

Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij

Perspectieven van rassen en
gewasrotatie in beeld

Stijn van de Goor

Nick van Eekeren

Alex de Vliegheer

Joke Pannecoque

Bart Vandecasteele

Johan van Waes

Louis Bolk Instituut i.s.m.

ILVO

Instituut voor Landbouw-
en Visserijonderzoek



© 2017 Louis Bolk Instituut

Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij -
Perspectieven van rassen en gewasrotatie in
beeld

Stijn van de Goor¹, Nick van Eekeren¹, Alex De
Vlieghe², Joke Pannecouque², Bart
Vandecasteele², Johan Van Waes²

¹ Louis Bolk Instituut ² ILVO

Publicatienummer 2017-006 LbD

23 pagina's

Deze publicatie is als download beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

Foto cover: ILVO sorghum ras Vegga

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

F 0343 515 611

Hoofdstraat 24

3972 LA Driebergen

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: onafhankelijk, internationaal kennisinstituut
ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Samenvatting

Sorghum is een gewas dat qua groeiwijze en teelt lijkt op mais. Sorghum als derde gewas op een melkveebedrijf kan de rotatie met mais verruimen en nadelen van continueelt mais zoals opbouw van bodemgebonden ziekten, resistentie bij onkruiden en bodemverdichting mogelijk voorkomen. In dit onderzoek worden de perspectieven van sorghum in vergelijking met mais in beeld gebracht. In 2016 zijn onder andere rassen vergeleken en zijn bodemmetingen gedaan aan een gewasrotatie met mais en sorghum

Rassenvergelijking

In zowel België als Nederland zijn afgelopen jaar sorghumrassen met snijmais vergeleken. Door het natte voorjaar van 2016 waren de proefomstandigheden niet ideaal en was er veel variatie in zowel mais als sorghum. De resultaten van de proef in Nederland laten zien dat het streven van een 20% hogere opbrengst van sorghum in vergelijking met mais met daarbij minimaal 250 g zetmeel per kg droge stof mogelijk is. Zetmeelgehaltes van het sorghumras C7 en de hybrides HHD-2 en HHD-3 van een veredelaar uit Zeeuws-Vlaanderen waren in Nederland zelfs tegen de 400 g zetmeel per kg droge stof en hoger. Het commercieel beschikbare Franse ras Vegga rijpt iets later af, maar gezien het suikergehalte kan deze ook richting de 350 g zetmeel komen. De verteerbaarheid van sorghum blijft achter t.o.v. mais, door het hogere ADL gehalte. Proeven in België laten vergelijkbare opbrengsten zien van het sorghumras C7 en Vegga in Nederland, respectievelijk 15,7 ton ds/ha en 17,2 ton ds/ha. De maisopbrengsten varieerde van 15,8 ton ds/ha in Nederland naar 19,8 ton ds/ha in België. Aangezien van C7 en HHD-hybrides nog geen commercieel zaad beschikbaar is maar van Vegga wel, lijkt Vegga een ras wat al op korte termijn inzetbaar is. Beschikbaarheid van andere rassen met deze kwaliteiten gaat mogelijk nog 2 jaar duren.

Sorghum in rotatie met mais

Sorghum heeft een fijner wortelstelsel dan mais en geeft mogelijk een reductie van bodemgebonden ziektes van maïs. Deze combinatie maakt sorghum potentieel een goed gewas in rotatie met snijmais waar andere gewasrotaties niet mogelijk zijn. In 2007 werd op het ILVO in België een meerjarige proef aangelegd waarin een aantal energiegewassen werden vergeleken, waaronder continueelt mais in vergelijking met mais in rotatie met 1 jaar Italiaans raaigras en 1 jaar sorghum. Vanuit dit project zijn er bodemmetingen gedaan aan zowel de gewasrotatie die in 2016 eindigde op mais als de gewasrotatie die eindigde op sorghum, in vergelijking met continueelt mais. In beide behandelingen met een rotatie is er 3 jaar sorghum geteeld gedurende deze 8 jaar. In de behandelingen met deze gewasrotatie was er in vergelijking met continueelt mais een trend naar een hoger organisch stofgehalte in de laag 0-10 cm en was het percentage scherpblokkige elementen significant lager in de laag 0-25 cm (positief voor bodemstructuur). Hoewel sorghum visueel fijnere wortels heeft dan mais, was er met de gebruikte rassen voor mais en sorghum, geen significant verschil in beworteling tussen de drie behandelingen. Ook was er geen verschil in indringingsweerstand en ziekteweerbaarheid gemeten in een biotoets met sla. De totaal score voor bodemkwaliteit gemeten middels de Soil Health Index van Cornell University was voor alle 3 de behandelingen rond de 41-43, (schaal 1-100). Desalniettemin leidde de gewasrotatie wel tot een 6-9% hogere opbrengst van mais in vergelijking met continueelt mais. Deze gewasverhoging lijkt een combinatie van het effect van Italiaans raaigras en sorghum in de gewasrotatie.

Conclusies

- De gebruikte rassen van sorghum laten potentieel zien in afrijping, in productie en voederwaarde, als aanvulling op de teelt van snijmais op een melkveebedrijf. Producties van 20 ton ds per ha met 400 g zetmeel per kg ds zijn gerealiseerd in proefvelden.
- Aangezien er van C7 en HHD-hybrides nog geen commercieel zaad beschikbaar is en van Vegga wel, lijkt Vegga een ras dat op korte termijn inzetbaar is.
- Voor de toekomstige markt blijft het belangrijk onderscheid te maken in rassen voor groenbemesting, biomassaproductie (biogasinstallatie) en sorghumrassen ter aanvulling van de teelt van snijmais met een voldoende afrijping en zetmeelgehalte.
- In een 8 jarige proef kon geen verschil in bodemkwaliteit worden aangetoond tussen een gewasrotatie van mais, Italiaans raaigras en sorghum die in 2016 als laatste teelt mais of sorghum had.
- Beide behandelingen uit de gewasrotatie hadden in vergelijking met continueelt mais wel een trend naar een hoger organisch stofgehalte in de laag 0-10 cm en het percentage scherpblokkige elementen was significant lager in de laag 0-25 cm.
- Uiteindelijk leidde de gewasrotatie wel tot een 6-9% hogere opbrengst van mais in vergelijking met een continueelt mais. Deze opbrengstverhoging lijkt het gevolg te zijn van de aanwezigheid van Italiaans raaigras en sorghum in de gewasrotatie.

Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Vergelijking van zaaidichtheid en rassen in Boekel	7
2.1. Inleiding	7
2.2. Methode	7
2.3. Resultaten	8
2.4. Discussie	10
3 Vergelijking van bemesting en rassen in Merelbeke	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Methode	11
3.3 Resultaten	11
3.4 Discussie	12
4 Bodemkwaliteit in meerjarige proef met energiegewassen in Merelbeke (2007-2016)	13
4.1 Inleiding	13
4.2 Methode	13
4.3 Resultaten	15
4.4 Discussie	21
5 Conclusies	23

1 Inleiding

Continueteelt van mais leidt in potentie op termijn tot opbrengstderving door verlies van organische stof, opbouw van bodemgebonden ziekten en verdichting. De basisgedachte van dit project is de introductie van sorghum als derde gewas op een melkveebedrijf. Dit geeft een rotatieverruiming. Sorghum is een subtropische graansoort die qua groeiwijze en teelt veel lijkt op mais. Wereldwijd is sorghum het vijfde graangewas. Sorghum is een multifunctioneel gewas, het zaad is geschikt voor humane consumptie (brood en bier) en de gehele plant kan dienen als veevoeder, groenbemester of biobrandstof.

In theorie zou sorghum 20% meer droge stof opbrengst kunnen genereren dan snijmais. Het gewas is weinig droogtegevoelig, het behoeft minder water per kg droge stof (25% lager dan snijmais) en kan tijdens droogte haar bloei – en korrelzetting uitstellen. Het gewas heeft een sanerend effect op bodemgebonden ziekten, hierdoor brengt mais in vruchtwisseling met sorghum potentieel meer op dan continueelt. Daarbij is sorghum resistent tegen de quarantaineplaag van de maiswortelboorder.

Voordat sorghum geïntroduceerd kan worden als derde gewas op een melkveebedrijf behoeft de teelt en rassen verdere optimalisatie onder Nederlandse omstandigheden. Zowel in België als Nederland is in 2016 een proef aangelegd met verschillende sorghumrassen in vergelijking met snijmais. In hoofdstuk 2 wordt de proef in Nederland naar sorghumrassen en zaaidichtheden besproken, in hoofdstuk 3 de proef in België naar sorghumrassen en bemestingsniveaus, en in hoofdstuk 4 het effect van sorghum op de bodemkwaliteit.

