ing. M. G. van Zeeland, ir J.G. Lamers en ir. W. van Dijk, PAV-Lelystad

1024002

Minder opbrengst in continuteelt snijmaïs

Wat zijn de oorzaken?

Inleiding

In voorgaand onderzoek van de LUW (Vakgroep Agronomie, begin jaren tachtig) is gebleken dat er bij een continuteelt van snijmaïs een opbrengstderving van 10 -20 % optreedt in vergelijking met een teelt van 1 op 5 in een akkerbouwrotatie. Dit houdt verband met het optreden van wortelverbruining, wat met name wordt veroorzaakt door de schimmels Pythium en Fusarium spp.
Uit eerdere PAV- proeven (eind jaren tachtig) is gebleken dat de vruchtwisseling van snijmaïs met akkerbouwgewassen tot opbrengstverbeteringen van 13% leidt. Wisselbouw van maïs en gras leidde vergeleken met continuteelt tot minder sterke opbrengstverhogingen (2-7%, Maarheeze, eind jaren tachtig). Doordat er in tegenstelling tot eerder onderzoek nauwelijks verschillen waren in wortelverbruining tussen continuteelt maïs en voorvrucht gras was het onduidelijk wat de oorzaken waren van de opbrengstdepressies bij continuteelt. Daarom is in 1997 dit vervolgonderzoek gestart. Het onderzoek bestond uit twee veldproeven en twee potproeven. In de veldproeven is gekeken naar de effecten van de verschillende voorvruchten op de opbrengst en de wortelverbruining. Daarin zijn de voorvruchten luzerne, Engels raaigras, rietzwenkgras en voederbiet na voorvrucht triticale (weergegeven in rest van artikel als voederbiet/triticale) vergeleken met continuteelt snijmaïs. In de potproeven is door het toedienen van biociden bepaald welke bodempathogenen verantwoordelijk zijn voor de wortelverbruining en de opbrengstdepressies bij continuteelt.

Doel

Dit onderzoek heeft tot doel om de oorzaken voor de verschillen in snijmaïsopbrengst bij de diverse voorvruchten te achterhalen en met name de invloed van de wortelverbruining vast te stellen.

Materiaal en methoden

Werkwijze veldproeven

De veldproeven vonden plaats in 1997 en 1998 op twee locaties, Gastel en Leende. Op beide locaties hebben van 1993 tot 1996 proeven gelegen, waarbij gekeken is naar de droogteresistentie van voedergewassen. Te Gastel heeft in de periode voor de aanleg van de droogteresistentieproeven lange tijd gras gestaan, te Leende lange tijd maïs. Door gebruik te maken van deze proeven ging dus geen tijd verloren met de opbouw van voorvruchtsituaties.
De voorvruchten waren: luzerne, Engels raaigras, rietzwenkgras, voederbiet/triticale en snijmaïs. Op beide locaties zijn, voor zover mogelijk, de voorvruchten opgedeeld in twee helften. Hierdoor werd het mogelijk zowel in 1997 als in 1998 een toetsing uit te voeren. De veldjes met luzerne waren te klein om opgesplitst te worden over de twee jaren, zodat deze voorvrucht alleen in 1997 is meegenomen. Per voorvrucht zijn vier herhalingen uitgevoerd.
Als extra vergelijking is het proefveld van proefbedrijf Cranendonck in de beoordeling meegenomen, waar naast continuteelt maïs de objecten maïs na vier jaar gras en maïs na acht jaar gras zijn beoordeeld op wortelverbruining en droge-stofopbrengst.
Er is in juni en september bemonsterd op wortelverbruining.
In het voorjaar zijn de proefveldjes bemonsterd op bodemvruchtbaarheid en de aaltjespopulaties in de bodem.

