

Invloed van bouwplanvernaauwing op de opbrengst van poot-aardappelen, suikerbieten en wintertarwe, op de bodemgezondheid en de bodemvruchtbaarheid. Vruchtwisselingsproefveld FH 82 Proefboerderij Feddemaheerd, Kloosterburen

The effect of the cropping frequency of seed potatoes, sugar beet and winter wheat, on soil fertility and crop productivity

ing. H.W.G.Floot, ROC Kollumerwaard, ir. J.G.Lamers, PAGV en ir. W.v.d.Berg, PAGV

Inleiding

De invloed van de vruchtwisseling op de opbrengst en de gezondheid van de gewassen is al vele jaren een onderwerp van onderzoek. Algemeen wordt aangenomen dat een ruime vruchtwisseling goed is voor de opbrengst en de bodemvruchtbaarheid. Door de hoge aardappelprijzen in de jaren 1975 - 1976 gingen veel akkerbouwers over van een één op vier-teelt naar een één op drie-teelt van poot-aardappelen.

De vraag die nog beantwoord moest worden was: wat is de invloed van bouwplanvernaauwing en grondontsmetting op de opbrengst en kwaliteit van de gewassen en op de bodemvruchtbaarheid en bodemgezondheid? De vruchtwisselingsproeven in het centrale kleigebied lieten sterke opbrengst-dalingen zien voor consumptie-aardappelen (Hoekstra en Lamers).

In het najaar van 1976 is toen op de proefboerderij Feddemaheerd te Kloosterburen een vruchtwisselingsproefveld aangelegd om de effecten van vruchtwisselingsystemen met en zonder grondont-

smetting bij de teelt van poot-aardappelen, suikerbieten en wintertarwe in een twee-, drie- en vierjarige rotatie te onderzoeken. Te Westmaas werd een soortgelijke proef met consumptie-aardappelen opgezet. Op deze wijze kon worden nagegaan in hoeverre de vruchtwisselingseffecten regio-specifiek waren.

Opzet van het onderzoek

Het proefveld lag op een kwelderafzetting-zavelgrond. Er zat verloop in de zwaarte van de bouwvoor over het proefveld van 16 tot 33% slib, 1,7 tot 2,2% organische stof en 7,6 tot 9,3% CaCO₃. In de proef waren vijf bouwplannen opgenomen (tabel 165).

Ter bepaling van de productiecapaciteit van de gewassen zijn in alle bouwplannen drie stikstoftrappen aangelegd. De praktijkgift (N₂) werd mede bepaald door de uit grondonderzoek verkregen cijfers. De beide andere stikstoftrappen waren de praktijkgift minus 20% (N₁) en de praktijkgift plus 20% (N₃). De stikstoftrappen lagen elk jaar op dezelfde plaats. De proef lag in tweevoud.

Tabel 165. Overzicht van de proefvarianten.

code	rotatie	grondontsmetting	vruchtopvolging
II	tweejarig	ontsmet	pootaardappelen-suikerbieten
IIIA	driejarig	niet	pootaardappelen-suikerbieten-wintertarwe ¹⁾
IIIB	driejarig	ontsmet	pootaardappelen-suikerbieten-wintertarwe ¹⁾
IVA	vierjarig	niet	pootaardappelen-wintertarwe-suikerbieten-wintertarwe ¹⁾
IVB	vierjarig	ontsmet	pootaardappelen-wintertarwe-suikerbieten-wintertarwe ¹⁾

¹⁾ + grasgroenbemester (Engels raagrass)

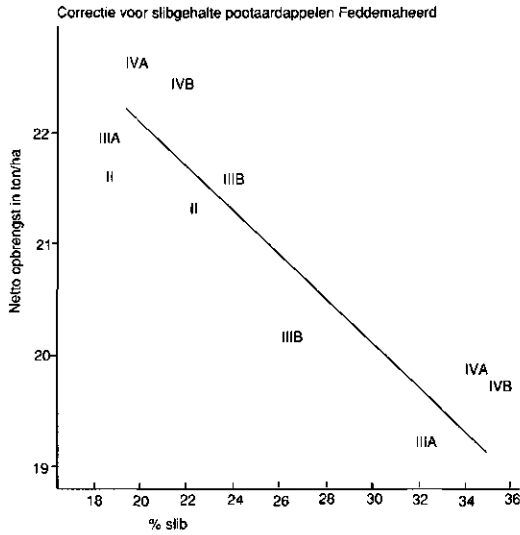


Fig. 15. Het verband tussen het percentage slijb en de netto-opbrengst bij pootaardappelen.

