



Teeltbrochure **SORGHUM**

Sorghum als
potentieel voedergewas
in de melkveehouderij

**Martine Bruinenberg, Nick van Eekeren,
Maaïke van Agtmaal, Arie Klop,
Nic Boerboom, Roy Kuenen, Luuk Maas,
Tim van Summeren, Walter A.J. de Milliano**

Verantwoording

In deze teeltbrochure is de kennis en ervaring uit de PPS “Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij” en het Praktijknetwerk “Sorghum ervaringen in de praktijk, Noord-Brabant” gebundeld en willen we dit delen met veehouders en andere geïnteresseerden. In de brochure gaan we in op de diverse voor- en nadelen van sorghum, maar ook op beschikbare types, de teelt, de oogst en de vervoeding.

De projecten werden gefinancierd door de Topsector Agri & Food, ZuivelNL, Melkveefonds, Programma 's Water & Bodem en Landbouw & Voedsel van de provincie Noord-Brabant en door eigen bijdragen van betrokken bedrijven. Bij deze uitgave zijn betrokken de partners in de PPS namelijk CZAV, DSV Zaden Nederland B.V., Maatschap de Milliano-Meijer, Dusormil sorghums Hoeve Dierkensteen, WUR-WLR en het Louis Bolk Instituut. Onze dank gaat uit naar de betrokkenen in het Praktijknetwerk Noord-Brabant: Geert Thyssen, Anouk Vingerhoets, Daan Bressers, Frank Mijs, Toos Mijs, Wilbert Vugts, Stan Roefs, Geert Hol, Tom van Bakel, Jos Damman, Kees Moonen en Leo Hooijen.



www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
Kosterijland 3-5
3981 AJ Bunnik

© Louis Bolk Instituut maart 2023
Foto's: DSV (Luuk Maas, Nic Boerboom),
Louis Bolk Instituut en Walter de Milliano,
Shutterstock (p1,20,22,47r), Frank Mijs en Geert
Hol (p32,34), Peter Roek (p60r)
Ontwerp: Fingerprint
Druk: Badoux Grafische Communicatie B.V.
Deze uitgave is per mail of website te bestellen
onder nummer 2023-015 LbD

Teeltbrochure SORGHUM

Sorghum als potentieel voedergewas in de melkveehouderij

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Beschrijving sorghum en types	7
3. Waarom sorghum?	11
4 Teelt	25
5 Oogst en vervoeding	41
6 Economie en regelgeving	53
Literatuur en verwijzingen	55
Andere uitgaven	58

**Martine Bruinenberg, Nick van Eekeren,
Maaïke van Agtmaal, Arie Klop,
Nic Boerboom, Roy Kuenen, Luuk Maas,
Tim van Summeren, Walter A.J. de Milliano**



1. Inleiding

Sorghum is een tropisch graangewas dat van origine uit Afrika komt. Het staat bekend als een sober gewas met een lage behoefte aan water en nutriënten. Het gewas lijkt wel wat op mais, maar beide gewassen vullen elkaar aan met betrekking tot gebruikseigenschappen en ze worden dan ook wereldwijd naast elkaar geteeld. Sorghum heeft een aantal eigenschappen dat mogelijk ook perspectief biedt voor meer gematigde gebieden zoals Nederland. Het kan daardoor aanvullend zijn op de teelt van gras en mais op een melkveebedrijf, waarbij sorghum mais deels vervangt in het rantsoen. Het opnemen van sorghum als derde gewas in de melkveehouderij levert een extra gewas in de vruchtwisseling van het bedrijf, wat de continue teelt van mais kan doorbreken. Dit is van belang in verband met een toenemende maatschappelijke weerstand tegen de continue teelt van snijmais en voor een verhoogde ziektedruk van bodemgebonden ziektes op maispercelen (zoals *Rhizoctonia* sp. en *Fusarium* spp). Daarnaast ruikt de maïswortelboorder (een quarantaine insect dat een sterke oogstreductie kan geven in mais) op uit Centraal-Europa. Deze is in 2019 al aangetroffen in Halle, België (ILVO, 2019). Minder gevoeligheid van sorghum tegen dit plaaginsect beperkt de risico's voor de sector. Bovendien biedt sorghum een risicospreiding op bedrijfsniveau, omdat het gewas met minder water toe kan dan mais (Schittenhelm en Schroetter, 2014), maar ook tegen (tijdelijke) overstromingen lijkt te kunnen – een klimaatbestendig gewas! Omdat sorghum relatief lage hoeveelheden (kunst)mest nodig heeft, is het gebruik van sorghum ook nog eens positief voor het reduceren van externe stikstof input.