In de vruchtwisselingsproeven met akkerbouwgewassen werden voor continuteelt maïs opbrengstdervingen tot 20 % gevonden. In de wisselbouwproef met gras te Maarheeze werden weinig verschillen ten opzichte van continuteelt maïs gevonden voor zowel de droge-stofopbrengst als de wortelverbruininig. Uit de veld- en potproeven in dit onderzoek blijkt dat gras als voorvrucht gemiddeld een opbrengstverbetering van 13 % geeft. Bovendien zorgt de gras-voorvrucht voor minder wortelverbruining en een betere bodemvruchtbaarheid. De aanwezigheid van Pythium spp. en mogelijk de afname van het fosfaat- en kaligehalte en/of de pH van de bodem leiden bij continuteelt maïs tot opbrengstdepressies. Door af te wisselen met een gras-voorvrucht worden deze depressies tegengegaan.

voorvrucht	droge-stof-opbrengst	wortelverbruining in juni[1]	wortelverbruining in september[1]	pH	K-getal
luzerne	107 a [2]	7.1 a	4.1 a b	5.6 a	12 b
Engels raaigras	113 a	7.0 a	4.7 a	5.6 a	17 a
rietzwenkgras	112 a	6.9 a	4.5 a	5.8 a	18 a
voederbiet/triticale	108 a	6.6 a	3.9 b	5.2 b	11 b
maïs	100 b	6.0 b	3.3 c	5.2 b	11 b

1. 10 = gezond; 1 = volledig verrot.
2. Per kolom zijn gemiddelden die gevolgd worden door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (l.s.d., P = 0,05).

Tabel 1. Relatieve droge-stofopbrengst, aantasting door wortelverbruining, pH en kali-gehalte van de bodem in relatie tot de voorvrucht, gemiddeld over de locaties en jaren.

voorvrucht	P. crenatus	P. neglectus	Paratylenchus	Tylenchorhynchus
luzerne	15 a[1]	19 bc	0	185 b
Engels raaigras	129 b	27 ab	11 b	465 a
rietzwenkgras	121 b	2 c	2 a	327 a
voederbiet/triticale	204 b	56 a	1 a	334 a
maïs	235 b	74 a	1 a	325 a

1. Per kolom zijn gemiddelden die gevolgd worden door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (l.s.d., P = 0,05).

Tabel 2. Gemiddelde aaltjesaantallen per voorvrucht uit de variantie-analyse over 1997 en 1998 voor Gastel en Leende.

Werkwijze potproeven

De grond van de verschillende voorvruchten uit de veldproef is na menging en bespuiting met de verschillende biociden gebruikt voor de potproeven. Deze zijn opgezet als een blokkenproef in zesvoud met acht behandelingen over de verschillende voorvruchten en proefvelden. De volgende biociden zijn gebruikt om de verschillende bodempathogenen te elimineren:

Grondbehandelingen:

1. controle,
2. pasteurisatie (doding alle bodemleven),
3. Pythium-doder (metalaxyl),
4. Fusarium-doder (benomyl),
5. Rhizoctonia-doder (pencycuron),
6. aaltjes-doder (temik),
7. aaltjes-doder en Pythium-doder (te mik+metalaxyl),
8. bacterie-doder (streptomycine).

De concentratie metalaxyl is in de tweede potproef vertienvoudigd, omdat de resultaten van dit middel in de eerste potproef ten opzichte van de controle weliswaar een lichte verbetering gaf, maar ten opzichte van pasteurisatie onvoldoende effect gaf.

Bepaling van de aanwezige schimmels op de wortels

Voor de veldproeven op alle locaties en de potproef van 1998 is geïnventariseerd welke schimmels voorkwamen in de betreffende proef.

Resultaten veldproeven

Opbrengsteffecten van de veldproeven

In beide jaren geeft continuteelt maïs een beduidend lagere droge-stofopbrengst, gemiddeld 13% verschil met Engels raaigras. De gras-voorvruchten hebben de hoogste droge-stofopbrengst in ton per ha (zie tabel 1). Op Cranendonck is bij maïs na vier jaar gras ook een opbrengststijging van 13% te zien.
Voorvrucht voederbieten/triticale geeft een stijging van de droge-stofopbrengst van 8 % en is significant verschillend van continuteelt maïs. Luzerne werd maar in één jaar meegenomen (1997). In dat jaar was er op Gastel een significant hogere droge-stofopbrengst van 30 % gemeten ten opzichte van continuteelt maïs. In Leende was de opbrengststijging maar 1 %. In tabel 1 is voor voorvrucht luzerne de gecorrigeerde opbrengst voor de beide jaren weergegeven. Rekening houdend met jaar- en locatie-effecten is er gemiddeld een betrouwbaar hogere opbrengst van 7 %.