2 Vergelijking van zaaidichtheid en rassen in Boekel

2.1. Inleiding

Een hoge zaaidichtheid biedt voordelen, zo vormt sorghum minder zijstengels wat leidt tot een homogenere afrijping van het gewas. In eerdere proeven in 2015¹ kwam naar voren dat een lagere plantdichtheid kan leiden tot een eerdere graanzetting en afrijping. Daarop zijn de sorghumrassen C7 en Vegga vergeleken met mais onder twee zaaidichtheden. Daarnaast was het voor de proef in Nederland mogelijk om 5 hybrides van sorghum die recentelijk ontwikkeld zijn te toetsen op afrijping, biomassa en voederwaarde.

2.2. Methode

Op 17 mei 2016 zijn in Boekel (zand) zeven rassen sorghum (Vegga, C7 en vijf hybrides HHD-1 tot met HHD-5) en mais (LG30209 ontsmet) ingezaaid. Vegga (*Sorghum bicolor*) is een commercieel frans ras afkomstig van RAGT seeds. Het ras C7 (*Sorghum bicolor*) en de vijf hybrides zijn afkomstig uit een vermeerdering in Chili en Nederland voor het veredelingsprogramma van Dr.Ir. W.A.J. de Milliano. De vijf hybrides zijn geselecteerd op afrijping en biomassa onder Nederlandse omstandigheden (HHD1 snelste afrijping en laagst biomassa, HHD5 laatste afrijping en hoogste biomassa).

De rassen C7 en Vegga zijn gezaaid in vier herhalingen, in plots van 7m lang en vijf rijen breed (rijafstand 60cm), op een diepte van 2 tot 3cm. Beide zijn gezaaid met twee dichtheden: 200.000 en 275.000 planten per hectare, uitgaande van het 1000-korrelgewicht en kiemttest (Zie tabel 1). Dezelfde opzet is toegepast voor de hybride rassen HHD 1 tot en met 5, zij zijn gezaaid in twee herhalingen met een zaaidichtheid van 275.000. Als referentie is mais gezaaid in vier herhalingen, in plots van 7m lang en vier rijen breed (rijafstand 75cm), op een diepte van 2 tot 3cm, met 110.000 zaden per hectare.

Tabel 1: Zaaizaadhoeveelheid op basis 1000 korrelgewicht en kieming %

Ras	Hoeveelheid (kg per ha)	Gemiddeld gewicht (g/1000 korrels)	Kieming (%)
Mais	45,0	388,3	95
C7 2.0*10 ⁵	7,7	25,8	67
C7 2.75*10 ⁵	10,6	25,8	67
Vegga 2.0*10 ⁵	5,6	24,2	87
Vegga 2.75*10 ⁵	7,7	24,2	87
15 HHD-1	9,1	32,3	98
15 HHD-2	9,0	32,0	98
15 HHD-3	9,7	34,6	98
15 HHD-4	9,7	34,7	98
15 HHD-5	11,0	39,1	98

Het perceel is geploegd met een vorenpakker. Op 27 april is in de rij 35 m³ runderdrijfmest gebracht (4,01 kg N/ton; 1,74 kg P₂O₅/ton; 5,7 kg K₂O/ton). Op 17 mei is per hectare 100 kg N uit KAS en 100 kg K₂O breedwerpig bemest. Onkruid is handmatig verwijderd.

¹ J. De Wit en N. van Eekeren, 2015. Sorghum in Nederland. Resultaten van diverse experimenten in 2015. Publicatienummer 2015-055 LbD.

Op 28 mei begonnen de eerste planten op te komen. De mais vertoonde vreterij door vogels, daarop zijn linten gespannen om verdere schade te voorkomen. Door de vele regenval op 1 juni viel de opkomst lager uit dan verwacht, zie tabel 2. Op 6 juni is een opkomststelling gedaan. Per plot is 3 keer 1 meter geteld, de randen en de buitenste rijen zijn vermeden.

Tijdens de proef is er enkele malen extreem veel regen in korte tijd gevallen. Zware onweersbuien eind mei, begin juni zorgden voor een trage beginontwikkeling en een lage opkomst bij de sorghum. Door de natte omstandigheden begin juni liep de kieming en ontwikkeling van sorghum vertraging op, daarbij was er veel variatie binnen de plots. In de maand juni was de temperatuur hoger dan normaal, maar viel het aantal zonuren tegen. Juli verliep normaal. Augustus was vrij warm met veel zon, maar voldoende neerslag. September was een droge maand met hoge temperaturen en veel zon. Plaatselijk zorgde dit ervoor dat mais verdroogde. Mais en sorghum op proefveld toonde geen droogteverschijnselen.

Oogstmetingen zijn gedaan op 30 september. Per plot is drie maal 3m geoogst, waarvan het aantal planten is geteld en vers gewicht is gewogen. Van iedere drie maal 3m zijn willekeurig negen planten genomen, daarvan is na hakselen een monster genomen welke bij Eurofins (Wageningen) is geanalyseerd op droge stof gehalte en voederwaarde. Aangezien er voor sorghum in Nederland geen NIRS-ijklijnen zijn, zijn de monsters via de NIRS als verse mais geanalyseerd. Daarnaast is de verteringscoëfficiënt (VCOS%) bepaald volgens de Tilley en Terry methode en zetmeel volgens de enzymatische methode.

2.3. Resultaten

In tabel 2 zijn de resultaten van de opkomst in Boekel weergegeven. De opkomst was lager dan verwacht; met name voor de hybrides was de opkomst laag met soms grote gaten in de rij. Een hogere zaaidichtheid zorgt voor een lichte stijging van de het aantal planten; voor zowel C7 en Vegga. Door na-kieming was bij de oogst op 29 september de plantdichtheid hoger, maar nog steeds te laag. Ook de extreme regenval speelde bij de kieming parten.

Tabel 2: Resultaten plant tellingen (20 dagen na inzaai en bij oogst).

Ras	6-jun		29-sep
	Kiemkrachtig (pl per ha)	Plantdichtheid (pl per ha)	Plantdichtheid (pl per ha)
C7 2.0*10 ⁵	200.000	103.700	159.000
C7 2.75*10 ⁵	275.000	125.000	176.000
Vegga 2.0*10 ⁵	200.000	105.000	150.000
Vegga 2.75*10 ⁵	275.000	118.700	178.000
15 HHD-1	275.000	95.000	119.000
15 HHD-2	275.000	105.000	138.000
15 HHD-3	275.000	100.000	115.000
15 HHD-4	275.000	100.000	120.000
15 HHD-5	275.000	85.000	132.000

In augustus was C7 het verst in ontwikkeling, gevolgd door de hybrides. Daarbij schoot HHD-5 iets later in de aar dan de overige hybrides, maar was wel het langste. Zowel HHD-4 als HHD-5 toonden eind september sporen van legering. De lengte van Vegga was met 160-170cm klein, ten opzichte van C7: 200cm en de hybrides: 200 tot 250cm. De pluim van Vegga was echter goed gevuld

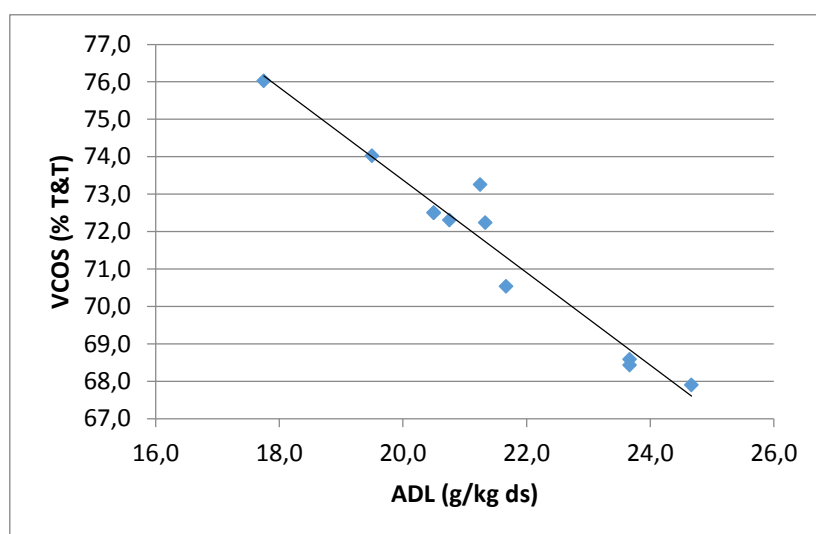
waardoor de opbrengst hoger was dan bij C7. De hybrides en C7 toonden sporen van roest, Vegga bleef onaangetast.