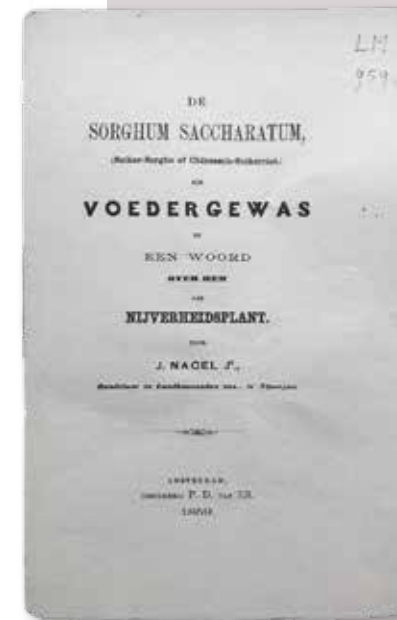
Jos Verstraten, vakgroepbestuurder LTO Melkvee:

“Mais hebben we al, we zoeken met Sorghum naar een gewas met meerwaarde: Voor de koe, voor de boer en voor de omgeving.”

De eerste introductie van sorghum in Nederland

De eerste introducties van sorghum voor veevoer en suiker vond al plaats rond 1850 (zie rapport Nagel, 1859). Toentertijd moest sorghum het afleggen tegen suikerbieten en voederbieten. Sinds een jaar of 10

staat sorghum weer volop in de belangstelling. De eerste introductie van sorghum voor veredeling vond plaats in 2005 en de ontwikkeling van rassen die voldoende koude-tolerant zijn, is volop gaande. Toch is in de afgelopen jaren al het nodige onderzoek gedaan naar sorghumteelt. Mede dankzij dit onderzoek staan er inmiddels vier rassen van een nieuwe generatie op de Nederlandse rassenlijst.



Afbakening

Sorghum is een multifunctioneel gewas en kan gebruikt worden voor de graanoogst, voor de biomassa voor biovergisters of voor ruwvoederteelt. In deze brochure wordt de sorghumteelt met name belicht vanuit het oogpunt van ruwvoerproductie van gehele planten silage voor melkvee (koeien en geiten). In Nederland zijn er zowel zetmeel- als structuurrassen van sorghum beschikbaar voor de ruwvoerteelt. De zetmeelrassen worden gekenmerkt door een kortere strengel en een relatief groot aandeel pluim en graankorrels. Structuurrassen zijn langer en hebben dunnere stengels. Ze hebben een lichtere pluim met minder graan (= zetmeel). Beide sorghumtypes kunnen een interessant alternatief zijn voor reeds bekende ruwvoedergewassen en een aanvulling zijn binnen het rantsoen (zie ook Hoofdstuk 2).

Leeswijzer

Deze brochure geeft een beeld van de kennis en ervaringen die de afgelopen jaren opgedaan zijn met de teelt en vervoeding van sorghum. In Hoofdstuk 2 wordt dieper ingegaan op de achtergrond en de sorghumtypes. In Hoofdstuk 3 komen de beweegredenen voor het telen van sorghum aan bod. Hoofdstuk 4 geeft handreikingen voor het telen van het gewas (zoals zaaien, bemesten en onkruidbeheersing) en in Hoofdstuk 5 worden het oogsten en het vervoederen van het product besproken. Tenslotte wordt in Hoofdstuk 6 ingegaan op de economische aspecten en de regelgeving die komen kijken bij de teelt van sorghum.