Oorzaken van opbrengsteffecten

Over de locaties Leende en Gastel en de twee jaren is een variantie- , regressie en multiple regressie-analyse uitgevoerd. Hierbij is nagegaan welke factoren de meeste invloed hebben op de droge-stofopbrengst en de wortelverbruining.
De overschrijdingskans in de variantie-analyse voor het voorvruchteffect was alleen bij de kenmerken weergegeven in tabel 1 en 2 kleiner dan 0.05 en dus significant.

Wortelverbruining

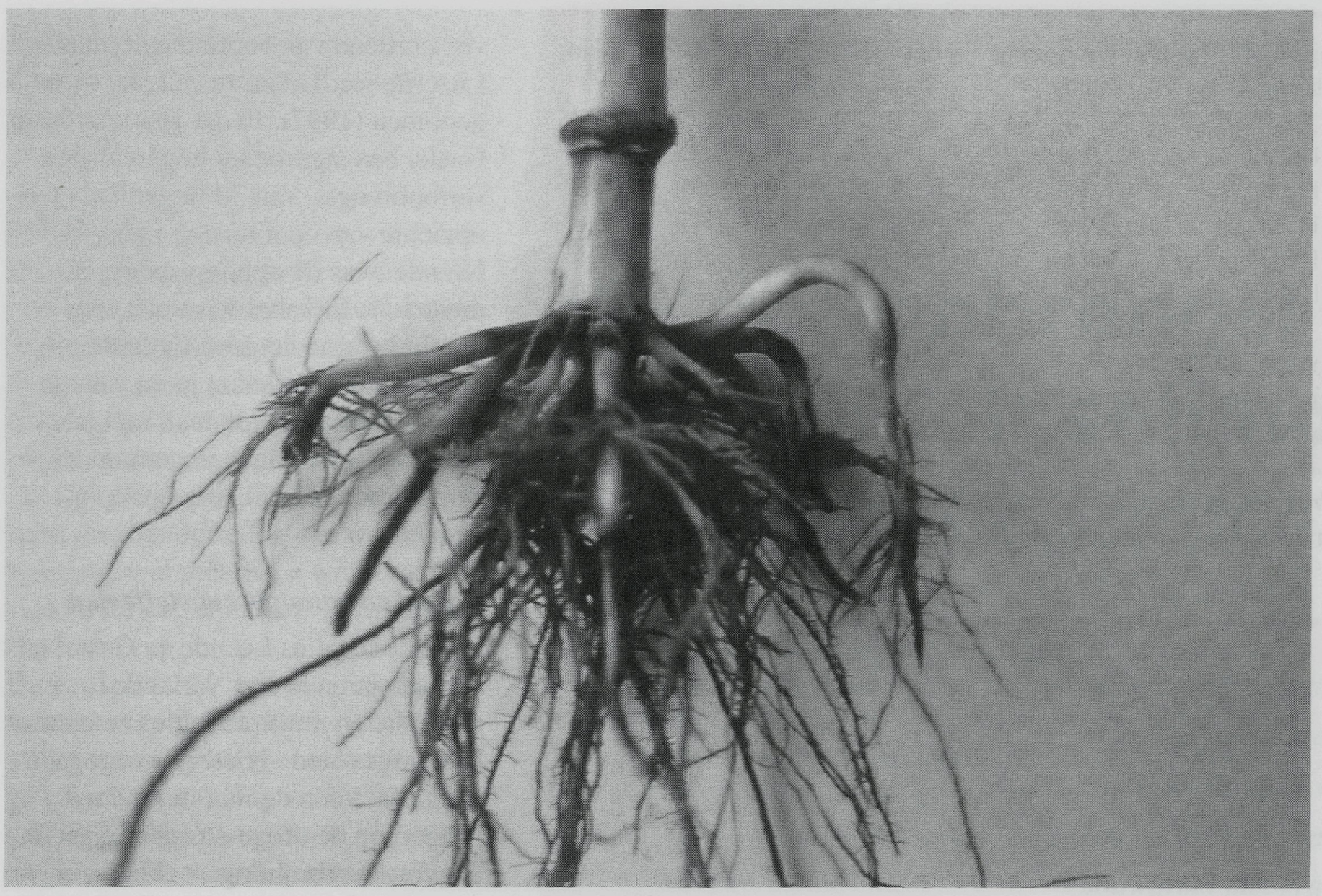
De voorvruchten luzerne, Engels raaigras en rietzwenkgras geven, zowel in juni als in september significant minder wortelverbruining dan voederbieten/triticale en maïs (tabel 1), terwijl voederbieten/triticale een tussenpositie inneemt.

