,5	6-	7-	7+	7-
B 80 cm spitfrezen	5	7-	5,5	7,5	5	7-	7-	6+

1) 1= totaal verslemt; 10 = niet verslemt.

2) bij proef RH500 gemiddelde van '79 t/m '81.

Tabel 2. Poriënvoluma (met water en lucht gevulde poriën) in de lagen beneden de bouwvoor in 1981 en 1982.

Colijnsplaat Rh500					Westmaas Ws337				
laag in	A	Aw	B	D	laag in	A	Aw	B	Bw
cm-mv	onb.	onb. + w.	spit- fr.	80 cm woelen	cm-mv	onb.	onb. + w.	spit- fr.	spitfr. + w.
<u>1981:</u>					<u>1981:</u>				
32-37	39,8	41,7	41,3	43,2	30-35	40,6	46,0		
37-42	43,1	43,5	42,8	44,4	35-40	42,2	45,9		
42-47	45,7	45,7	44,5	44,9	60-65	43,7	44,0		
60-65	45,0		46,1	44,7					
<u>1982:</u>					<u>1982:</u>				
30-35	40,1	42,6	41,6	42,2	30-35	40,0	42,9	43,2	41,6
45-50	47,6	46,3	46,8	45,2	35-40	41,2	45,0	44,4	42,0
					40-50	44,4	44,1	43,7	43,4
					55-60	44,3	45,4	46,3	44,9

3. Bodemfysische waarnemingen

3.1. De verslemping

Aan het einde van elke winter zijn de bewerkingsstroken beoordeeld op verslemping van het oppervlak. Hierbij is gewaardeerd volgens een fotoschaal, zodat ook de jaren vergelijkbaar zijn; zie tabel 1. Bij de eerste beoordeling na aanleg van de proeven is op beide proefvelden de waardering lager dan in de volgende jaren. Het meest opvallend in 1979 is de ernstige mate van verslemping na het 80 cm diep woelen. Dit is toe te schrijven aan het met dubbellucht rijden over de net losgewoelde grond. Het spitfrozen veroorzaakt slechts een geringe achteruitgang in slempegevoeligheid ten opzichte van de niet diep bewerkte grond. Over de jaren gemiddeld is de stabiliteit van de bovengrond het geringst in het gewas wintertarwe dat na aardappelen geteeld wordt. Dit kan worden toegeschreven aan het feit dat de pijpen van de zaaimachine de grond fijn gemaakt hebben. Op kaal geploegd land is er nauwelijks invloed van de voorvrucht en eventuele groenbemester merkbaar.

3.2. Het poriënvolume

Uit de in het voorjaar 1981 in beide proeven uitgevoerde bemonstering van de grond met ringmonsters (zie tabel 2) blijkt dat het totale poriënvolume - de met lucht en met water gevulde poriën - van de laag direct onder de bouwvoor van de behandelde grond hoger is dan dat van de onbehandelde grond. Beneden 37 cm is dit poriënvolume in de behandelde grond te Colijnsplaat zelfs iets lager dan dat in de niet bewerkte grond.

Op 60 cm diepte is het poriënvolume van de losgemaakte grond hier nog iets hoger. In de gewoelde grond - object D - is het poriënvolume tot 42 cm diepte groter dan bij onbehandeld; daaronder is ook op dit object de grond dichter dan vóór het woelen. De bemonstering in 1982 geeft eenzelfde beeld te zien, zij het op een ander niveau.

Het volumepercentage aan totale poriën in de diepere ondergrond blijkt hier als gevolg van het losmaken in 1978 na 3 jaren lager te zijn dan het oorspronkelijk was.

Te Westmaas heeft het woelen onder de bouwvoor van het onbehandelde object een meer positief effect gehad dan in de proef te Colijnsplaat. Het tot 40 cm woelen van de met de spitsfrees losgemaakte grond heeft het poriënvolume tussen 30 en 40 cm in negatieve richting beïnvloed.

Fig. 2. Gemiddelde indringingsweerstand (in MPa) van alle metingen per jaar en per object op RH500; consusoppervlak 1 cm².