2. Beschrijving van sorghum en types

Voor Nederland is sorghum een relatief nieuw gewas, maar wereldwijd is sorghum het vijfde graangewas, na tarwe, rijst, mais en gerst. De eerste teelten van sorghum begonnen ongeveer 10.000 jaar geleden in Soedan. Diversificatie vond tussen de 8000 en 1500 jaar geleden plaats in een breed scala van klimaten, wat heeft geresulteerd in concentratie gebieden van landrassen in Afrika, het Midden-Oosten, India en Oost-Azië. Pas in de laatste twee eeuwen kwam sorghum naar de Amerika's en Australië. De genetische diversiteit is groot, waardoor een brede range aan temperaturen, daglengtes en teeltmethoden mogelijk is. Omdat de meeste kruisingen van de verschillende subrassen fertiele nakomelingen geven, is het te verwachten dat het gewas in de toekomst wordt aangepast aan de teelt in noordelijke gebieden tot de 55ste breedtegraad (ongeveer tot Kopenhagen), zoals dit ook met mais gebeurd is. Een verschil met mais is dat sorghum met name op de tropische laagvlaktes is ontwikkeld en mais ook in de tropische hooglanden. Door de lagere temperatuurbehoefte voor goede groei en ontwikkeling is de veredeling van mais voor gematigde klimaatzones mogelijk wat effectiever geweest. Desondanks is sorghum de laatste decennia naar Europa gebracht, voor biogasproductie (Zegada-Lizarazu et al., 2012; Schittenhelm en Schroetter, 2014; Thivierge et al., 2016), maar ook voor veevoer (voor korrel en gehele-plant-silage) (Emile et al., 2006; Hermuth et al., 2016; Cattani et al., 2017).

Korreleigenschappen

De eigenschappen van korrel, kaf, pluim en stengel verschillen per sorghumras. De korrels van sorghum kunnen zowel wit als gekleurd zijn. Witzadige sorghums zijn wat gevoeliger voor graanschimmel, en aantrekkelijker voor vogels bij opkomst en afrijping. De kafjes zijn zwart, rood of bruinig als ze rijp zijn,

en bedekken een gedeelte van het zaad of de gehele korrel. Bij volledige bedekking lijkt het of het zaad zwart is. De kafjes geven een bescherming tegen micro-organismen, wat gunstig is bij zaai en bij de afrijping. Behalve in kleur van de korrel en het kaf, verschillen de sorghumrassen onderling ook in het duizendkorrelgewicht (DKG). Gemiddeld is het DKG rond de 25 gram, maar het varieert tussen de 16 en 45 gram, waarbij types die voor graan geteeld worden over het algemeen een wat hoger DKG (tussen de 22 en 45 gram) hebben dan types die meer voor structuur geteeld worden (tussen de 16 en 25 gram). Ter vergelijking, het DKG van snijmais ligt rond de 300 (250-350) gram en van bieten tussen de 30 en 35 gram.

Gebruik van inteeltlijnen tegenover gebruik van hybriden

Sorghum is een zelf bestuivend gewas. De klassieke manier van sorghum-veredeling is het gebruik van inteeltlijnen, die net als bij tarwe, in de praktijk als rassen gebruikt kunnen worden. Het toepassen van kruisingen tussen twee verschillende types of lijnen - hybriden - heeft echter meerdere voordelen: F1-hybriden hebben het voordeel van heterosis, waardoor ze groeikrachtiger zijn en daardoor betrouwbaar in de groei van het gewas. Het heterosis effect van een F1-hybride is zichtbaar gedurende de gehele groei en ontwikkeling, van opkomst tot afrijping. Met name voor sorghum is onder koudere klimaatomstandigheden de jeugdontwikkeling extra belangrijk. F1 hybriden hebben over het algemeen een homogene opkomst met weinig uitval van planten als gevolg.