Bodemvruchtbaarheidsfactoren

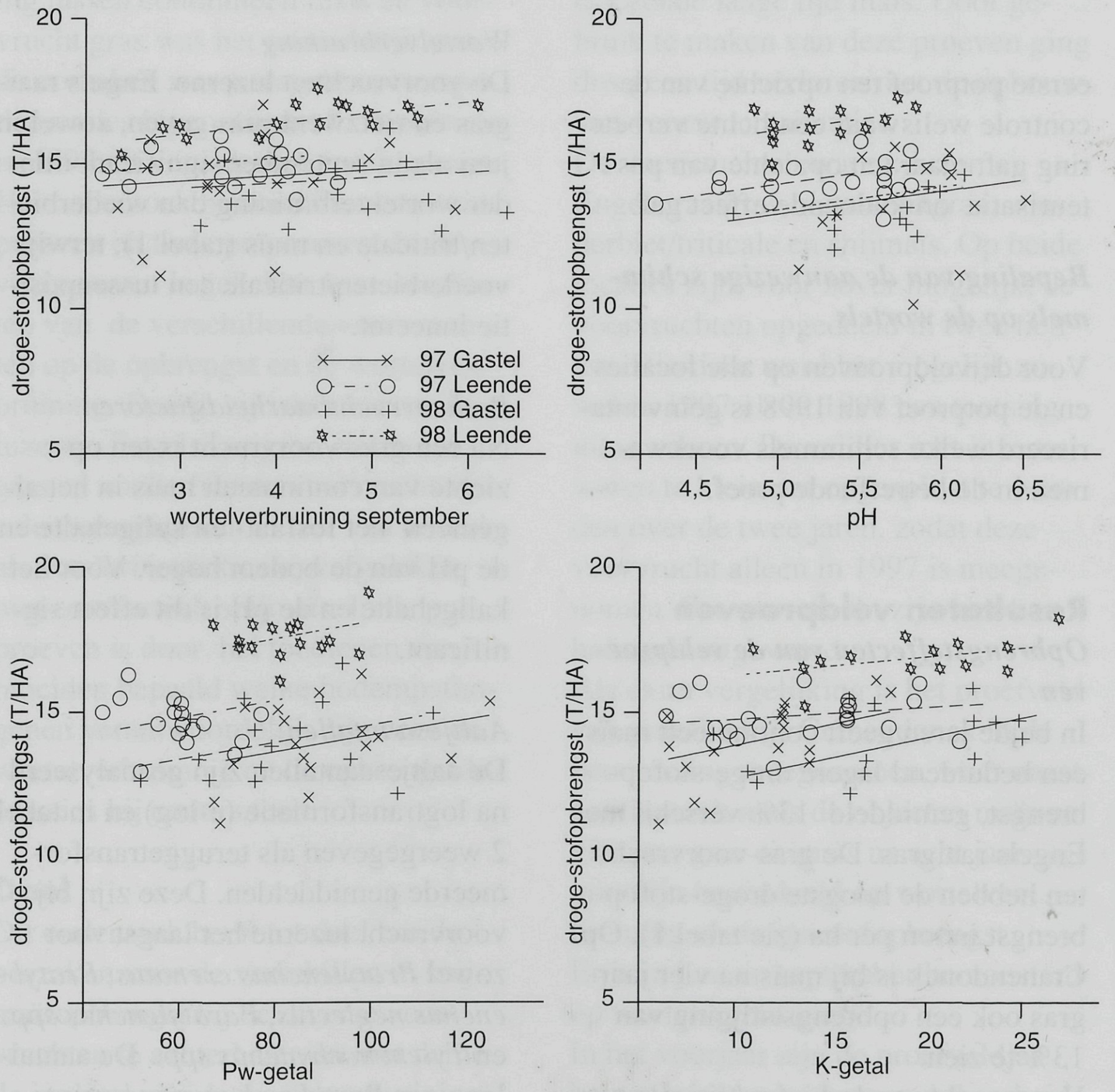
Na een gras-voorvrucht is ten opzichte van continuteelt maïs in het algemeen het fosfaat- en kaligehalte en de pH van de bodem hoger. Voor het kaligehalte en de pH is dit effect significant.