In de wintertarwe, voorafgaande aan aardappelen, werd een grasgroenbemester (Engels raaigras) onder dekvrucht ingezaaid. Op het proefveld waren alle gewassen elk jaar aanwezig. De bemesting met fosfaat en kali vond plaats op basis van grondonderzoek.

Statistische analyse

Om de opbrengsten niet door het verloop van de zwaarte van de grond te laten beïnvloeden, werd hiermee bij de verwerking rekening gehouden. Dit omdat de tweejarige rotatie beide keren wat meer op lichtere grond voorkwam en de andere rotaties een keer op lichtere en een keer op zwaardere grond. Wanneer het slijbgehalte van de grond als covariabele een betrouwbaar effect had bij de variantie-analyse van de opbrengst, is deze bij alle analyses

van de variabelen van dat gewas meegenomen. Bij aardappelen was het verband tussen de opbrengst en het slijbgehalte negatief (figuur 15), bij suikerbieten positief, terwijl bij wintertarwe geen verband aanwezig was.

Aardappelen

De aardappelen zijn steeds na een warmtestoot in kiembakjes voorgekiemd. Telkens is uitgegaan van ontsmet pootgoed, klasse E. De aardappelen zijn volautomatisch gepoot, waarbij kiembeschadiging zoveel mogelijk werd voorkomen. De loofvernietiging (looftrekken en indien niet mogelijk loofklappen en spuiten) was afhankelijk van de door de NAK gestelde rooidatum. Verder is het percentage rhizocytia gedurende de laatste zes jaar vastgesteld.

Resultaten

De relatieve totale en netto-pootgoedopbrengst over perioden van vier jaar zijn in de tabellen 166 en 167 vermeld.

In de totaalopbrengsten kwamen geen verschillen tussen de bouwplannen naar voren. Er lijkt een trend aanwezig te zijn naar lagere totaalopbrengsten voor de tweejarige rotatie bij het voortduren van de proef. Bij de hoogste N-trap was de opbrengst het hoogst.

Het blijkt dat de ontsmette driejarige rotatie betrouwbaar 4% lager uitkomt in netto-opbrengst dan de vierjarige rotatie, terwijl de tweejarige rotatie 6% lager uitkomt gerekend over de hele proefperiode van 12 jaar. Voor beide bouwplannen is geen trend aanwezig, die wijst in de richting van toenemende lagere opbrengsten in de tijd gezien. Er is ook geen sprake van een ontsmettingseffect. Bij de laagste N-trap was de netto-opbrengst het hoogst.

Tabel 166. Relatieve totale opbrengstpercentage per bouwplan. De LSD-waarde voor verschillen tussen bouwplannen binnen een periode van vier jaar is 8,3% en over 12 jaar 5,4%.

rotatie	II	IIIA	IIIB	IVA	IVB
1977-1980	103,9	100,6	101,7	102,6	100(=292)
1981-1984	102,1	101,2	101,8	100,5	100(=306)
1985-1988	95,7	98,8	96,5	99,2	100(=433)
1977-1988	100,0	100,0	99,5	100,6	100(=344)

Tabel 167. Relatieve netto-opbrengst (28/45 mm) per bouwplan. De LSD-waarde voor verschillen tussen bouwplannen over een periode van vier jaar is 6,0% en over 12 jaar 3,6%.

rotatie	II	IIIA	IIIB	IVA	IVB
1977-1980	92,0	94,5	96,2	100,0	100(=201)
1981-1984	98,0	98,3	99,3	99,6	100(=182)
1985-1988	93,4	92,4	93,3	98,7	100(=269)
1977-1988	94,2	94,7	95,9	99,4	100(=217)

Suikerbieten

De eerste jaren is geen granulaat toegepast; al vrij vlot kwamen er echter problemen met bietekever-tjes, vooral in de veldjes naast voorvrucht bieten. Vanaf 1981 is een granulaat bij het zaaien toegepast. Na het zaaien werd een bodemherbicide gespoten, eventueel gevolgd door een na opkomst-bespuiting en schoffelen.