Agronomische gebruiksgroepen

Door de grote verscheidenheid aan sorghums mede door genetische diversiteit in ondersoorten, kan sorghum in meerdere types onderverdeeld worden. De meest gebruikte agronomische groepen zijn ondersoorten van de vijf voornaamste basisrassen, waarbij onderscheid wordt gemaakt op basis van de bouw van de pluim en de kafjes om de korrel (Figuur 2.1).

Een andere verdeling van sorghum is een classificatie op basis van het gebruikstype. Dan worden in Europa vooralsnog drie types onderscheiden:

1. **Graantype:** De grootste sorghum markt en dus het grootste gebruikstype wereldwijd is graansorghum. Deze kenmerkt zich door een korte stengel met een groot pluimaandeel, waarin het graan zich ontwikkelt. Typische graansorghum heeft een plantlengte van 100–140 cm. In Europa zien we deze met name in mediterrane landen als Frankrijk en Italië, en in landen met een landklimaat zoals Hongarije.
2. **Biomassatype:** In Europa (met name Duitsland, Tsjechië en Italië) wordt sinds een tiental jaar ook een sorghum type

gebruikt voor biomassadoeleinden. Dit zijn hoge types, met enkele dikke en stevige stengels, van 300-400 cm hoog. Deze geven vooral stengelaandeel, waarbij de pluim met graan erin van ondergeschikt belang is.

3. **Dubbeldoeltype:** Een nieuwe ontwikkeling bij sorghum is een type die tussen bovengenoemde types in zit, wat betreft hoogte en pluim- (=graan-) aandeel. Dit dubbeldoeltype wordt gebruikt voor de ruwvoerteelt. Dit type kan weer worden onderverdeeld in twee subtypes:
 - a. **Structuurtype:** Dit type is in de regel 200-300 cm hoog. Door dunnere stengels, maar meer zijscheuten is dit type rijk aan lignine en biedt daardoor een hoge structuur waarde.
 - b. **Zetmeeltype:** Dit type geeft planten van ongeveer 180-250 cm lang en combineert de kwalitatieve eigenschappen van een graan of zetmeel sorghum, met de biomassa eigenschappen van de structuurtypes met een hoger stengel aandeel.

In deze teeltwijzer wordt vooral ingegaan op het structuurtype en het zetmeeltype van het dubbeldoeltype.



Binnen de dubbeldoeltypes voor ruwvoer worden ook zogenaamde BMR-type (Brown Mid Rib) gebruikt. Dit type heeft een bruine (links) in plaats van een witte nerf (rechts). Het BMR-type heeft een hogere verteerbaarheid dan de reguliere types. Een BMR-type kan zowel een structuur- als een zetmeeltype zijn.



Zaad van sorghum, bietenzaad (gepilleerd) en mais.

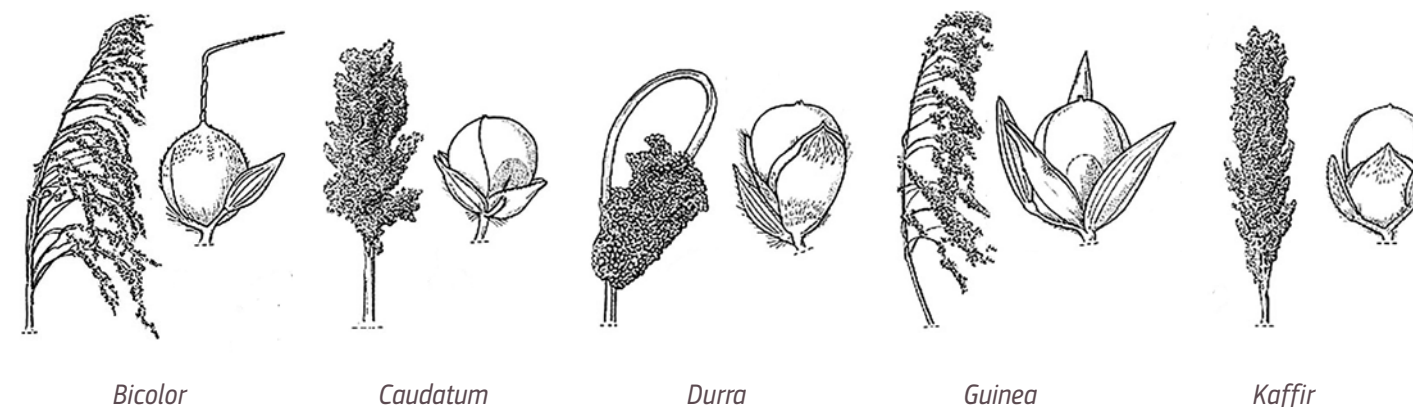
Gewenste eigenschappen voor teelt in Europa