In tabel 3 is te zien dat de opbrengsten van sorghum rond de 15 à 20 ton droge stof varieerden. De zetmeelgehalten van ras C7 en HDD 1,2 en 3 waren met ruim 400 g/kg ds zeer hoog. De rassen HDD 4 en HDD 5 waren op 30 september minder ver in afrijping, te zien aan het lagere zetmeelgehalte. Het commerciële beschikbare Franse ras Vegga rijpte later af, maar gezien het hogere suikergehalte had deze bij een later oogstdatum hogere zetmeelgehalte kunnen realiseren. Het effect van een hogere zaaidichtheid leidde niet eenduidig tot een hogere opbrengst of andere voederwaarde. De verschillen zijn klein, doordat de opkomst lager was dan verwacht met veel variatie, 130.000 tot 200.000 planten per ha.

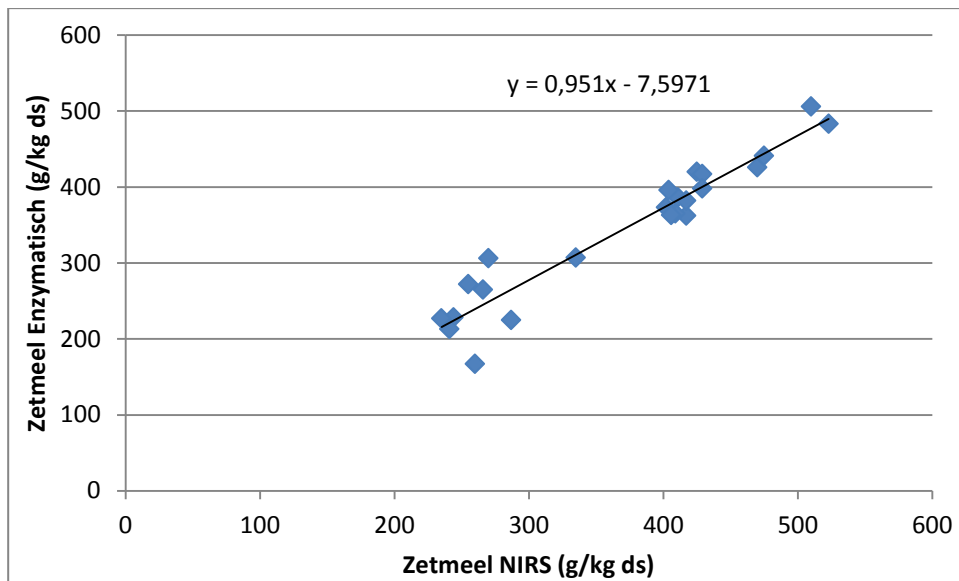
Tabel 3: Opbrengst en voederwaarde Boekel

Behandeling	ds g/kg	ton ds/ha	Ruw eiwit g/kg ds	VCOS% (NIRS)	VCOS% (T&T)	Suiker g/kg ds	Zetmeel (NIRS) g/kg ds	Zetmeel (klassiek) g/kg ds	ADL g/k g ds
Mais	35,4	15,8	71	76,5	76,0	65	329	330	18
C7 2.0*10 ⁵	33,3	14,6	80	73,6	72,2	29	448	402	21
C7 2.75*10 ⁵	34,1	15,3	77	73,8	73,3	26	439	440	21
Vegga 2.0*10 ⁵	27,2	17,2	77	76,4	72,3	107	279	277	21
Vegga 2.75*10 ⁵	31,1	16,5	66	76,6	74,0	94	289	283	20
HDD-1	32,8	15,5	78	73,4	71,8	25	407	381	21
HDD-2	31,5	19,7	76	75,3	72,5	26	470	423	20
HDD-3	32,9	20,1	78	74,5	71,9	28	441	402	22
HDD-4	31,3	18,0	76	72,3	66,6	29	345	299	24
HDD-5	30,6	19,4	76	70,7	65,5	26	339	275	25

In figuur 1 is de VCOS T&T uitgezet tegen de ADL. De verteerbaarheid van sorghum blijft iets achter bij die van mais, onder andere door een hoger ADL. De hybrides 1 t/m 3, C7 en Vegga hebben een relatief hoge VCOS met een lage ADL. Voor HDD-2 en HDD-3 zijn zowel droge stof opbrengst als zetmeel hoog. In tabel 3 en figuur 2 is te zien dat bij NIRS analyse als verse mais het zetmeelgehalte plus minus 5-10% overschat wordt ten opzichte van de klassieke enzymatische bepaling.



Figuur 1: Verteringscoëfficiënt Tilly en Terry versus ADL



Figuur 2: Zetmeel klassiek versus Zetmeel NIRS

2.4. Discussie

Door extreme regenval in juni 2016 was de variatie in de gewasstand van zowel mais als sorghum hoog. Gemiddeld genomen hebben de sorghumrassen meer geproduceerd dan mais. Van de sorghumrassen was de productie van C7 het laagst, het had dunne stengels en een minder gevulde aar zorgden voor een lagere opbrengst. Daarbij waren C7 en de hybrides aangetast door roest. Vegga daarentegen zag er gezond uit met donkergroen blad, had minder lengte dan C7, maar een dikke stengel en goed gevulde pluim, waardoor de opbrengst hoger uitpakte dan C7. De hybrides HHD-2 tot en met HHD-5 behaalden een hoge opbrengst, door veel massa en een volle pluim. De hybrides HHD-4 en -5 zijn gevoelig voor legering. De legering is niet zeer ernstig; de plant knakt niet, maar gaat hangen. Binnen de lijnen van de hybrides was er grote variatie in massa en pluim; de planten waren niet homogeen.

Voor voederwaarde lijken C7 en HHD-2 en HHD-3 het meest geschikt, zij hebben een goede verteringscoëfficiënt en ruim 400 gram zetmeel. HHD-4 en HHD-5 hadden een lager zetmeelgehalte, een hogere ADL en een lagere VCOS%. Dit komt overeen met de veredeling van de hybrides, waarbij volgens oplopend nummer is geselecteerd op massa ten opzichte van afrijping. Het Franse ras Vegga was ten tijde van de oogst nog niet rijp, maar gezien het suikergehalte kan deze potentieel een hoger zetmeelgehalte halen.

Concluderend laat deze proef zien dat het mogelijk is met sorghum een hoog zetmeelgehalte te combineren met een hoge opbrengst. Met name de hybrides HHD-2 en HHD-3, komen er op dit proefveld heel goed uit en laten de potentie zien van sorghum onder Nederlandse omstandigheden. Vegga heeft een latere afrijping dan deze hybrides, minder zetmeel en een lagere opbrengst. Aangezien commerciële hybrides nog niet op de markt zijn maar Vegga wel, is Vegga een ras wat voorlopig zou kunnen worden gebruikt in grootschaligere praktijkproeven waar meer zaaizaad voor nodig is.

3 Vergelijking van bemesting en rassen in Merelbeke

3.1 Inleiding

Sorghum kan groeien op minder vruchtbare gronden en lijkt minder bemesting nodig te hebben dan mais. Dit blijkt o.a. uit een proef in Merelbeke (België) waarbij snijmaïs en sorghum voor biomassaproductie bij 2 N-niveaus werden beproefd in de periode 2007-2016². Om het effect van de N-bemesting te testen bij snijmaïs en sorghum voor groenvoederproductie heeft het ILVO in België (Merelbeke) de opbrengst en voederwaarde van twee sorghumrassen vergeleken met mais bij twee bemestingsniveaus 70 en 140 kg Werkzame N/ha.

3.2 Methode

Op 26 mei zijn het maïsras (LG30209 ontsmet) en de sorghumrassen Vegga en C7 ingezaaid op een leemhoudende zandgrond in Merelbeke. Eerder inzaaien was niet mogelijk vanwege te natte omstandigheden. Vegga is een commercieel ras van RAGT seeds. De variëteit C7 is afkomstig uit een vermeerdering in Chili en Nederland voor het veredelingsprogramma van Dr.Ir. W.A.J. de Milliano.

De sorghum is ingezaaid in plots van 12 m lang en 5 rijen breed (rijenafstand 52 cm) in 3 herhalingen, op een diepte van minder dan 3cm bij een dichtheid die voldoende moet zijn voor een zaaidichtheid van 275.000 zaden per ha. Hierbij zou een netto oppervlakte van 6 m x 1.56 m (3 rijen) worden geoogst. De mais was gezaaid in plots van 12 m lang en 4 rijen breed (rijenafstand 75 cm). Hierbij zou een netto oppervlakte van 6 m x 1.50 m (2 rijen) worden geoogst.

De N-bemesting in Merelbeke betrof 70 en 140 kg Werkzame N/ha via kunstmest. Er is voor opkomst een chemische onkruidbestrijding uitgevoerd. Er werd eveneens een passende kali- en fosfaat bemesting toegepast.

Bij de oogst is een opkomsttelling gedaan waarbij per ras en per N-niveau 6 rijen van 6 m zijn geteld. Men moest hierbij op zoek gaan naar rijen met een zo goed mogelijke bezetting in de rij zelf (en in de buurtrijen om randwerking te vermijden).