Aaltjesaantallen

De aaltjesaantallen zijn geanalyseerd na logtransformatie (e-log) en in tabel 2 weergegeven als teruggetransformeerde gemiddelden. Deze zijn bij voorvrucht luzerne het laagst voor zowel *Pratylenchus crenatus*, *Pratylenchus neglectus*, *Paratylenchus spp.* en *Tylenchorhynchus spp.* De aantallen voor *Pratylenchus crenatus* en *Pratylenchus neglectus* zijn het hoogst bij voorvrucht maïs.



Wortelverbruining en wortelrot veroorzaakt door Pythium aristosporum.



Figuur 1. Relatie tussen de wortelverbruining in september, de pH, het Pw-getal, het K-getal en de droge-stofopbrengst in ton per ha.

Regressie-analyse

Hieruit is gebleken dat de wortelverbruining, het fosfaat- en kaligehalte van de bodem en de pH van de bodem een positieve significante correlatie hebben met de droge-stofopbrengst (figuren 1 en 2).
De aaltjessoort *Pratylenchus crenatus* heeft een negatieve significante correlatie met de droge-stofopbrengst.
Uit de multiple regressie-analyse bleek dat de pH, het fosfaat- en kaligehalte van de bodem en de aaltjesaantallen van *Pratylenchus crenatus* meer variatie in droge-stofopbrengst verklaren dan de mate van wortelverbruining. Deze kenmerken worden beïnvloed door voorvrucht, jaar en locatie.