1979 — 1980 — 1981 1982 . . . -

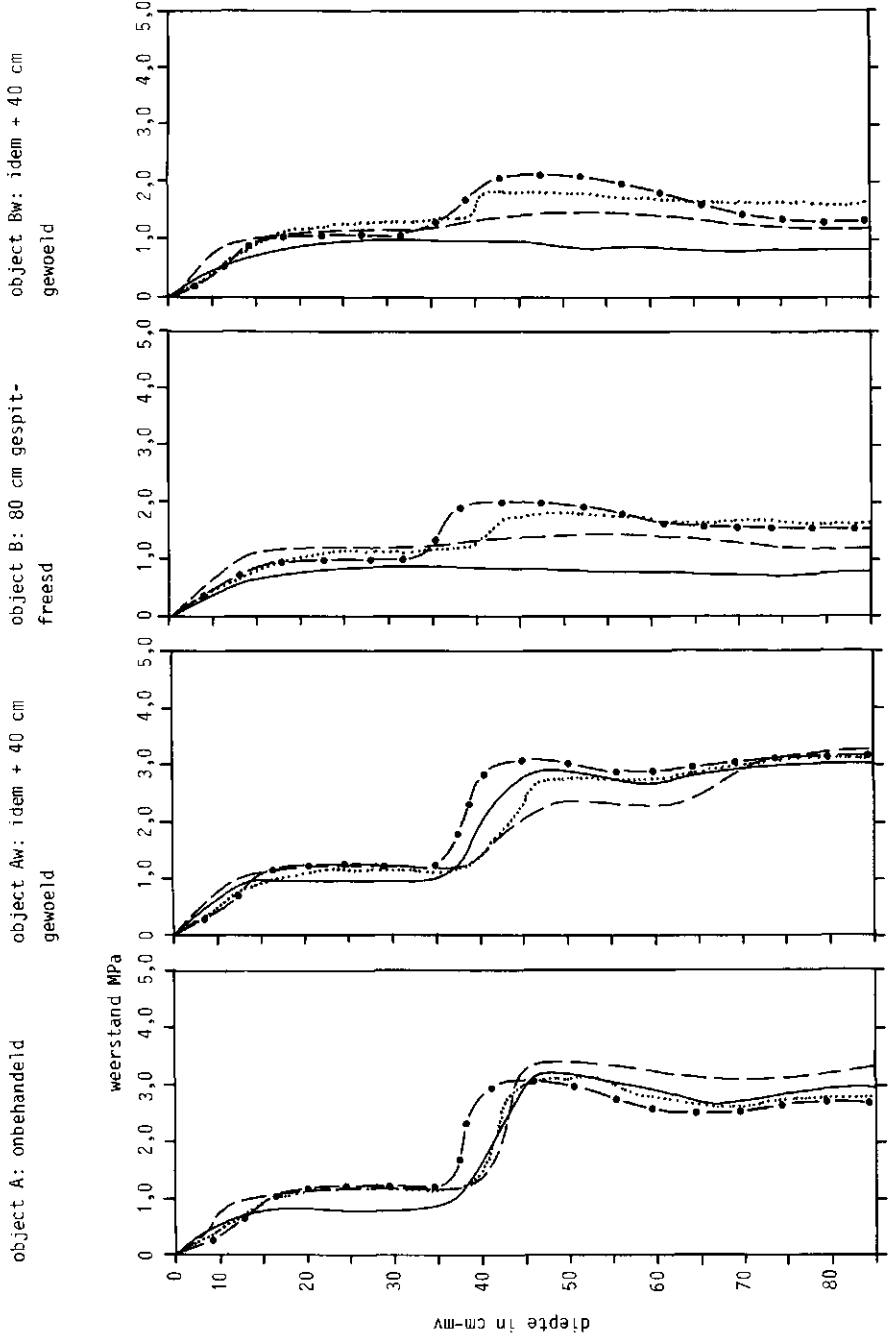


Fig. 2 (vervolg). Gemiddelde indringingsweerstand (in MPa) van alle metingen per jaar en per object op RH500; conusoppervlak 1 cm².