De suikeropbrengst

De suikeropbrengst bedroeg gemiddeld 87,7 kg per are. Over 12 jaar is de opbrengst van de tweejarige rotatie weliswaar net betrouwbaar hoger (3,9%) dan de ontsmette vierjarige rotatie, maar dit is vooral veroorzaakt door één jaar in de tweede periode (1983), toen pas begin juni kon worden gezaaid.

Tussen de bouwplannen kwamen in de drie perioden betrouwbare verschillen naar voren (tabel 168). In de eerste periode was de suikeropbrengst van de driejarige rotatie lager dan van de vierjarige rotatie en in de derde periode hoger dan de vierjarige rotatie (betrouwbare interactie).

Ook was er geen betrouwbaar grondontsmettings-effect aanwezig, hoewel de grond in de tweejarige (om de vier jaar) en driejarige rotatie (om de drie jaar) in de voorgaande herfst ontsmet was. Een betrouwbare invloed van de stikstof was niet aanwezig. De covariabele slib had over de hele proefperiode een betrouwbare invloed. Hiervoor is gecorrigeerd.

Wintertarwe

Na de zaai van wintertarwe werd meestal een

Tabel 168. Relatieve suikeropbrengst (percentage) per bouwplan. De LSD-waarde voor bouwplan-verschillen over een periode van vier jaar is 6,4% en over 12 jaar 3,8%.

rotatie voorvrucht	II aardappelen	IIIA aardappelen	IIIB aardappelen	IVA tarwe	IVB tarwe
1977-1980	102,7	98,0	98,8	105,5	100(=81,7)
1981-1984	105,9	99,3	101,6	103,3	100(=90,9)
1985-1988	102,8	105,0	104,0	100,4	100(=85,8)
1977-1988	103,9	100,8	101,5	103,0	100(=86,1)

Tabel 169. Relatieve korrelopbrengst (percentage) per bouwplan. De LSD-waarde voor verschillen tussen bouwplannen over een periode van vier jaar is 3,9% en over 12 jaar 2,2%.

voorvrucht rotatie	aardappelen		suikerbieten		suikerbieten	
	IVA	IVB	IVA	IVB	IIIA	IIIB(kg/ha)
1977-1980	94,4	96,5	95,6	93,1	96,7	100(72,8)
1981-1984	95,3	98,5	99,6	100,0	101,0	100(82,3)
1985-1988	96,8	95,1	98,6	100,1	100,2	100(72,3)
1977-1988	95,5	96,8	98,0	97,8	99,4	100(75,8)

De hoogste stikstofbemesting gaf de hoogste opbrengsten (betrouwbaar).

bodemherbicide gespoten tegen duist. Verder werden breedbladige onkruiden bestreden en werd tegen afrijpingsziekte gespoten. In mei werd de grasgroenbemester ingezaaid, terwijl de velden zonder groenbemester werden geëgd. Het stro werd doorgeaans afgevoerd.

In tabel 169 zijn de relatieve opbrengsten over vierjaarlijkse perioden vermeld, waarbij rotatie IIB met voorvrucht suikerbieten op 100 is gesteld. De gemiddelde opbrengst komt uit op 74 kg per are.

Verschillen in de vruchtopvolging zijn betrouwbaar aanwezig bij de analyse over 12 jaar. Deze verschillen zijn het gevolg van een hogere opbrengst na de voorvrucht suikerbieten (bietenblad) en een lagere teeltfrequentie. Grondontsmetting leidde niet tot betrouwbare opbrengstverschillen. Ook was er geen interactie met de voorvrucht, hoewel de grondontsmetting na aardappelen werd uitgevoerd.