De opbrengstbepalingen zijn gebeurd op 13 oktober voor het maïsras, op 24 oktober (beide sorghumrassen) en 11 november (het sorghumras Vegga). Per plot is zes maal 1 rij van 6m geoogst en gewogen (vers). Daarnaast zijn het aantal planten en de uitstoeling per plant geteld. Na hakselen is een monster genomen voor droge stofbepaling op het ILVO en voor chemische samenstelling en bij Eurofins (Wageningen) voor voederwaarde middels NIRS voor verse mais en de verteringscoëfficiënt (VCOS%) volgens de Tilley en Terry methode.

3.3 Resultaten

Recent na inzaai is een enorme plas water gevallen waardoor de opkomst veel lager was dan voorzien. De variatie in opkomst was dan ook groot (zie Tabel 4), met plantaantallen onder de 50.000 tot een maximum van 160.000. Vooral bij C7 was de opkomst zeer laag.

Tabel 4: Resultaten planttellingen bij oogst Merelbeke

² De Vliegheer, 2017 <http://www.enerpedia.be/nl/nieuws/sorghum-voor-biomassaproductie-2077/>

Ras	Zaaidichtheid (zaden per ha)	29-sep
		Plantdichtheid (pl. per ha)
Mais-N1	110.000	92600
Mais-N2	110.000	89300
C7-N1	275.000	80700
C7-N2	275.000	57700
Vegga-N1 oogst 1	275.000	104200
Vegga-N2	275.000	115400
Vegga-N1 oogst 2	275.000	151200
Vegga-N2	275.000	126100

*N1 is 70 kg N, N2 is 140 kg N

In tabel 5 is te zien dat de opbrengst van sorghum in veel gevallen lager lag dan die van mais. De variatie in opbrengst was groot binnen behandelingen. De lage opbrengst ging samen met een laag droge stof gehalte. Het later oogsten van het ras Vegga zorgde voor een toename van het droge stof gehalte. Een hoger bemestingsniveau liet niet altijd een hogere opbrengst zien. Alleen voor Vegga geoogst op 24-10 was de opbrengst hoger. Voor C7 en Vegga (geoogst op 7-11) is de opbrengst juist lager bij een hogere bemesting. Bij een hoger bemestingsniveau werd wel een hogere uitstoeling waargenomen.

Tabel 5: Opbrengst en voederwaarde Merelbeke

Behandeling	Oogst datum	ds g/kg	ton ds/ha	Ruw eiwit g/kg ds	VCOS% (NIRS)	VCOS% (T&T)	Suiker g/kg ds	Zetmeel (NIRS) g/kg ds	Zetmeel (klassiek) g/kg ds	ADL g/kg ds
Mais-N1	13-10-2016	40,4	19,7							
Mais-N2	13-10-2016	39,8	19,8	58	76,3	80,3	71	310		17
C7-N1	24-10-2016	30,3	15,9							
C7-N2	24-10-2016	30,3	15,4	71	67,7	68	44	281		25
Vegga-N1 O1	24-10-2016	25,6	15,4							
Vegga-N2	24-10-2016	25,3	20,1	78	72,3	71,1	89	218		20
Vegga-N1 O2	7-11-2016	28,6	17,1							
Vegga-N2	7-11-2016	30,3	16,3	76	70,7	74,4	75	241		21

*N1 is 70 kg N/ha, N2 is 140 kg N/ha

3.4 Discussie

Gezien de zeer grote variatie in plantdichtheid mogen uit deze proef geen harde conclusies worden getrokken en kan alleen algemeen iets over een trend qua productieniveau worden gezegd. Het effect van bemesting op opbrengst kan in deze proef niet worden aangetoond. Later oogsten van Vegga verhoogt het droge stof gehalte. Vegga is een ras ingeschreven op de Franse en Europese Rassenlijst, veredeld op afrijping bij een Franse breedtegraad. De grote verschillen in opbrengst binnen behandelingen komt door de slechte opkomst van met name C7. Mede hierdoor stoelt het ras C7 veel uit, waardoor opbrengsten aan het eind van de rit nog redelijk waren. Uitstoeling zorgt voor heterogeniteit, met als gevolg dat de zijstengels mogelijk later afrijpen. De opbrengst van Vegga kon in enkele gevallen concurreren met mais, echter de late afrijping van Vegga, maakt het ras op dit moment nog minder geschikt voor productie in België en Nederland. Om tot een betrouwbare evaluatie te komen is verder onderzoek noodzakelijk.

4 Bodemkwaliteit in meerjarige proef met energiegewassen in Merelbeke (2007-2016)

4.1 Inleiding

In eerder onderzoek is gebleken dat sorghum beter tegen droogte kan dan maïs door het ontwikkelen van een intensief en diep wortelstelsel³. Deze diepere beworteling heeft mogelijk een positief effect op verdichting in de ondergrond. Daarnaast heeft sorghum mogelijk een positief effect op bodemgebonden ziektes van maïs. Deze combinatie maakt sorghum potentieel een goed gewas in rotatie met snijmaïs. Dit met name als de veehouder behoefte heeft aan een hoogproductief voedergewas wat ook zetmeel produceert en een andere gewasrotatie met maïs niet mogelijk is. In 2007 werd op het ILVO in België een meerjarige proef aangelegd waarin potentiële éénjarige en meerjarige energiegewassen worden vergeleken. Naast sorghum voor energieproductie in rotatie met maïs, worden hier gewassen geteeld als Engels raaigras, wilg, miscanthus en continueelt maïs. Door aan het einde van het seizoen 2016 de bodemkwaliteit in deze gewassen te beoordelen, is het effect van sorghum op de bodemkwaliteit onderzocht.

4.2 Methode

De behandelingen met miscanthus en wilg, maïs- en gras continu liggen op een vaste plek in het proefveld. Voor de maïs-sorghum rotatie wordt de volgende rotatie toegepast: in jaar 1 maïs, gevolgd door inzaai Italiaans raaigras, in jaar 2 Italiaans raaigras en in jaar 3 een snede Italiaans raaigras gevolgd door sorghum. Vanaf de start van de proef zijn de energiegewassen miscanthus en wilg niet bemest. Op de bouwlandgewassen en gras werden uitsluitend minerale meststoffen gebruikt. Voor de bodemkwaliteitsbepaling werden de behandelingen met de laagste N-dosis geselecteerd. De N-bemesting op de objecten waarbij de bodem intensief werd bemonsterd en geanalyseerd was als volgt:

Miscanthus	geen (0N)	Miscanthus x giganteus
Wilg	geen (0N)	Salix fragilis Belgisch Rood
Gras	laag: 150N	Lolium perenne L. Rebecca
Mais continue	laag: 90N	Energiemaïs monocultuur
Sorghum rotatie	laag: 33 +72N	Energiemaïs in rotatie, in 2016: een snede Ital. + sorghum
Mais rotatie	laag: 90N	Energiemaïs in rotatie, in 2016: maïs

De gewassen liggen in 3 herhalingen (binnen elke herhaling een blok voor éénjarige, meerjarig grasland en houtige gewassen) waarin per herhaling alle behandelingen naast elkaar liggen. De maïs en sorghum zijn gezaaid in plots van 7m lang en 3m breed, op een diepte van 2 tot 3cm. De maïs en sorghum hebben respectievelijk een rijen afstand van 75 en 60cm en zijn gezaaid met een dichtheid van 100.000 en 275.000 planten per hectare. De gewassen worden jaarlijks geoogst, met uitzondering van wilg, die driejaarlijks geoogst wordt.

In oktober zijn bodemmonsters genomen in de laag 0-10 cm. Met een klokboor werd een groot mengmonster in de laag 0-10 cm genomen (20 steken per veldje) voor analyse van nematoden en ziekteveerbaarheid. Daarnaast zijn deze mengmonsters geanalyseerd op Cornell University (VS)

³ S. Schittenhelm and S. Schroetter, 2014. Comparison of Drought Tolerance of Maize, Sweet Sorghum.

voor de Soil Health Index (SHI) (zie <https://soilhealth.cals.cornell.edu/testing-services/>). De SHI is een bodemscore, die enkele chemische, fysische en biologische parameters bevat. Daarnaast zijn met een steekguts, 10 steken bemonsterd van de 0-10 en de 10-30 cm laag. Deze zijn door het ILVO geanalyseerd op pH-KCl, C-totaal, N-totaal, HWC, HWP, ziekteverendheid en microbiologische parameters via pfla-analyses (o.a. totaal non specific bacteria, totaal gram plus bacteria, totaal actino-mycetes, totaal gram bacteria, totaal AM fungi, totaal fungi en totaal biomassa).