1979 — 1980 — — 1981 1982 -

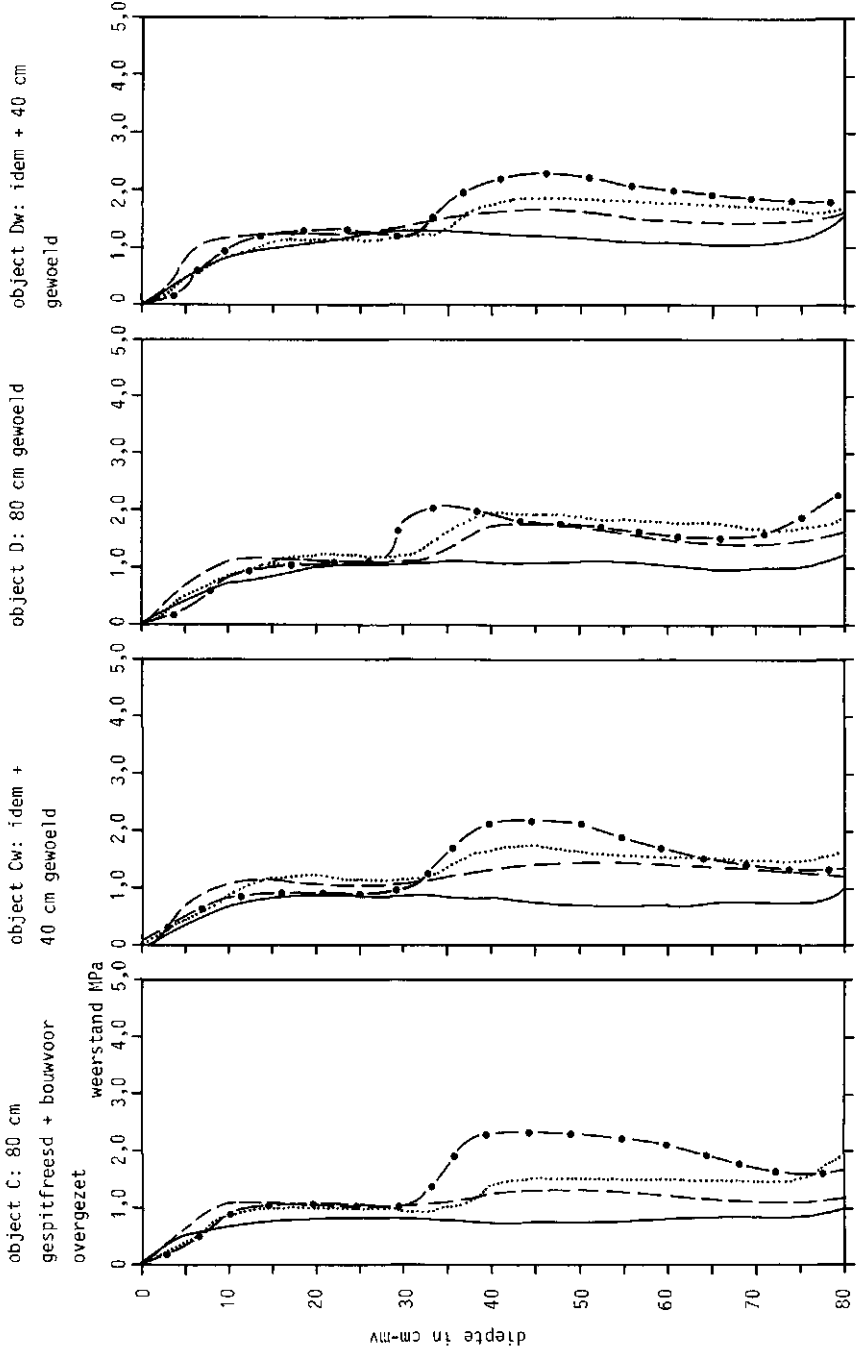
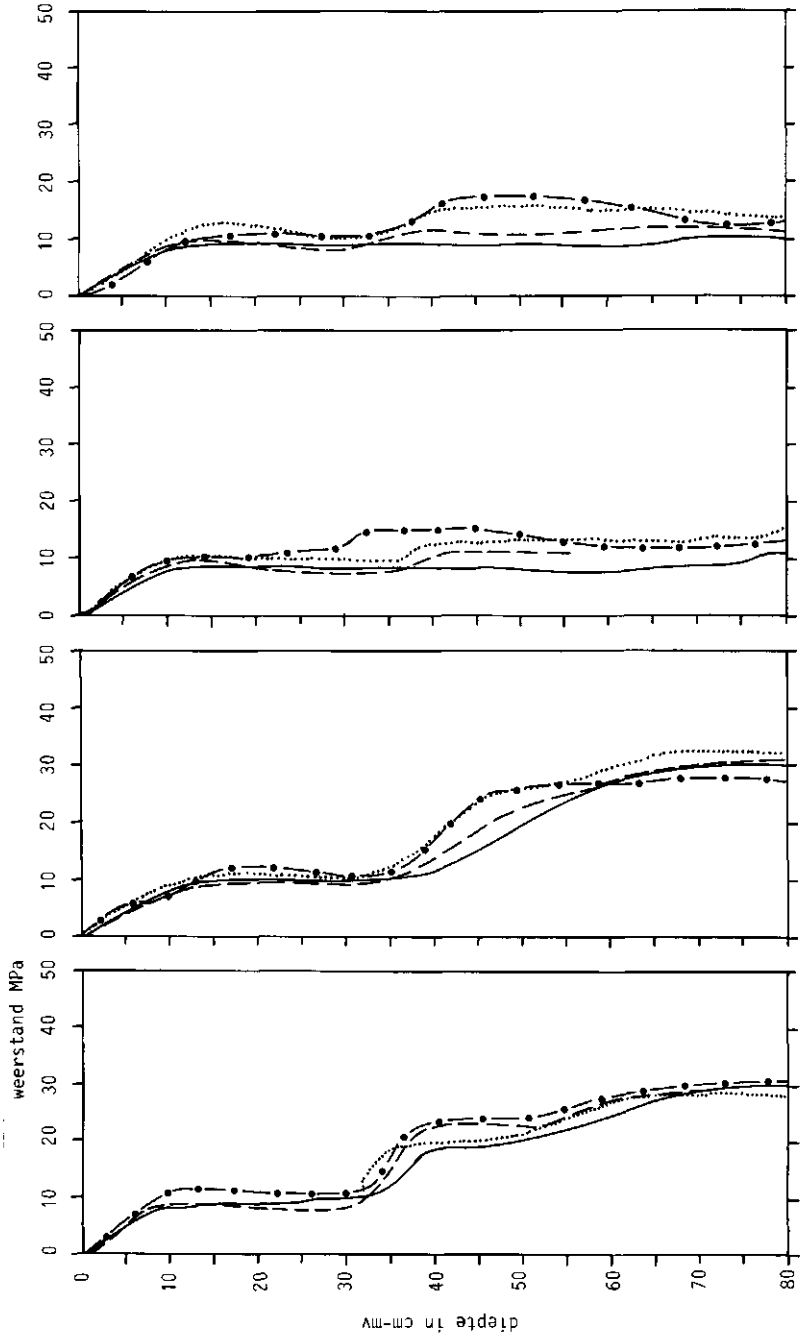


Fig. 3. Gemiddelde indringingsweerstand in MPa van alle metingen per object en per jaar op proef Ms 337;
 conusoppervlak 1 cm².

1979 — 1980 — — 1981 1982 —

- a. object A
onbehandeld
- b. object Aw
onbehandeld +
40 cm woelen
- c. object B 80
cm spitsfrezen
- d. object Bw 80 cm
spitsfrezen + 40 cm woelen



3.3. De indringingsweerstand

In de figuren 2 en 3 worden de gemiddelde indringingsweerstand van de bewerkingsobjecten in de vier jaren getoond. Hierbij is te bedenken dat er rondom deze curven een spreiding bestaat. Deze is bij het spitfrozen het kleinst en bij woelen het grootst (tabel 3). Dit laatste is het gevolg van verschillen in vastheid in en tussen de woelsleuven. De invloed van deze bewerking ten opzichte van de onbehandelde grond is nog goed herkenbaar in het niveau van de weerstand.

Tabel 3. De gemiddelde hoogste indringingsweerstand en de spreiding in de laag 35-50 cm, opname 7 mei 1981 te Colijnsplaat.