Bodemvruchtbaarheid

Organische stof

Jaarlijks wordt gemiddeld 1,5-2% van de in de grond aanwezige organische stof afgebroken. Om het organische stofgehalte van 2-3% te handhaven, is een jaarlijkse toevoer van 1200-1500 kg effectieve organische stof nodig. Dit wordt bij de 1 op 4 en 1 op 3 rotatie gehaald (1600 kg effectieve organische stof). Doordat de 1 op 2 rotatie achterblijft met de aanvoer van organische stof (1075 kg effectieve organische stof), daalt het organische stofgehalte betrouwbaar met 0,3%.

De stikstofhuishouding

De stikstofbemesting is vastgesteld op basis van grondonderzoek in de winter, waarbij is uitgegaan van een advies voor de praktijkgift (N2) van:

pootaardappelen 140 - 0.6 x bodemvoorraad van 0-60 cm.

suikerbieten 220 - 1.7 x bodemvoorraad van 0-60 cm.

winterarwe 140 - bodemvoorraad van 0-100 cm + 60 kg N in stadium F6.

De andere trappen zijn hiervan afgeleid (N1=minus 20%, N3=plus 20%).

Uit de variantie-analyse (met jaren als herhaling) over de voorraad aan bodemstikstof in de laag 0-60 cm bleek dat er duidelijke jaareffekten waren. Er waren ook betrouwbare verschillen tussen de

voorvruchten. Na de voorvrucht suikerbieten was er 21 kg N per ha aanwezig in de laag 0-60 cm, terwijl dit na aardappelen 26 kg per ha was en na winterarwe van de vierjarige rotatie, die na suikerbieten geteeld 27 kg per ha. Een analyse met alleen aardappelen en suikerbieten leverde geen betrouwbare verschillen tussen de bouwplannen op.

De geadviseerde bemesting bleek te hoog voor de aardappelen (N1 hoogste netto-opbrengst), goed voor de suikerbieten en te laag voor de winterarwe (N3 hoogste korrelopbrengst).

Aaltjes

Een volledig aaltjesonderzoek werd uitgevoerd door de PD.

Vrijlevende aaltjes bleken gedurende de looptijd van de proef bij de gevolgde rotaties geen direct aanwijsbare problemen te hebben veroorzaakt.

Tijdens de proefperiode zijn er geen aardappelpycysteaaltjes aangetroffen, ook niet bij de niet-ontsmette bouwplannen.

Bij de laatste bemonstering (oktober 1988) werden de eerste bietecysteaaltjes (*Heterodera schachtii*) gevonden. De tweejarige rotatie was in een herhaling besmet. De besmetting is geconstateerd ondanks de vierjaarlijkse grondontsmetting. Het havercysteaaltje (*Heterodera avenae*) werd op twee veldjes met de 1 op 2 rotatie van winterarwe (bouwplan IV) gevonden.

Discussie

De bouwplannenproef was aangelegd op een heterogeen proefveld. Door bij de statistische verwerking rekening te houden met het slijbgehalte konden vruchtbaarheidseffekten en bouwplaneffekten gescheiden worden.

De driejarige rotatie suikerbieten- winterarwe (+groenbemester) -pootaardappelen geeft met name in de laatste vier jaren ten opzichte van de vierjarige rotatie een tendens naar een 4% hogere suikeropbrengst, een 3,5% hogere winterarwe-opbrengst (vergeleken met 1 op 2 winterarwe na aardappelen) en een 6% lagere netto-aardappelopbrengst. De hogere opbrengsten van bieten en tarwe kunnen voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan een betere voorvrucht in de driejarige rotatie. De lagere aardappelopbrengst is te wijten aan een grovere groei van de aardappelen gedurende de

hele proefperiode. In de totaal opbrengst kwamen geen verschillen naar voren. Door een vroegere rooidatum en/of een hoger plantaantal en/of een lagere N-bemesting kunnen de lagere netto-aardappelopbrengsten wellicht worden opgevangen. Er moet dan wel een bestrijding van *Rhizoctonia* zijn uitgevoerd, want zonder bestrijding is de lakschurftbezetting van het pootgoed in een driejarige rotatie onacceptabel hoog. Dit leidde in de proef bijna tot een verdubbeling van de sorteerverliezen. De tweejarige rotatie suikerbieten - aardappelen met grondontsmetting gaf over de hele proefperiode een 4% betrouwbaar hogere suikeropbrengst dan de ontsmette vierjarige rotatie als gevolg van een hogere wortelopbrengst.