Resultaten potproeven

Invloed van de verschillende voorvruchten op de droge-stofopbrengst

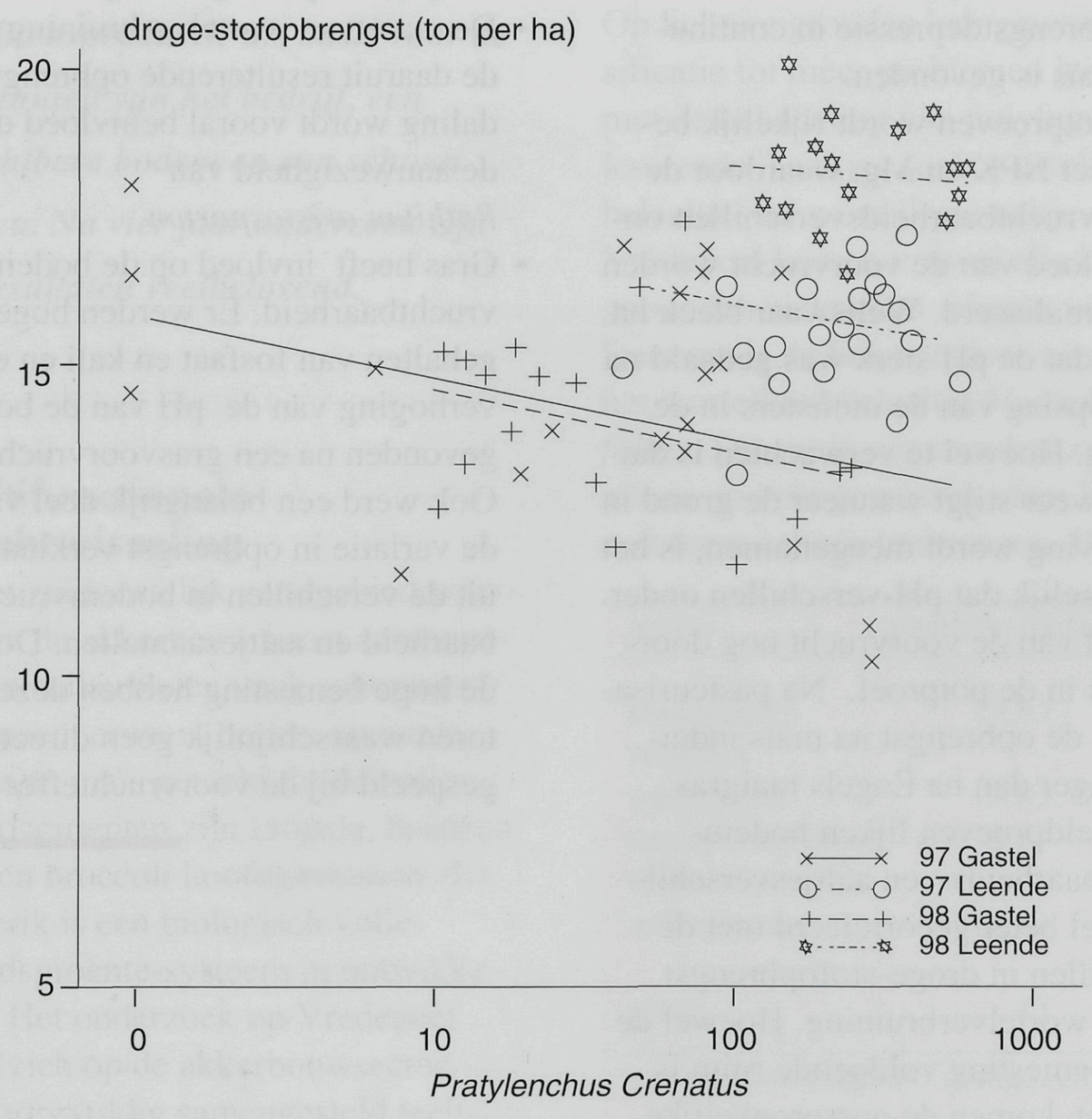
De verschillen tussen de behandelingen waren het beste te zien bij de oogst van de eerste potproef en op het moment van dunnen van de tweede potproef. Vandaar dat alleen deze resultaten in tabel 3 en 4 zijn meegenomen.
Metalaxyl had het sterkste effect op

de wortelverbruining. Bovendien kwamen de resultaten van streptomycine, benomyl, temik en pencycuron overeen met de controle. De behandeling van temik plus metalaxyl kwam overeen met de behandeling met metalaxyl alleen. Daarom worden de resultaten van de verschillende behandelingen beperkt meegenomen. De behandelingen met benomyl, metalaxyl en temik plus metalaxyl, controle en pasteurisatie worden alleen in de tabellen 3 en 4 weergegeven.
Evenals in de veldproeven komt in de potproeven de opbrengstdepressie na maïs goed naar voren in de controle-objecten.
Na pasteurisatie zijn de opbrengsten gestegen. Toch is er in de eerste potproef na pasteurisatie nog een betrouwbaar verschil in opbrengst tussen voorvrucht maïs en voorvrucht Engels raaigras. Dit betekent dat er naast biologische ook nog chemische oorzaken een rol hebben gespeeld.
De behandeling met metalaxyl leidde in de eerste potproef net niet tot een betrouwbare opbrengstverhoging na voorvrucht maïs, maar wel na een behandeling met temik plus metalaxyl. In de tweede potproef werkte de hogere concentratie metalaxyl fytotoxisch, waardoor deze behandeling qua opbrengst op het niveau van de controle uitkwam.
Benomyl had geen effect op de opbrengst.
In de proeven was er geen betrouwbare interactie tussen voorvruchten en behandelingen van de grond.

behandeling	oogst eerste potproef Engels raaigras	maïs	dunnen tweede potproef Engels raaigras	maïs
controle	2.60 a [1]	2.09 d	2.14 ab	1.68 cd
benomyl	2.45 b	2.13 cd	1.92 bc	1.58 d
metalaxyl	2.58 b	2.38 bcd	2.05 b	1.72 cd
temik plus metalaxyl	2.61 b	2.45 bc	2.23 ab	1.69 cd
pasteurisatie	2.95 a	2.37 bd	2.38 a	2.18 ab

1) Per kolom zijn gemiddelden die gevolgd worden door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (l.s.d., P = 0.05).