	<u>A) onbehandeld</u>	<u>B) 80 cm gespitr.</u>	<u>C) 80 cm woelen</u>
gem. Iw in MPa	3,9	2,3	2,6
spreiding in MPa	2,6-4,9	2,0-3,0	1,3-3,7

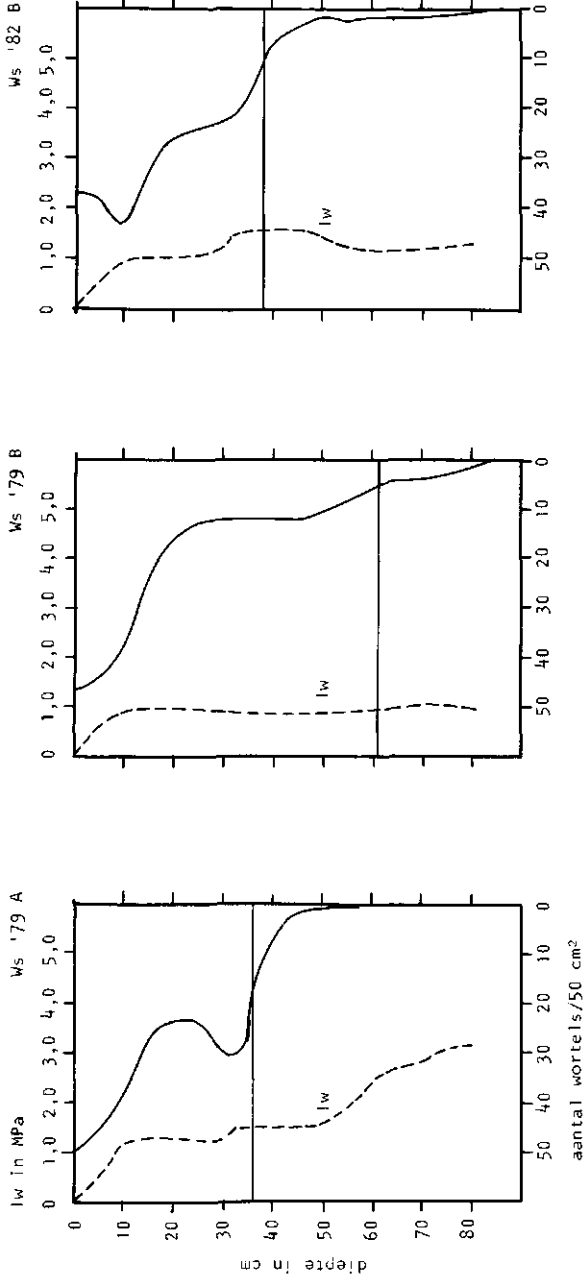
Bij alle bewerkingen neemt de weerstand in de ondergrond met de jaren toe. De niet losgemaakte grond - object A - is hierop een te verwachten uitzondering. In de proef te Colijnsplaat is de toename het eerste jaar het grootst, de ondergrond van object C - spitfrozen met behoud bouwvoor - biedt het laatste jaar aanzienlijk meer weerstand dan in 1981. Vergeleken met de andere bewerkingen is de indringingsweerstand sterk toegenomen.

De verdichting is in alle objecten op een diepte van 40 à 45 cm iets groter dan verder naar beneden in het profiel. Het object woelen tot 80 cm (fig. 2D) had in 1979 en 1980 een wat grotere weerstand dan de gespitrreesde grond (object B).

Het woelen tot 40 cm heeft een geringe vermindering van de weerstand opgeleverd. Soms is de "buik" van de Iw-curve naar beneden toe verplaatst. De weerstand is ook wat groter geworden dan die welke is opgebroken.

Te Westmaas is door het woelen tot 40 cm de verdichting onder de bouwvoor op ± 35 cm opgebroken (fig. 3b). In de onbehandelde grond lijkt ± 10 cm dieper een grotere verdichting te ontstaan dan daar aan-

Fig. 4. Het verloop van de indringingsweerstand in het profiel in het voorjaar en de beworteling van de objecten A-onbehandeld in 1979 en B-spitfrozen in 1979 en 1982. Ws 337. De horizontale lijn geeft de diepte aan tot waar 90% van de wortels is geteld.



vankelijk aanwezig was. Het aangroeien van de verdichting onder de ploegdiepte in de gespitfreesde grond (fig. 3c en 3d) is met het 40 cm woelen na de graanoogst van 1981 voorkomen. Evenals te Colijnsplaat is ook hier op 45 à 50 cm beneden maaiveld een wat hogere weerstand gemeten dan op 35 cm diepte aanwezig was. Figuur 4 toont welk effect de in de jaren toegenomen indringingsweerstand lijkt te hebben op de wortelontwikkeling van consumptie-aardappelen.

Tabel 4. De aanwezige hoeveelheid vocht in mm in de laag 0-60 cm, 1981.

	RH500 Colijnsplaat				Ws337 Westmaas			
	aardappelen		zomergerst		aardappelen		zomergerst	
	A	B	A	B	A	B	A	B
21/19 mei '81	181,4	183,5	186,3	193,7	185,0	180,0	183,1	185,0
24 juni '81	140,4	143,3	154,9	157,9	157,5	152,4	179,8	168,2
afname	41,0	40,2	31,4	35,8	27,5	27,6	3,3	16,8

Tabel 5. Uit volumegewichten berekende % totaal poriënvolumen en % volumen lucht en de gemeten zuurstofgehalten van de bodemlucht (Colijnsplaat, 1982).