Op 16 november is de bodemconditiescore en indringingsweerstand bepaald. De bodemconditiescore omvat een visuele score van 1-10 (1 zeer slecht en 10 zeer goed) voor beworteling, bodemleven en structuur, van zowel de bovenlaag 0-25cm als de onderlaag 25-45cm. Ook de diepte van de beworteling is bekeken. Op 16 november is ook de indringingsweerstand bepaald met behulp van een penetrologger. Per plot is tien keer geprikt met een snelheid van 1 cm/s en cone 1cm² tot een maximale diepte van 80cm. Halverwege zat een verdichte laag waardoor de penetrologger regelmatig niet de maximale diepte bereikte.

Op 1 december 2016 werden 1-maand-oude slazaailingen (cultivar Alexandria) geplant in de bodem verzameld uit de 6 behandelingen van de energiegewassenproef. Elke behandeling omvatte 5 herhalingen (PAR 1, 2 & 3 en mix 1 & 2) en 1 plant per pot. "PAR" staat voor de verschillende plots binnen een behandeling, "mix" is een mengsel van de bodem van de 3 plots. Op deze manier konden 5 herhalingen per behandeling bekomen worden. De potten werden geplaatst in een groeikamer bij 20°C, 80% RH en 18-6u licht-donker regime. De potten werden regelmatig bevochtigd (correctie naar het initiële bodemvochtgehalte), de toegediende hoeveelheid water per pot werd 4x geregistreerd. De planten werden opgegroeid gedurende twee maand en er werd 1x een N-bemesting (132 mg NH₄NO₃ per pot) toegediend via een oplossing, nl. op 5 december. De bodems kunnen algemeen als eerder nutriëntenarm omschreven worden. Om eventuele verschillen in nutriëntenvoorraad in de bodem voor de andere macro-elementen te milderen werd een voedingsoplossing uit de serre (Ca: 45 mg/L, K: 42 mg/L, NO₃: 200 mg/L, NH₄: 30 mg/L, PO₄: 25 mg/L + sporenelementen) toegediend op 6 jan (70 ml) en op 27 jan (60 ml). Begin februari werd de sla geoogst en werden volgende parameters opgemeten:

1. het vers- & drooggewicht en het droge stof gehalte van de slakroppen
2. de wortelontwikkeling: score 1 of 2 werd toegekend, score 2 had duidelijk betere wortelontwikkeling dan 1.
3. Ziekteverdraagzaamheid. Hiervoor werd de methode gebruikt zoals beschreven door Van Beneden et al. (2009)⁴ werd geïnoculeerd op 4 slabladeren per plant, met 2 plugs per blad. Twee bladeren per plant werden geïnoculeerd met plugs zonder mycelium als controlebehandeling. Na 5 dagen incubatie van de bladeren bij 20°C en hoge vochtigheid werd er aan de bladeren een score van 0-4 toegekend, met 0 = geen aantasting, 1 = < ¼ van het blad is aangetast, 2 = ¼ van de bladheft is aangetast, 3 = ½ van de bladheft is aangetast, 4 = ¾ van de bladheft is aangetast en 5 = de bladheft is volledig aangetast.

⁴ Van Beneden, S., Pannecouque, J., Debode, J., De Backer, G., Höfte, M., 2009. Characterisation of fungal pathogens causing basal rot of lettuce in Belgian greenhouses. European Journal of Plant Pathology 124, 9-19. Myceliumplugs van een *Rhizoctonia solani* AG 1-IB isolaat (afkomst van het laboratorium voor fytopathologie, UGent)

4.3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de resultaten van de opbrengsten, chemisch, fysische en biologische bodemkwaliteit besproken. In paragraaf 4.3.5 wordt de totaal score van de Soil Health Index besproken.

4.3.1 Opbrengst maïs continueelt tov maïs in rotatie met sorghum

De biomassa productie van sorghum t.o.v. maïs in continueelt of in vruchtwisseling in de periode 2007-2016 en het droge stofgehalte bij de oogst zijn in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6: Opbrengst en droge stofgehalte (%) bij de oogst Merelbeke (oogsten 2008-2016)

Gemiddelde-hoge N bemesting	energiemaïs monocultuur	energiemaïs rotatie	sorghum	1 sn lt. rgr. + sorghum
DS-opbrengst bij de oogst ton/ha				
gemiddelde	18,32	19,34	12,72	18,22
STDEV	2,29	1,83	2,13	2,97
DS% bij de oogst				
gemiddelde	31,1	30,5	29,8	
STDEV	3,1	3,4	3,3	
Lage N bemesting				
DS-opbrengst bij de oogst ton/ha				
gemiddelde	16,04	17,48	11,78	15,96
STDEV	1,89	2,00	2,20	2,88
DS% bij de oogst				
gemiddelde	30,6	30,7	30,2	
STDEV	2,5	3,1	3,0	

Bij een hoge tot middelmatige N-bemesting ligt de opbrengst van sorghum (12,72 ton dS/ha) duidelijk lager dan de opbrengst van energimaïs in rotatie (19,34 ton dS/ha) en energimaïs in continueelt (18,32 ton dS/ha), en is de variatie in opbrengst tussen de jaren ook groter. Als de snede Italiaans raaigras wordt opgeteld bij de sorghum productie dan bedraagt de DS-opbrengst gemiddeld 18,22 ton ds /ha. Dit is vergelijkbaar met het productieniveau van maïs in continueelt maar beneden het niveau van de energimaïs in vruchtwisseling en dit bij beide N-niveaus. Interessant is ook dat de opbrengst van maïs in vruchtwisseling met sorghum en Italiaans raaigras, 6-9% hoger ligt dan continueelt maïs. De teeltechniek van (energie)maïs is goed gekend maar bij de teelt van sorghum is dit niet het geval. Optimalisatie van de sorghumteelt kan opbrengstverhogend werken en de kloof met energimaïs verkleinen. Het droge stofgehalte bij de oogst is zowel voor maïs als sorghum gemiddeld 30% (= limiet om sapverliezen te beperken). Vroeger zaaien van energimaïs (<1mei) en sorghum (vanaf 15 mei) en wat later oogsten is de boodschap om jaarlijks 30% DS te behalen. Het verschil in DS-opbrengst tussen de 2 N-niveaus is beduidend kleiner bij sorghum (0,94 t ds/ha) t.o.v. energimaïs onder vruchtwisseling (1,86 ton dS/ha) en energimaïs in continueelt (2,28 ton ds/ha). Bij het verlagen van de N-bemesting is het opbrengstverlies duidelijk kleiner bij sorghum dan bij energimaïs. Dit is het meest uitgesproken t.o.v. maïs in continueelt.

4.3.2 Chemische bodemkwaliteit

De pH-H₂O geanalyseerd door Cornell University is significant het hoogste voor wilg en het laagste voor Engels raaigras (zie Tabel 7). De andere behandelingen, waaronder mais en sorghum, zitten er tussen in. De pH-KCl geanalyseerd door ILVO laat een vergelijkbare trend zien. Het organische stof percentage geanalyseerd door Cornell University is significant het hoogste na 8 jaar Engels raaigras en het laagste bij mais en sorghum. De organische koolstof 0-10 cm en 10-30 cm, N-totaal, C/N ratio en HWC geanalyseerd door ILVO laat geen significante verschillen zien. De Hot Water P of te wel opneembaar fosfaat, geanalyseerd door ILVO is significant hoger na 8 jaar wilgenteelt.

Tabel 7: chemische bodemparameters. Gemiddelden van drie herhalingen. Verschillende letters binnen kolom geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

Behandeling	Vocht	pH-H ₂ O	pH-KCl	O.S. %	%OC 0-10 cm	%OC 10-30cm	Ntotaal	C/N	HWC mg/kg ds	Actieve koolstof (ppm)
Miscanthus	5,65	5,5 b	4,38b	1,45 abc	1,077	0,973	0,083	12,91	1011	322
Wilg	8,46	6,1 c	5,06c	1,76 bc	1,107	0,943	0,084	13,15	1087	441
Gras	8,66	4,7 a	4,02a	1,91 c	1,207	1,000	0,0953	12,60	1113	417
Mais (continu)	7,22	5,6 b	4,75c	1,19 a	1,063	1,007	0,082	12,88	917	277
Sorghum (rotatie)	7,66	5,6 b	4,71c	1,28 a	1,077	1,033	0,0877	12,26	1055	227
Mais (rotatie)	7,20	5,5 b	4,74c	1,33 ab	1,117	1,05	0,0877	12,69	1144	295
p-waarde	0,059	<,001	<,001	0,037	0,956	0,990	0,598	0,902	0,223	0,151
LSD 5%		0,27	0,309	0,474						

De bemestingstoestand van de verschillende elementen geanalyseerd door Cornell University is weergegeven in tabel 8. Bij P waren geen significante verschillen en was de toestand hoog. Bij K was de bemestingstoestand het hoogste bij wilg en het laagste bij mais en sorghum. Hierbij speelt met name een rol dat wilg pas geoogst is als het blad gevallen is, en dat hoogstwaarschijnlijk de afvoer bij mais en sorghum het hoogste is. Via de bladeren van wilg worden veel nutriënten terug naar de bodem gebracht. De lagere beschikbaarheid van ijzer en mangaan bij wilg ten opzichte van gras wordt hoogstwaarschijnlijk verklaard uit de hogere pH van wilg ten opzichte van gras waarbij ijzer en mangaan bij een hogere pH minder beschikbaar zijn.