De hogere suikeropbrengst kan worden toegeschreven aan de aardappel als voorvrucht. Hoekstra (1992) vond op het proefveld De Schreef daarentegen een 3% lagere suikeropbrengst na voorvrucht aardappelen en cultivateren als hoofdgrondbewerking. Op het proefveld PAGV 1 op zware zavel werd geen verschil gevonden tussen ploegen of cultivateren na aardappelen voor suikerbieten (Lamers 1987), zodat het niet duidelijk is waar het positieve voorvruchteffekt aan moet worden toegeschreven. Op lichte gronden kunnen grote opbrengstdepressies optreden als gevolg van aantasting door *Aphanomyces* en *Rhizoctonia*. De netto-aardappelopbrengst was over de hele proefperiode 6% lager als gevolg van een grovere groei van de aardappelen. De totale knolopbrengst verschilde niet tussen de bouwplannen.

De lagere netto aardappel-opbrengst zou aan *Rhizoctonia solani* en/of aan *Streptomyces* spp kunnen worden toegeschreven. In de tweede periode was de lakschurftbezetting van de knollen in de tweejarige rotatie aanzienlijk hoger, terwijl in de laatste periode de lakschurftbezettingen naar elkaar toe zijn getrokken. In de totaal-opbrengst of in de netto-opbrengst komen deze verschuivingen niet terug. De netto-opbrengst is over de hele proefduur lager. Ook was de reactie van het voor netschurft vatbare ras Bintje gelijk aan die van het resistente ras Prevalent. Het is dan ook waarschijnlijk dat *Rhizoctonia* en *Streptomyces* slechts een gering effect hebben op de quantiteit, maar een groot effect op de kwaliteit van het produkt in nauwe bouwplannen.

Grote opbrengstredukties kunnen optreden als gevolg van het witte bietecysteeltje. Na zes teelten werden in de 1 op 2 teelt de eerste cysten ge-

vonden, ondanks de grondontsmetting. Bij voortzetten van de proef zou de suikeropbrengst gaan dalen, omdat hoge aaltjesbesmettingen door de grondontsmetting onvoldoende worden gereduceerd. Door de talrijke grondontsmettingen raakt de grond eerder geadapteerd voor het versneld afbreken van de grondontsmettingsmiddelen (Lamers en De Moel).

Het organische stofgehalte was in de tweejarige rotatie betrouwbaar afgenomen. Om dit gehalte op peil te houden zou extra organisch materiaal moeten worden aangevoerd. Het Pw gehalte was in de tweejarige rotatie betrouwbaar toegenomen door de hogere geadviseerde fosfaatbemestingen voor aardappelen en suikerbieten.

Duurzaam lijkt het volgende 1 op 4 bouwplan: aardappelen - suikerbieten - wintertarwe - graszaad (of diversen) waarbij rekening is gehouden met de goede voorvruchteffekten.

Conclusie

De opbrengsten van pootaardappelen, suikerbieten en tarwe daalden niet of nauwelijks bij teeltintensivering van 1 op 4 naar 1 op 2. Op langere termijn moet rekening gehouden worden met opbrengstverlaging als gevolg van bieten- of aardappelcysteeltjes bij 1 op 2 en mogelijk 1 op 3 vruchtwisselingen. De resultaten zijn in overeenstemming met andere regio's, gezien het (niet) voorkomen van ziekten en plagen.