diepte in cm		A onbehandeld			B-spitfrozen		
- toprug	datum	tot.	vol.	%	tot.	vol.	%
(-maaiveld)		poriën-	%	02	poriën-	%	02
		vol. %	lucht		vol. %	lucht	
30	9 juni '82	44,2	23,1	20,3	40,1	13,4	20,0
(20)	25 juni '82	44,5	10,0	15,0	43,6	11,1	13,2
	23 aug. '82	42,6	24,2	20,4	45,1	22,0	20,1
	gemiddeld	43,8			42,9		
55	9 juni '82	41,6	9,4	19,6	39,7	8,5	18,3
(45)	25 juni '82	46,6	10,2	14,7	42,4	9,4	14,1
	23 aug. '82	45,4	22,5	20,1	43,4	17,2	19,8
	gemiddeld	44,5			41,8		

4. Vochtvoorziening en luchtvoorziening

4.1. De vochtvoorziening

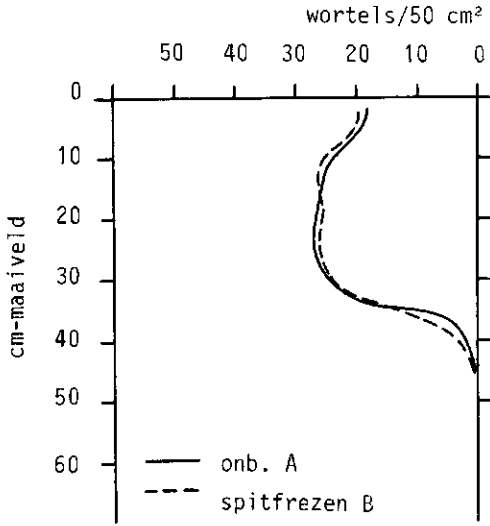
Een indruk omtrent verschillen in vochtvoorziening wordt verkregen uit de in tabel 4 vermelde cijfers. Bij de aardappelen valt het op dat de afname in vochtvoorraad tussen de beide data binnen een proefveld gelijk is. In deze periode was de loofgroei groot, nl. van net boven de grond komen tot 90% bodembedekking op RH 500 en 75% op WS 337. De wortels hadden op 24, respectievelijk 25 juni 1981 een diepte bereikt van 30 cm in Colijnsplaat en 40 cm te Westmaas. In beide proeven werden op deze diepten in object B wat meer wortels geteld dan in de ongestoorde grond.

Bij het gerstgewas werd uit de gespitfreesde grond meer vocht onttrokken dan bij onbehandeld. Uit de tellingen van het aantal wortels blijkt dat in Colijnsplaat op 9 juni, ongeveer halfweg tussen de beide vochtbemonsteringen, een verschil in beworteling ten gunste van spitfrozen aanwezig is. In de losgemaakte grond is beworteling tot 90 cm diepte gevonden en in de onbewerkte tot 75 cm. Het aantal wortels is in het eerste geval aanzienlijk groter dan in het tweede. In Westmaas is de bereikte worteldiepte op 5 juni in de onbewerkte grond 90 cm; terwijl in het gespitfreesde profiel meer en dieper - tot 100 cm - wortels zijn doorgedrongen.

4.2. De luchtvoorziening

De diepte tot waar wortels gevonden zijn in de gespitfreesde grond is in sommige jaren minder geweest dan in het ongestoorde profiel. Metingen van het luchtgehalte bevestigen dat er naast het geringere totaal poriënvolume (zie tabel 2) en de daaraan tegengestelde lagere indringingsweerstand (fig. 2 en 3) nog een factor in het geding is. In het groeiseizoen 1982 is in de proef te Colijnsplaat op drie tijdstippen in het gewas aardappelen het zuurstofgehalte van de bodemlucht gemeten (tabel 5). De eerste en derde datum liggen in een periode van verhoudingsgewijs weinig neerslag. Op 9 juni is nog weinig loof gevormd en op 23 augustus was het loof vrijwel dood. Het zuurstofgehalte van $\pm 20\%$ op 30 cm - top rug is normaal (lucht bevat 21% O_2). Op 55 cm beneden de top van de rug (45 cm - maaiveld) is het zuurstofgehalte wat lager, hoewel beworteling op deze diepte nog niet aanwezig

Figuur 5. Het aantal wortels van aardappelen in grond op obj. A en obj. B op 28 juni 1982.



is. De meting van 25 juni is verricht direct na een week met veel neerslag. Het zuurstofgehalte in het behandelde profiel is dan lager dan in de niet behandelde grond. Op de diep losgemaakte grond is dan tweederde van de loofhoeveelheid van onbehandeld aanwezig. De beworteling op 30 cm - top rug is dan vrijwel gelijk (figuur 5). Het lagere zuurstofgehalte in de gespittfreesde grond kan een gevolg zijn van het lagere poriënvolume en/of van de verdeling van de poriëngrootte.

4.3. Activiteit van het gewas

In 1979 en 1981 is te Westmaas de activiteit van het aardappelloof vastgelegd door schatting van het geopend zijn van de huidmondjes van het blad. Bij deze methode is een reeks mengsels van kerosine en paraffine-olie gebruikt, lopend van I tot II. Naarmate een vloeistof met een hogere viscositeit (is meer paraffine) via de huidmondjes in het blad komt, zijn de huidmondjes verder open. Dit duidt op meer activiteit van het loof, dus meer produktie.

Uit tabel 6 is te lezen dat het gewas op de gespittfreesde grond de verst geopende huidmondjes heeft. Het loof toonde op dit tijdstip iets frisser dan op de onbehandelde grond.

Het grote verschil tussen de objecten A en Aw in 1979 is niet verklaarbaar.

Tabel 6. Viscositeit van de infiltratievloeistof welke de huidmondjes binnendringt, Westmaas.