Tabel 3. Drooggewicht van het loof (uitgedrukt in grammen per pot) voor de voorvruchten Engels raaigras en maïs na diverse behandelingen van de grond.



Figuur 2. Relatie tussen de aantallen Pratylenchus Crenatus en de droge-stofopbrengst in ton per ha.

Invloed van de verschillende grondbehandelingen op de wortelverbruining

Tussen de verschillende voorvruchten is voor de controle geen significant verschil in aantastingsniveau.
In beide proeven gaven de behandelingen met metalaxyl en pasteurisatie ten opzichte van de controle significant minder wortelverbruining te zien. Alleen voor voorvrucht maïs in de tweede potproef was de behandeling met metalaxyl net niet significant verschillend ten opzichte van de controle.
Daarnaast werd ook in de tweede potproef geen effect van benomyl ten opzichte van de controle gemeten. Dit duidt erop dat in deze proeven *Pythium spp.* de belangrijkste veroorzaker is van wortelverbruining.

Bespreking van de gevonden schimmelsoorten in de veldproef van 1998 en de tweede potproef

Voor de veldproeven is per locatie en per tijdstip voor de verschillende schimmels afzonderlijk een variantie-analyse uitgevoerd. Er zijn daarbij geen significante verschillen gemeten tussen de voorvruchten Engels raaigras en maïs. Wat wel naar voren kwam, is dat in september voor zowel de voorvruchten Engels raaigras als maïs veel *Fusarium spp.* werden geïsoleerd. In juni werden uit de wortels van planten van beide locaties ook *Pythium spp.* geïsoleerd. Op de locatie Gastel werden ook enige *Rhizoctonia spp.* gevonden.
De volgende schimmelsoorten werden in Leende gevonden: *Fusarium*

behandeling	oogst eerste potproef Engels raaigras	maïs	dunnen tweede potproef Engels raaigras	maïs
controle	94 abc[1]	100 ab	112 ab	100 abc
benomyl	97 abc	104 a	72 bcd	133 a
metalaxyl	52 e	78 cd	31 e	59 cde
temik plus metalaxyl	77 dc	82 bc	31 e	77 bcd
pasteurisatie	62 c	48 e	35 e	45 de

1. Per kolom zijn gemiddelden die gevolgd worden door dezelfde letter niet significant verschillend van elkaar (l.s.d., P = 0,05).

Tabel 4. Relatieve aantasting van het wortelstelsel voor de voorvruchten Engels raaigras en maïs na diverse behandelingen van de grond. De controle voor voorvrucht mais is op 100% gesteld.

oxysporum (90 % van alle Fusarium-isolaten), *Fusarium cerealis*, *Fusarium verticillioides*, *Pythium aristosporum* en *Trichoderma hamatum*.
In Gastel werden naast bovenstaande soorten ook *Fusarium culmorum*, *Fusarium equiseti* en *Rhizoctonia solani* gevonden.