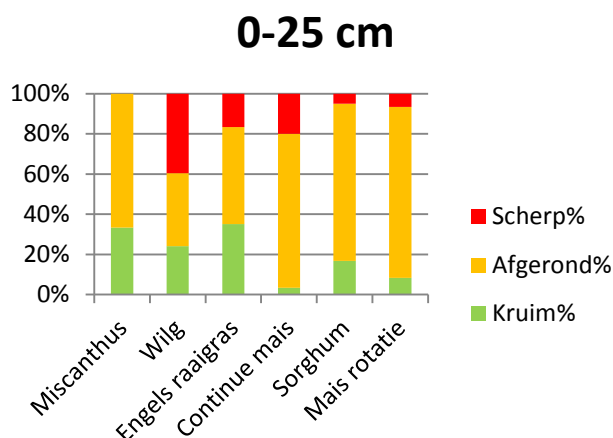
Tabel 8: chemische bodemparameters. Gemiddelden van drie herhalingen. Verschillende letters binnen kolommen geven significante verschillen aan ($p < 0.05$).

Behandeling	HWP mg/kg ds	P	K	Mg ppm	Fe	Mn	Zn
Miscanthus	15,1 ab	15,4	108 ab	71	25 ab	8,6 a	3,0 a
Wilg	21,0 cb	19,9	182 c	107	10 a	9,7 a	4,5 b
Gras	9,611,2 a	15,7	124 b	57	68 c	22,2 b	2,5 a
Mais (continu)	16,6 abc	16,2	102 a	84	27 ab	9,4 a	2,7 a
Sorghum	12,5 ab	15,5	88 a	92	34 b	9,1 a	2,6 a
Mais (rotatie)	13,8 ab	15,6	92 a	90	31 b	10,3 a	2,8 a
p-waarde	0,0112	0,064	<,001	0,054	<,001	<,001	0,001
LSD 5%	5,256		21,1		18,5	2,86	0,750

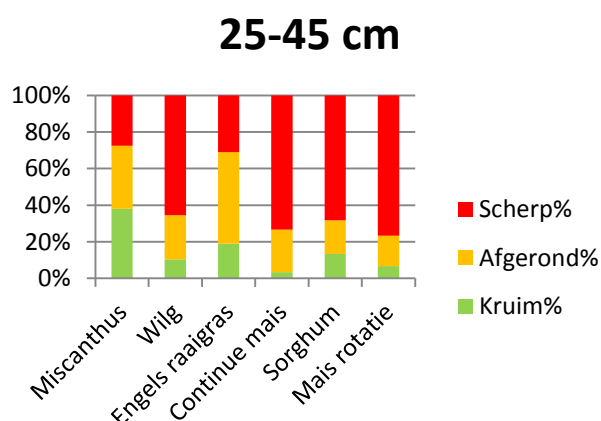
4.3.3 Fysische bodemkwaliteit

De bodem in Merelbeke is een lemige zandgrond. De bodemtextuur (in de laag 0-10cm) tussen de gewassen is vergelijkbaar, met 64% zand en 30% zilt en 6% klei. In de toplaag (0-25 cm) hadden gras en miscanthus een betere bodemstructuur met significant meer kruimel dan de continueelt.

mais, sorghum- en maïsrotatie (zie Figuur 3 en 4, en Tabel 9). De bouwlandgewassen en miscanthus hadden daarnaast significant meer afgeronde elementen dan wilg en gras, daarbij had miscanthus geen scherpblokkige elementen. Voor de onderlaag (25-45cm) geldt dat gras en miscanthus beter scoorden met een hoog aandeel kruim. Gras had daarnaast significant meer afgeronde elementen, terwijl miscanthus juist significant minder scherpblokkige elementen had. Tussen de bouwlandbehandelingen waren de verschillen klein. Bij mais in rotatie waren visueel de kruimels minder in laagjes dan bij continu maïs. De aggregaatstabiliteit onder miscanthus, wilg en gras was beter dan onder de bouwlandgewassen. De watercapaciteit was gelijk onder de verschillende behandelingen.



Figuur3: Bodemstructuur 0-25 cm



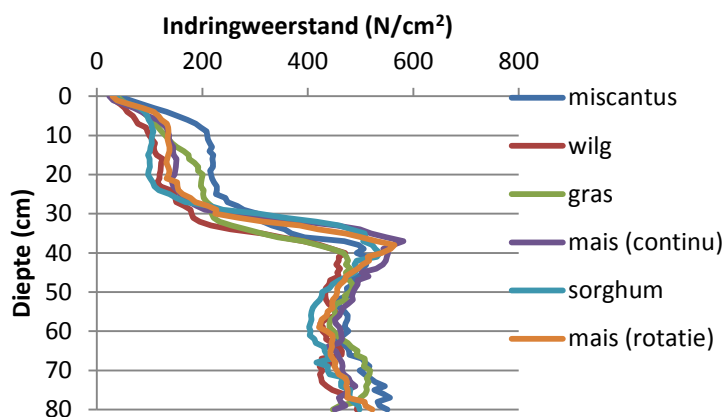
Figuur 4: Bodemstructuur 25-45 cm

Tabel 9: Effect van de behandelingen op fysische bodemparameters

Behandeling	Kruim	Afgerond	Scherp	Kruim	Afgerond	Scherp	Aggregaat	Water-
		%			%		stabiliteit	capaciteit
		0-25 cm			25-45 cm		% 0-10 cm	g/g 0-10 cm
Miscanthus	33 c	67 b	0 a	37	33 bc	27 a	37 b	0,114
Wilg	23 bc	35 a	38 d	10	23 ab	63 bc	37 b	0,102
Gras	35 c	48 a	17 bc	18	48 c	30 ab	41 b	0,117
Mais (continu)	3 a	77 bc	20 c	3	23 ab	73 c	22 a	0,091
Sorghum (rotatie)	17 ab	78 bc	5 ab	13	18 ab	68 c	19 a	0,101
Mais (rotatie)	8 ab	85 c	7 ab	7	17 a	77 c	21 a	0,108
p-waarde	0,006	<,001	0,001	0,133	0,008	0,037	0,012	0,162
LSD 5%	15,84	14,76	13,96		15,19	36,3	13,7	

In figuur 5 is de indringingsweerstand weergegeven. Op 30 en 40 cm bevond zich in de proef een storende laag. In de laag 31-40 was de indringingsweerstand bij wilg en gras significant lager dan bij de bouwlandgewassen (Zie tabel 10). Op haar beurt had miscanthus een lagere indringingsweerstand dan continue teelt maïs en sorghum in rotatie. De hier genoemde waarden zijn gemiddelden van alle behandelingen van alle diepten. De indringingsweerstand nam toe met de diepte, van 31 N/cm² (1 cm beneden maaiveld) tot 507 N/cm² (40cm beneden maaiveld). De maximale geleverde kracht is voor maïs (rotatie en continu) en sorghum tussen de 500 en 600 N/cm², terwijl voor miscanthus, wilg en gras deze onder de 500 blijft. De indringingsweerstand loopt minder snel op bij miscanthus, gras en wilg dan bij sorghum en maïs (rotatie en continu).

Regelmatig bleven de metingen steken in de storende laag. Bij sorghum en maïs (rotatie en continu) kwam 20% van de metingen niet door de storende laag.

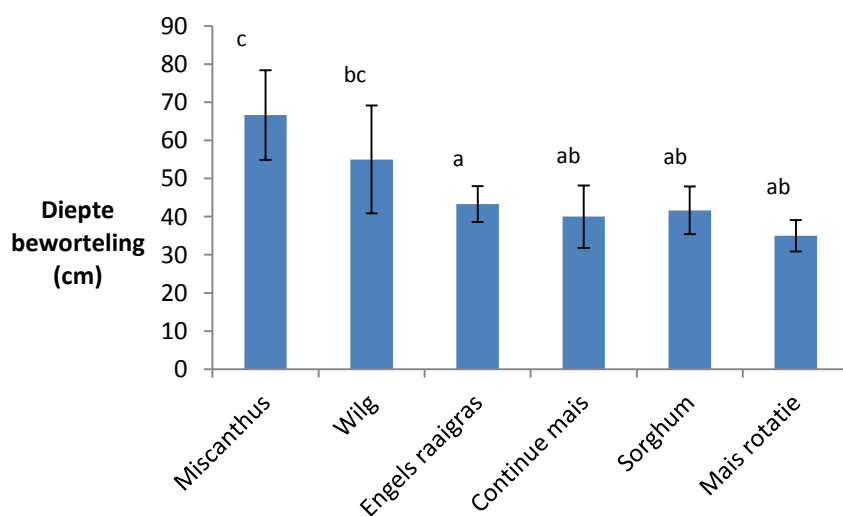


Figuur 5: Indringingsweerstand (N/cm^2) voor de verschillende gewassen, weergegeven tot 60 cm.