	4 juli 1979 16.15 uur	6 augustus 1981 11.30 uur
A onbehandeld	8,2	9,5
Aw onbeh. + 40 cm woelen	6,7	9,6
B 80 cm spittfreen	8,6	10,2

Tabel 7. De in het voorjaar gemeten indringingsweerstand (MPa) op de diepte tot welke 90% van de wortels is gevonden (- gemiddelden en spreiding-) in de jaren 1979 t/m 1982.

	Colijnsplaat			Westmaas	
	A-onbeh.	B-spitfr.	D-woelen	A-onbeh.	B-spitfr.
wintertarwe	2,2(1,5-2,6)	1,1(0,8-1,3)	1,3(1,1-1,4)	2,9(2,3-3,1)	1,1(0,8-1,3)
zomergerst	3,3(2,4-4,6)	1,3(0,8-2,0)	1,1(0,9-1,2)	3,1(2,8-3,3)	1,0(0,9-1,1)
aardappelen	1,2(1,1-1,3)	1,2(1,0-1,5)	1,2(0,9-1,4)	1,2(0,9-1,5)	1,2(1,0-1,5)
suikerbieten	1,9(1,0-3,6)	1,2(0,7-1,5)	1,6(0,9-2,5)	2,1(1,7-2,4)	1,3(1,1-1,4)

5. De beworteling

In tabel 7 zijn per groundbewerkingsobject en per gewas de gemiddelde indringingsweerstand* vermeld welke zijn gemeten op de diepte tot waar 90% van de wortels is geteld. De indringingsweerstand zijn opgenomen in het voorjaar en de worteltellingen vonden in de zomer plaats. De gemiddelde resultaten van beide proeven komen overeen, zij het dat de spreiding van de indringingsweerstand in de proef te Colijnsplaat groter is dan te Westmaas.

90% van de wortelmasa van het als zwak wortelend bekend staand gewas aardappelen is gevormd binnen een diepte waar de lage indringingsweerstand van gemiddeld 1,2 MPa is gemeten. Er is geen verschil tussen de onbewerkte en de met spitfrees en diepwoeler bewerkte profielen. De spreiding (0,9-1.5 MPa) is gering.

De 90% dieptegrens van de beworteling lag voor de zomergerst bij Iw-waarden van gemiddeld 1,1 MPa in de losgemaakte ondergrond. In de onbewerkte profielen kwam de 90% wortelmasa minder diep, maar werd een gemiddelde weerstand overwonnen van 3,2 MPa.

De wintertarwe en suikerbieten bereikten de 90%-grens in de onbewerkte profielen bij Iw-waarden die liggen tussen die van eerder genoemde gewassen. De wintertarwe penetreerde de grond tot een gemiddelde van 2,6 MPa en de suikerbieten kwamen tot een gemiddelde Iw-waarde van 2,0 MPa.

In 1980 was de bewortelingsdiepte van de bieten te Colijnsplaat beperkt door tijdelijke wateroverlast.

De beworteling in de losgemaakte grond ging veelal dieper dan die in het ongestoorde profiel. Bij aardappelen werd echter 90% van de beworteling gevonden binnen een diepte die overeenkomt met die in de onbewerkte grond. Alleen in 1979 en 1981 op de proef te Westmaas penetreerden de wortels tot een grotere diepte.

De gemiddelde Iw waarbij alle gewassen de 90%-bewortelingsdiepte in de gespitfreesde grond hebben bereikt is 1,2 MPa. De uitersten liggen bij 0,7 MPa en 2,0 MPa. Deze overeenkomst van Iw-waarden bij de diverse gewassen duidt, gezien het verschil in penetrerend vermogen in de onbehandelde profielen, op andere beperkende factoren.

* De indringingsweerstand -Iw- is bepaald met een penetrograaf met een conus van 1cm^2 en een tophoek van 60° .

6. De opbrengst

Het verband tussen de uitgevoerde bewerking en de diepte van beworteling en de invloed hiervan op de opbrengst is over het algemeen onduidelijk en klein. Zie tabellen 8 en 9.

Op Westmaas trad bij de zomergerst een negatieve opbrengstreactie op bij het object spitsfrezen. De diepte tot waar 90% van de wortels reikte, was gemiddeld 6 cm groter ten opzichte van de onbehandelde grond. De aardappelen gaven in 1979 op Westmaas bij het spitsfrezen een duidelijk hogere opbrengst. De beworteling was het eerste jaar diep, maar later wisselend met de jaren. Uit tabel 10A blijkt dat er een verband is tussen de bewortelingsdiepte en de opbrengstreactie van spitsfrezen ten opzichte van onbehandeld. De diepte van beworteling in de gespitsfreesde grond lijkt verband te houden met de neerslag in de periode 21 mei-20 juni (tabel 10B).

Het na de graanoogst van 1981 uitgevoerde woelen tot 40 cm diepte heeft de knolopbrengst van 1982 benadeeld. Het lage poriënvolume tussen 30 en 40 cm (tabel 2) geeft aan waarom er van een belemmering voor de beworteling en knolproductie sprake is.

De wintertarwe-opbrengst is niet beïnvloed door de bewerkingen. In 1980 ging de 90% beworteling van de suikerbieten op het spitsfreesobject dieper dan bij de niet losgemaakte ondergrond; de opbrengstreactie was 5%. De bewortelingsdiepte en opbrengst van de spuitkool waren bij de verschillende objecten hetzelfde. Wel werd de beworteling op het onbehandelde object wat afgeremd op de grens van bouwvoor en ondergrond.