Samenvatting

Op een lichte mariene zavelgrond te Kloosterburen werd van 1977 tot en met 1988 een vruchtwisselingsproef uitgevoerd op praktijkschaal. De vierjarige rotatie wintertarwe- suikerbieten- wintertarwe (+groenbemester)- aardappelen en de driejarige rotatie suikerbieten- wintertarwe (+groenbemester)- aardappelen werden al of niet met grondontsmetting aangelegd, evenals een tweejarige rotatie suikerbieten- aardappelen met grondontsmetting. Elk gewas was ieder jaar aanwezig met drie stikstofniveaus per gewas en alle objecten in tweevoud. De aardappel- en suikerbietenopbrengsten moesten gecorrigeerd worden voor het slijbgehalte. Intensivering van de aardappelen van 1 op 4 naar 1 op 3 of 1

op 2 gaf geen verlaging van de totaalopbrengst te zien, maar wel een 6% lagere netto-aardappel-opbrengst. De aardappelen waren meer doorgegroeid in een hogere sorteerklassen. De kwaliteit van de aardappelen was in de nauwere bouwplannen afgenomen door een hogere lakschurftbezetting en netschurftaantasting.

De suikeropbrengst steeg bij intensivering met ongeveer 4% wellicht doordat in de nauwere bouwplannen aardappelen in plaats van wintertarwe aan de suikerbieten vooraf gingen. De wintertarwe-opbrengst na suikerbieten daalde bij 1 op 2 ten opzichte van 1 op 3 met ongeveer 2% en na voorvrucht aardappelen ook met ongeveer 2%. De grondontsmetting had overwegend geen effect en ook bij optimale N-bemesting kwamen de opbrengstverschillen tussen de bouwplannen niet dicht bij elkaar.

De bodemvruchtbaarheid was in de tweejarige rotatie afgenomen door een daling van het organische stofgehalte. Aaltjes-problemen deden zich op het proefveld nog niet voor.

Literatuur

- Hoekstra O. 15 jaar 'De Schreef'. PAGV-publikatie nr. 11 (1981), 93 p.
- Lamers J.G. Continueelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten. PAGV-publikatie nr. 12 (1981), 65 p.
- Hoekstra, O. 1992. 25 jaar De Schreef. PAGV-publikatie in voor-bereiding.
- Lamers, J.G. en C.P. de Moel. Populatie-ontwikkeling van het bietecysteaaaltje (*Heterodera schachtii*) en de optredende schade bij continueelt van suikerbieten in combinatie met grondontsmetting. PAGV-verslag nr. 113 (1990), 35 p.
- Lamers, J.G. Nauwe rotaties en continueelten van aardappelen en suikerbieten. Jaarboek 1986. PAGV-publikatie nr 38 (1987), p. 249-259.

Summary

On a marine calcareous sandy clay loam located in the Northern part of the Netherlands, a crop rotation experiment was carried out for a period of 12 years. Three cropping plans were compared: a four-course crop rotation, winter wheat - sugar beet - winter wheat (+ green manure) - potatoes; a three-course crop rotation, sugar beet - winter wheat (+ green manure) - potatoes and a two-course crop rotation, sugar beet - potatoes. The effect of soil fumigation with nematicides was evaluated in the three- and four-course rotations, while all treatments contained 3 N-fertilisation levels in two replications.

It was concluded that the yield of seed potatoes and sugar beet depended on the differences in clay content of the soil within the experiment. After dissemination of these differences by means of covariance analysis, the total yield of seed potatoes was unaffected, while the net yield of potatoes in the three- and two course rotations were 4 and 6% lower as there were more over-large potatoes in these cropping plans. The potatoes in the two-course and three-course rotations were clean potatoes increased to 12 or 22% compared to the four-course rotations. Netted scab also predominated in the two-course rotation. The sugar yield of the sugar beets in two- and three-course rotations increased by 4% probably because of the different preceding crop i.e. potatoes. The winter wheat yield of the three-course rotations after sugar beet was 2% higher than the winter wheat yield of the four-course rotations (lower cropping frequency) and another 2% higher than after potatoes (mineralisation of the sugar beet leaves). The soil fumigation and nitrogen fertilisation did not influence the differences in yield between the cropping plans. The soil fertility in the two-course rotation decreased in soil organic matter content with 0,3% and increased in Pw-content because of higher recommended phosphate fertilisation levels for potatoes and sugar beet.