Discussie

Er is een duidelijk effect van de voorvruchten gemeten in de veldproeven en de potproeven. Uit beide blijkt dat de gras-voorvruchten een betere droge-stofopbrengst (12 -13%) en minder wortelverbruining te zien geven dan voederbiet/triticale en continuteelt maïs. Engels raaigras en rietzwenkgras kwamen daarbij als beste uit de bus, gevolgd door luzerne en voederbiet/triticale. De opbrengsteffecten verhouden zich goed met die welke gevonden zijn in eerder onderzoek, behalve die in de wisselbouwproef te Maarheeze.
Hoewel uit de multiple regressie-analyse van de veldproeven bleek dat de wortelverbruining minder invloed had op de droge-stofopbrengst dan andere bodemvruchtbaarheidsverschillen kan toch uit de potproeven worden geconcludeerd dat de wortelverbruining wel een belangrijke rol speelt bij de opbrengstdepressies.
Met name de behandeling met metalaxyl geeft een sterke vermindering van de aantasting voor alle wortels. Metalaxyl heeft nog enig effect op de opbrengst in tegenstelling tot benomyl.
Daaruit blijkt dat Pythium als belangrijkste veroorzaker van de wortelverbruining en opbrengstderving kan worden aangewezen. Wellicht dat ook de populatie van Pythium-soorten bij continuteelt van maïs toeneemt of meer schade veroorzaakt bij de gewijzigde bodemvruchtbaarheid.
Waarschijnlijk kunnen deze schimmels zich ook op gras in stand houden aangezien ze ook na gras worden geïsoleerd.
Pythium aristosporum lijkt veel op *Pythium arrhenomanes* en *Pythium graminicola*. Deze laatsten zijn vaker gevonden als veroorzakers van opbrengstdepressies in maïs. Het is voor zover bekend de eerste keer dat *Pythium aristosporum* als veroorzaker van opbrengstdepressie in continuteelt maïs is gevonden.
In de potproeven wordt rijkelijk bemest met NPK en Mg. waardoor de bodemvruchtbaarheidsverschillen onder invloed van de voorvrucht worden geminimaliseerd. Weliswaar bleek na afloop dat de pH sterk was gedaald na lange opslag van de monsters in de koeling. Hoewel te verwachten is dat de pH weer stijgt wanneer de grond in beproeving wordt meegenomen, is het aannemelijk dat pH-verschillen onder invloed van de voorvrucht nog doorwerken in de potproef. Na pasteurisatie was de opbrengst na maïs inderdaad lager dan na Engels raaigras.
In de veldproeven lijken bodemvruchtbaarheids- en aaltjesverschillen veel beter gecorreleerd met de verschillen in droge-stofopbrengst dan de wortelverbruining. Hoewel de NPK-bemesting voldoende ruim is geweest, komen de oorspronkelijke bodemvruchtbaarheidsverschillen toch naar voren. Dit ondanks het feit, dat de fosfaat- en kaligehalten na bemesting hoog zijn en de pH voldoende is. Dit geldt ook voor de aaltjesaantallen in de grond en de wortels, die niet op een schadelijk niveau liggen. Een verklaring voor de grote invloed van de lagere bodemvruchtbaarheid en hogere aaltjesaantallen in de veldproeven kan zijn, dat al deze suboptimale invloeden elkaar versterken. Daarbij kunnen ook nog andere niet gemeten invloeden bepalend zijn, zoals de N-nalevering van gras en luzerne.
Een tweede verklaring voor de geringe correlatie tussen de wortelverbruining en de droge-stofopbrengst in de veldproeven is dat ook de wortelverbruining sterk gecorreleerd was met de bodemvruchtbaarheidsverschillen, met name pH en kaligehalte van de bodem. Bij een multiple regressie analyse kan wortelverbruining dan wegvallen.

Conclusies

- Vruchtwisseling met gras levert een opbrengstverbetering van ongeveer 13% afhankelijk van locatie en jaar. De voorvruchten luzerne en voeder bieten leveren ongeveer 7% hogere droge-stofopbrengsten op.
- De mate van wortelverbruining en de daaruit resulterende opbrengst daling wordt vooral beïnvloed door de aanwezigheid van *Pythium aristosporum*.
- Gras heeft invloed op de bodem vruchtbaarheid. Er werden hogere gehalten van fosfaat en kali en een verhoging van de pH van de bodem gevonden na een grasvoorvrucht. Ook werd een belangrijk deel van de variatie in opbrengst verklaard uit de verschillen in bodemvruchtbaarheid en aaltjesaantallen. Door de hoge bemesting hebben deze factoren waarschijnlijk geen directe rol gespeeld bij de voorvruchteffecten.