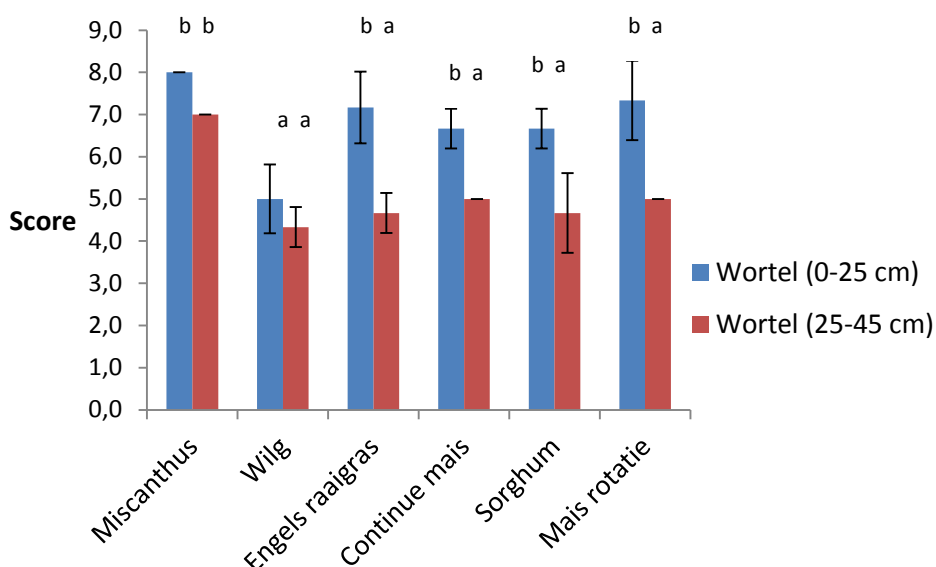
Tabel 10: Effect van behandelingen op de indringingsweerstand (N/cm^2), weergegeven per laag van 10cm

Behandeling	IW010	IW1120	IW2130	IW3140	IW4150	IW5160	IW6170	IW7180
Miscanthus	139	214	236	384 ab	484	479,9	488	545
Wilg	65	115	146	323 a	456	444,6	471	485
Gras	89	171	206	337 a	476	450,9	505	534
Mais (continu)	91	146	174	496 c	513	464,3	458	469
Sorghum (rotatie)	84	100	165	489 c	478	410,6	425	480
Mais (rotatie)	100	135	177	457 bc	481	439,3	445	477
p-waarde	0,104	0,118	0,341	0,006	0,849	0,498	0,596	0,641
LSD 5%				93,5				

In het perceel zat een harde laag in een overgang naar gelere laag. Bij zowel de bouwlandgewassen als het Engelse raaigras stokten de beworteling op 35-45cm (zie Figuur 6). Opvallend was dat de beworteling van miscanthus gewoon door deze laag doorging. In figuur 7 is te zien dat miscanthus goed scoorde voor beworteling in zowel de laag 0-25cm als de laag van 25-45cm. De wortels waren heel dik en intensief aanwezig. Bij het wortelstelsel van wilg was dit duidelijk minder. Sorghum had iets fijnere wortels dan maïs, maar scoorde overeenkomstig met maïs.



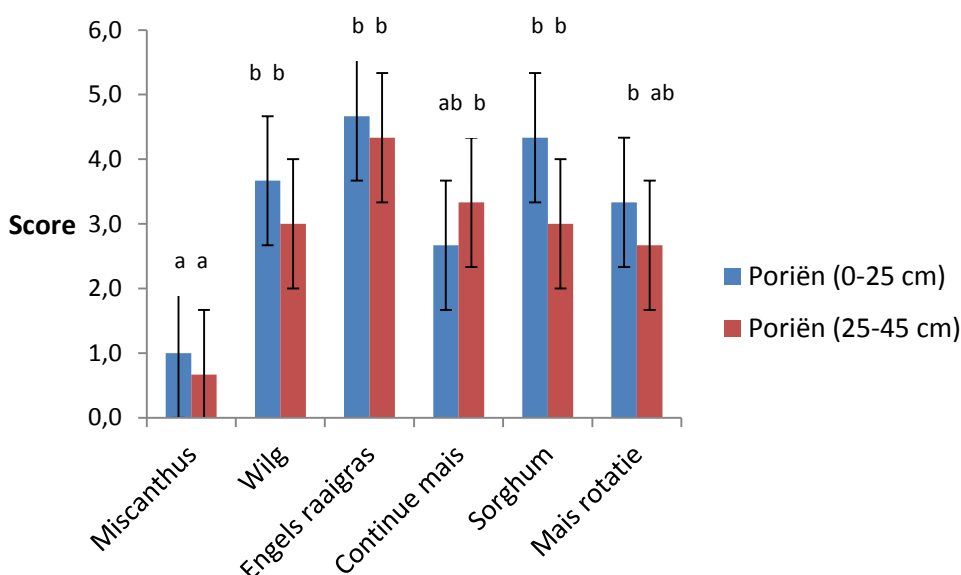
Figuur 6: Maximale diepte van beworteling



Figuur 7: Visuele score beworteling van 1-10 (1 slecht en 10 goed)

4.3.4 Biologische bodemkwaliteit

Poriën in de bodem zijn een visuele indicator voor bodemlevenactiviteit. Over het algemeen was de poriën/bodemlevenactiviteit op een schaal van 1-10, laag voor alle behandelingen (zie Figuur 8). Dit kan gedeeltelijk te maken hebben met het lage bemestingsniveau. Opvallend was dat er weinig poriën/bodemlevenactiviteit was bij miscanthus. In de behandeling met sorghum creëerde resten van Italiaans raaigras poriën/ bodemlevenactiviteit. Opvallend was dat in de bouwlandsituatie, 5-10cm boven de harde laag, een concentratie van wortels, poriën en bodemlevenactiviteit zat. Mogelijk stagneerde hier water en nutriënten waardoor wortels en dus bodemleven dit op zoeken.



Figuur 8: score poriën/bodemleven.

In tabel 11 zijn naast poriën nog enkele andere biologische parameters weergegeven. Voor soil protein index geanalyseerd door Cornell University waren de verschillen niet significant. Respiratie

werd positief beïnvloed door de meerjarige gewassen en gewasresten, dit gold zowel voor gras, wilg als miscanthus. Een deel van de biomassa komt terug in de cyclus, wilg en miscanthus verliezen hun blad, terwijl bij gras de gewasresten voornamelijk komen van het wortelstelsel. Bij maïs en sorghum werden er geen significante verschillen gemeten. Zowel de Totaal gram plus bacteria als de Totaal fungi waren het hoogst voor gras en miscanthus.

Tabel 11: Effect van behandelingen op biologische bodemparameters. * Microbiologische parameters gebaseerd op analyse van fosfolipide vetzuren, eenheid: nmol C/g droge bodem.

Behandeling	Poriën 0-25 cm	Poriën 25-45 cm	Soil protein index	Respiratie mg	Totaal non specific bacteria*	Totaal gram plus bacteria*	Totaal actino- mycetes*	Totaal gram bacteria*	Totaal AM fungi*	Totaal fungi*	Totale biomassa
Miscanthus	1,0 a	0,7 a	5,2	0,409 b	13,8	16,1bc	6,27	14,1	2,6	12,08ab	65
Wilg	3,7 b	3,0 b	7,5	0,507 c	13,1	13,2abc	4,77	11,7	2,56	8,6a	53,9
Gras	4,7 b	4,3 b	6,6	0,414 b	15,4	17,9c	5,24	13,6	2,34	15,34b	69,6
Mais (continu)	2,7 ab	3,3 b	4,3	0,286 a	12,9	12,9ab	5,01	12,7	2,92	9,54a	56
Sorghum	4,3 b	3,0 b	4,7	0,314 a	13,2	14,9abc	5,91	14,2	3,06	9,32a	60,6
Mais (rotatie)	3,3 b	2,7 ab	4,9	0,324 a	11,2	10,5a	4,06	12,9	3,16	8,99a	50,7
p-waarde	0,035	0,042	0,363	<,001	0,565	0,09	0,863	0,772	0,716	0,042	0,471
LSD 5%	2,14	2,02		0,079		4,88				4,32	

In tabel 12 zijn de gemeten plantparasitaire nematode weergegeven. Engels raaigras heeft het meeste plant parasitaire nematode, gevolgd door de behandeling met sorghum. Mogelijk zit daar nog een relatie met de voorvrucht van Italiaans raaigras.