Te Colijnsplaat had het spitsfrezen (object B) een negatieve invloed op de aardappelopbrengst. De verschillen in de bewortelingsdiepten zijn zeer klein. De beworteling van de wintertarwe ging bij de bewerkte objecten dieper, maar ook bij dit gewas werd de opbrengst negatief beïnvloed. In 1979 bleef de beworteling van de wintertarwe op het onbehandelde object sterk achter door luchtgebrek.

Bij de suikerbieten ging de beworteling op de objecten B, C en D de eerste jaren dieper dan in onbehandelde ondergrond. De opbrengsten van objecten B en C (spitsfrezen) kwamen echter lager uit.

Het verband tussen bewortelingsdiepte en opbrengst van zomergerst was, evenals te Westmaas, negatief. De 90%-grens van de beworteling lag 20 cm dieper, maar de opbrengst was lager dan bij de niet bewerkte grond. Het effect van de bewerking op zomertarwe in 1982 was onduidelijk.

Tabel 8. Relatieve opbrengsten van de gewassen. Westmaas '79 t/m '82 (Ws 337).

Aardappelen	veldgewas				afl. > 35 mm			
	A-onbeh.	Aw	B	Bw	A	Aw	B	Bw
	onbeh. + 40 cm		80 cm	spitfr + 40 cm				
1979	100	102,4	112,3	113,5	100	107,6	120,8	123,7
1980	100	100,2	102,6	103,1	100	99,8	103,1	103,3
1981	100	108,1	108,5	108,1	100	107,5	108,2	107,5
1982	100	94,9	100,7	96,5	100	95,7	100,4	94,8
gem. '79/'82	100	101,0	105,4	104,6	100	101,9	107,0	105,6

Granen	wintertarwe				zomergerst			
	A	Aw	B	Bw	A	Aw	B	Bw
1979	100	98,7	100	100	100	94,6	92,2	90,9
1980	100	101,9	100	100,5	100	102,4	94,1	98,7
1981	100	100,1	100,2	100,3	100	101,8	97,5	100
1982	100	97,2	97,9	99,4	100	94,6	94,1	90,7
gem. '79/'82	100	99,4	99,5	100,1	100	98,1	94,5	94,9

Suikerbieten	A	Aw	B+Bw
1980 wortel	100	100	105,3
suiker	100	98,9	105,4

Spruitkool '81	A+Aw	B+Bw
totaal	100	102,1
afleverbaar A+B	100	101,7

Tabel 9. Relatieve opbrengsten van de gewassen Colijnsplaat '79/'82 (Rh 500).

Aardappelen	veldgewas					afl. > 35 mm		
	A	B	C	D	A	B	C	D
1979	100	87,0	101,0	100	100	83,7	101,2	99,1
1981	100	94,7	102,3	101,1	100	98,7	105,1	103,6
1982	100	92,3	102,6	101,4	100	91,3	100,9	100,9
gem. '79, '81, '82	100	91,3	102,0	100,8	100	91,2	102,4	101,2
gem. '81 en '82	100	93,5	102,5	101,3	100	95,0	103,0	102,3

Granen	wintertarwe					zomergerst		
	A	B	C	D	A	B	C	D
1980	100	97,8	98,5	98,6	100	97,3	96,2	99,3
1981	100	93,2	91,9	96,1	100	82,4	92,3	93,0
gem.	100	95,5	95,2	97,4	100	89,9	94,3	96,2

	zomertarwe vv aard.				zomertarwe vv suikerb.			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1982	100	101,1	97,2	105,6	100	102,7	101,1	103,0

Suikerbieten	wortelopbrengst				suikeropbrengst			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1979	100	98,9	93,4	101,5	100	97,1	92,5	102,2
1980	100	100,0	103,3	100,0	100	94,9	100,5	94,1
1982	100	95,2	91,4	96,0	100	96,8	94,1	96,8
gem. '79, '80, '82	100	98,0	96,0	99,2	100	96,3	95,7	97,7
gem. '80 en '82	100	97,6	97,4	98,0	100	95,8	97,3	95,5

Samenvattend kan voor de proef te Westmaas worden geconcludeerd, dat de aardappelopbrengst vooral in het eerste jaar door diepe grondbewerking positief werd beïnvloed. De opbrengst van de zomergerst werd alle jaren negatief beïnvloed na het losmaken van de ondergrond.

De invloed op suikerbieten was gering positief. Spruitkool en winter-tarwe gaven geen opbrengstreactie.

In de proef te Colijnsplaat werd de aardappelopbrengst door spitzfreen negatief beïnvloed. De granen en de suikerbieten reageerden op alle diepe bewerkingen negatief.

Tabel 10A. Het verschil in diepte van de 90%-grens van de beworteling tussen de objecten A en B en de opbrengstreactie van B (spitzfreen) t.o.v. A (onbehandeld) - Westmaas.

jaar	90%-grens in cm-mv		verschil	meeropbr. in %	neerslag mm
	A	B	B-A in cm	B t.o.v. A	21 mei-20 juni
1979	36	61	25	12.3	137
1980	28	35	7	2.6	42
1981	34	52	18	8.5	108
1982	33	38	5	0.7	56

Tabel 10B. Het verband tussen de neerslag in de periode 21 mei-20 juni en de 90% bewortelingsgrens in de gespitzfreesde grond.

jaar	neerslag in mm	90%-grens cm-mv
	21 mei-20 juni	object B spitzfreen
1979	137	61
1981	108	52
1982	56	38
1980	42	35

7. De conclusies

1. Door het spitfrozen van het profiel tot 80 à 90 cm zijn slechts de fosfaattoestand en het organische stofgehalte in de laag 0-25 cm verlaagd.
2. Het losmaken van de ondergrond heeft de gevoeligheid voor verslemping van het bodemoppervlak iets doen toenemen. Aan het eind van de winter 1978/1979 was de verslemping op de 80 cm diep gewoelde grond het grootst.
Dit eerste jaarseffect kwam bij de andere diepe bewerkingen niet voor.
3. Het totale poriënvolume is in de laag beneden de bouwvoor door de diepe bewerkingen toegenomen. In de zavel te Westmaas werd een afname in deze laag geconstateerd na het woelen tot 40 cm in de gespitfreesde grond.
4. Dieper dan 50 cm is het percentage poriënvolume in de gespitfreesde grond iets hoger dan in de ongestoorde grond.
5. Door het losmaken is de indringingsweerstand in de grond onder de bouwvoor sterk teruggelopen. Sedertdien neemt de Iw echter jaarlijks toe. Vooral in de laag direct onder de ploegdiepte is dit herkenbaar. Door het woelen van deze groeiende verdichting ontstaat dieper in het profiel een hogere indringingsweerstand.
6. De onttrokken hoeveelheid vocht in de periode van geen tot ongeveer 80% grondbedekking door het aardappelgewas is in onbehandelde en gespitfreesde grond gelijk. Zomergerst haalde in dezelfde periode, mede door een diepere beworteling, meer vocht uit de gespitfreesde grond.
7. De wortelgroei van aardappelen in losgemaakte grond valt tegen omdat het zuurstofgehalte in natte perioden in het minimum is.
8. In de niet bewerkte grond is de indringingsweerstand, waarbij de 90%-grens van de wortels voorkomt, voor de geteelde gewassen sterk verschillend. Zomergerst weet in grond met hogere Iw-waarden (gem. 3,2 MPa) door te dringen dan resp. wintertarwe, suikerbieten en aardappelen.
9. De indringingsweerstand bij 90% beworteling in de gespitfreesde grond ligt voor alle gewassen in dezelfde orde van grootte, nl. 1,2 MPa.

10. De opbrengsten van de zomergerst zijn na de diepe bewerkingen lager dan in onbehandelde grond. De tarwe reageerde op de zware zavel te Westmaas neutraal en te Colijnsplaat negatief op de diepe bewerkingen. Datzelfde geldt voor de bieten te Colijnsplaat.
11. De aardappelen gaven na spitzfrozen (object B) te Westmaas een hogere opbrengst van gemiddeld 5,4% en te Colijnsplaat was het resultaat gemiddeld 6,5% lager dan van de onbehandelde grond.

Samenvatting

De beperkte bewortelingsmogelijkheden van vooral aardappelen in zavelgronden met een fijn-poreuze structuur in de ondergrond waren reden voor de aanleg van twee veldproeven in het Zuidwesten van Nederland. Een antwoord wordt gezocht op de vragen welke invloed diep losmaken (tot 80 cm) heeft op de gewassen en hoelang het effect van de diepe bewerkingen merkbaar is.

De proeven zijn aangelegd te Westmaas en te Colijnsplaat. De verschillende bewerkingen zijn uitgevoerd met de spitfrees (B) en met de scherpe woeler (D). Op de proeven zijn ieder jaar vier gewassen geteeld. Door het spitfreen zijn het organische stofgehalte en de fosfaattoestand in de laag 0-25 cm lager geworden. De gevoeligheid voor oppervlakteverslemping is na het spitfreen iets groter dan op de niet diep bewerkte grond.

De diepe bewerkingen hebben de ondergrond losgemaakt. Echter, in de loop der jaren is de ondergrond weer wat dichter geworden, vooral direct onder de ploegdiepte. Na het woelen van deze jonge, verdichte laag is net onder de woeldiepte een hogere indringingsweestand gemeten.

Van de geteelde gewassen weten de wortels van gerst door te dringen in grond met een hoge weerstand. Aardappelwortels laten het al bij een lage weerstand van de grond afweten.

Bij zomergerst is een negatieve invloed van diep losmaken op de korrelopbrengst vastgesteld; bij aardappelen is een effect gevonden dat per proef verschilt.

Het diep losmaken van de grond om door een betere beworteling een gunstig effect op de gewasopbrengst te verkrijgen, heeft niet aan de verwachtingen voldaan. Wordt toch overwogen om zavelgronden diep los te maken, dan dient

- a. de ontwatering door middel van drainage zeer goed te zijn;*
- b. het rijden door de ploegvoor te worden voorkomen door bij de kerende grondbewerking "bovenover" te rijden.*

Literatuur

- Ovaa, I. en G.A. van Soesbergen, 1978. Het effect van diepe grondbewerking op de wortelontwikkeling van akkerbouwgewassen op klei- en zavelgronden. Verslag nr. 4 van project 092.34 van de Stichting voor Bodemkartering te Wageningen.
- Alblas, J. Losmaken van een zavelondergrond (WS 337). In: Resultaten van het landbouwkundig onderzoek in Zuidwest-Nederland 1979/1982. Proefboerderijen Westmaas en Rusthoeve.
- Bom, G.J. Profielverbetering schorgronden (RH500). In: Resultaten van het landbouwkundig onderzoek in Zuidwest-Nederland 1980. Proefboerderijen Westmaas en Rusthoeve.

Behalve uit deze publikaties is geput uit interne verslagen van G.J. Bom, C.D. van Loon, I. Ovaa, M.C. Sprong en R. Wiebing, van resp. PAGV, PAGV, Stiboka, IMAG en ICW.