Tabel 12: Effect van behandelingen op plant parasitaire nematode

Behandeling	Pratyl. penetrans	Pratyl. crenat us	Rotylenchu s_sp.	Tylenchorhynchu s_sp_Bitylenchus	Meloidogyn e_naasi	Paratyl. _sp	Trichodorida e
Miscanthus	34	18	17	198 a	0	0	62
Wilg	94	26	532	132 a	0	16	65
Gras	0	1085	875	1139 c	227	47	60
Mais (continu)	415	436	15	366 a	0	0	3
Sorghum (rotatie)	203	1217	17	530 b	103	7	3
Mais (rotatie)	362	417	37	230 a	0	14	0
P-value	0,108	0,116	0,056	<,001	0,507	0,59	0,107
LSD (5%)				285			

Met de grond van de laag 0-10 cm van de verschillende behandelingen werd in een biotoets met sla, de groei, opbrengst en ziekteweerbaarheid voor *Rhizoctonia solani* vergeleken (zie Tabel 13). De verse sla-opbrengst was hoger bij wilg dan bij alle andere behandelingen, terwijl de slaplanten onder gras een significant lager vers- en drooggewicht hadden in vergelijking met de andere behandelingen. De wortelontwikkeling was hoger bij wilg dan bij gras en maïs in rotatie. Algemeen was er een minder goede plantengroei in de behandelingen met maïs in rotatie en gras, terwijl de slaplanten duidelijk beter groeiden in de bodem onder wilg. Deze significant hogere opbrengst bij wilg zou kunnen te wijten zijn aan de hogere nutriëntenbeschikbaarheid en pH die bij deze behandeling in de toplaag werden gemeten. Voor de lagere opbrengst bij meerjarig grasland zou de lagere nutriëntenbeschikbaarheid en lage pH een verklaring kunnen zijn. Er werden geen verschillen in ziekteweerbaarheid vastgesteld.

Tabel 13. Effect van behandelingen op ziekteveerbaarheid voor *Rhizoctonia solani* bij sla

	Drooggewicht (g)	Score wortel (1-2)	Ziekteveerbaarheid (0-4)
Miscanthus	2,31±0,08a	1,8±0,50a	2,18±0,79
Wilg	2,97±0,12a	2,0±0,01 a	1,88±0,24
Gras	1,03±0,26b	1,0±0,01 b	1,69±0,90
Mais (continue)	2,42±0,14a	1,6±0,55ab	1,83±0,80a
Sorghum (rotatie)	2,35±0,25a	1,6±0,55ab	1,95±0,92a
Mais (rotatie)	2,38±0,29a	1,0±0,01b	2,00±0,63

4.3.5 Bodemscore volgens Soil Health Index

In tabel 14 is de score volgens de methode van Soil Health Index weergegeven. Wat betreft chemische bodemvruchtbaarheid scoort wilg heel goed en gras het laagste. Wat betreft fysische bodemvruchtbaarheid scoorden de meerjarige gewassen beter dan de éénjarige bouwlandgewassen. De biologische bodemvruchtbaarheid was het hoogst bij wilg en gras en scoorden het laagste voor de éénjarige bouwlandgewassen. Wat betreft totaal score is te zien dat wilg, gras en miscanthus het beste scoorden. Tussen de éénjarige bouwlandgewassen mais continu, sorghum in rotatie en mais in rotatie was weinig verschil.

Tabel 14: Score voor de verschillende behandelingen op variabele van de Soil Health Index Cornell University

	Score	Miscanthus	Wilg	Gras	Mais (continu)	Sorghum	Mais (rotatie)	p-waarde	lsd
Chemisch	pH	10 a	73 b	0 a	22 a	20 a	14 a	<,001	21,7
	K	100	100	100	100	99	100	0,465	
	Spoorelementen	85	100	56	85	71	56	0,058	
Fysisch	Watercapaciteit	41	34	43	29	34	38	0,16	
	Aggregaatstabiliteit	46 b	45 b	52 b	22 a	19 a	22 a	0,012	20,3
Biologisch	Organische stof	25 ab	39 b	46 b	16 a	19 a	20 a	0,042	20,3
	Soil protein index	28	50	42	20	23	25	0,383	
	Respiratie	26 b	38 c	27 c	15 a	17 a	18 ab	<,001	8,1
	Actieve koolstof	27	48	44	21	14	23	0,197	
Totaal		49 a	62 b	51 a	43 a	41 a	41 a	0,030	13,0

4.4 Discussie

Door de vergelijking van éénjarige bouwland gewassen met meerjarige gewassen als miscanthus, wilg en Engels raigras is duidelijk te zien dat de bouwlandgewassen over het algemeen slechter scoren op bodemkwaliteit breed (chemisch, fysisch en biologisch). Uiteindelijk was het deze exercitie echter te doen op het verschil in bodemkwaliteit na 8 jaar continue mais of de gewasrotatie van mais, Italiaans raigras en sorghum. Er is gemeten in zowel de gewasrotatie die in 2016 eindigde op mais en de gewasrotatie die eindigde op sorghum. In beide gevallen is er 3 jaar sorghum geteeld gedurende deze 8 jaar. In de behandelingen met deze gewasrotatie was er een trend naar een iets hoger organisch stofgehalte in de laag 0-10 cm en was het percentage scherpblokkige elementen significant lager in de laag 0-25 cm in vergelijking met continue maisteelt. Hoewel sorghum visueel fijnere wortels heeft dan mais, was er, met de gebruikte rassen voor mais en sorghum, geen significant verschil in beworteling tussen de drie

bouwlandbehandelingen. De behandelingen van de éénjarige bouwlandgewassen uitte zich niet op een significant effect op indringingsweerstand. Ook was er geen verschil in ziekteweerbaarheid gemeten in een biotoets met sla. Uiteindelijk leidde de gewasrotatie wel tot een 6-9% hogere opbrengst van mais in vergelijking met continueteelt mais. Deze gewasverhoging is een combinatie van het effect van Italiaans raaigras en sorghum in de gewasrotatie.

5 Conclusies

Rassen

- De gebruikte rassen van sorghum laten potentieel zien in afrijping, in productie en voederwaarde, als aanvulling op de teelt van snijmais op een melkveebedrijf.
- C7 had op beide locaties een lagere productie (gemiddelde over beide locaties 15,3 ton ds/ha) dan Vegga (gemiddeld over beide locaties 17,1 ton ds/ha). Van de vijf hybrides getest in NL produceerde HHD-2, 19,7 ton ds/ha en HHD-3, 20,1 ton ds/ha. Maïsproductie was 15,8 ton ds/ha in NL en 19,8 ton ds/ha in B.
- C7 rijpte echter eerder af en had daarmee een hoger zetmeelgehalte (gemiddeld in NL 423 g/kg ds) dan Vegga (gemiddeld in NL 280 g/kg ds). De hybride HHD-2 en HHD-3 hadden respectievelijk een zetmeelgehalte van 423 en 402 g/kg ds.
- Aangezien er van C7 en HHD-hybrides nog geen commercieel zaad beschikbaar is en van Vegga wel, lijkt Vegga een ras dat op korte termijn inzetbaar is.
- Voor de toekomstige markt blijft het belangrijk onderscheid te maken in rassen voor groenbemesting, biomassaproductie (biogasinstallatie) en sorghumrassen ter aanvulling van de teelt van snijmais met een zekere afrijping en voldoende zetmeel. Verdere ontwikkeling van rassen richting een doelstelling van 20% meeropbrengst tov van snijmais met minimaal 250 g zetmeel/kg ds is gewenst.

Voederwaardeanalyse

- Aangezien van sorghum als aanvulling op de teelt van snijmais nog geen ijklijnen in NIRS beschikbaar zijn voor voederwaarde analyse kan deze het beste worden geanalyseerd met klassieke methodes zoals VCOS% op basis van Tilley en Terry, en een enzymatische analyse van zetmeel.

Bodemkwaliteit

- Sorghum heeft over het algemeen fijnere wortels dan mais.
- In een 8 jarige proef kon geen verschil worden aangetoond in bodemkwaliteit tussen een gewasrotatie van mais, Italiaans raaigras en sorghum die in 2016 als laatste teelt mais of sorghum had.
- Beide behandelingen uit de gewasrotatie hadden in vergelijking met continueelt mais wel een trend naar een hoger organisch stofgehalte in de laag 0-10 cm en was het percentage scherpblokkige elementen significant lager in de laag 0-25 cm.
- Uiteindelijk leidde de gewasrotatie wel tot een 6-9% hogere opbrengst van mais in vergelijking met continueelt mais. Deze opbrengstverhoging lijkt het gevolg te zijn van de aanwezigheid van Italiaans raaigras en sorghum in de gewasrotatie.