Voor de Noordwest-Europese markt zijn verschillende eigenschappen essentieel voor een succesvol ras. Aangezien sorghum een subtropisch gewas is en het gewas voor onze klimatologische omstandigheden pas in het laatste decennium door veredeling wordt aangepast, is het telen van dit gewas in koelere klimaten één van de grotere uitdagingen (Bekele et al., 2013). Voorwaarden voor een sorghumteelt voor gehele plant-silage in gematigde gebieden:

- **Goede kiemkracht** onder suboptimale temperaturen (12°C). Een minimale koudegevoeligheid is belangrijk onder Nederlandse omstandigheden, omdat jonge planten gevoelig zijn voor vorst en dood kunnen vriezen of groeideformaties kunnen krijgen. Bij vroege zaai, begin mei, is daarom meer zaaizaad nodig dan bij zaai vanaf eind mei.
- **Vroege bloei** en een lagere gevoeligheid voor korte daglengte, om een goede oogst in september/oktober te garanderen.
- **Goede graanzetting en rijping** onder suboptimale temperaturen (denk aan koudere nachten in augustus en september). Tijdens de bloei is de plant gevoelig voor temperaturen beneden de 15°C. Bij lagere temperaturen vindt er geen goe-

de bevruchting plaats en worden minder korrels gevormd.

- **Uniformiteit** van het ras, om een goed oogstmoment te kunnen bepalen. Hieronder valt ook:
 - *Minimale vorming van zijscheuten.* Door het vormen van (late) zijscheuten zullen de ontwikkelingsstadia binnen de plant gaan variëren en rijpt het gewas niet homogeen af.
 - *Uniformiteit in afrijping van de korrels.* Er is altijd verschil in de afrijping van korrels boven- en onderin de pluim. Door verschillen tussen pluimen zo klein mogelijk te houden, is de voederwaarde beter in te schatten en kan er beter op het juiste moment geoogst worden.
- **Geringe legering** van het gewas om een goede oogst te garanderen. Sommige rassen (vooral met zware graanpluimen) worden vrij eenvoudig neergeslagen door wind of storm. Dit gaat ten koste van de kwaliteit en de voederwaarde.
- **Drogestof gehalte** van 28–32% bij de oogst voor kuilvoer.
- **Stabiele opbrengst.**
- **Geringe negatieve effecten op het milieu** in de vorm van emissies of uitspoeling van nutriënten.



Figuur 2.1. Pluim- en aarvorm van de vijf sorghumbasisrassen (Baolole and Legwaila, 2006).



3. Waarom sorghum?

In de huidige Nederlandse landbouw stuit continuïteit van snijmaïs op steeds meer maatschappelijke weerstand en problemen. Er is sprake van verliezen van organische stof, verdichting van de bodem, bodem- of plantgerelateerde ziektes en een hoge input van water en meststoffen (Kasper, 2017). Bovendien stuurt de wetgeving naar meer vruchtwisseling op een perceel. In dit kader zou sorghum als derde gewas in de (melk)veehouderij mogelijkheden kunnen bieden. Sorghum biedt perspectief vanwege enkele potentiële voorde-

len. In Tabel 3.1 zijn verschillende gesuggereerde voordelen samengevat die met sorghum in verband gebracht worden. In de volgende paragrafen worden deze potentiële voordelen besproken: wat is er wereldwijd over bekend, hoe werkt dit in de Nederlandse situatie en zijn de gesuggereerde voordelen bevestigd in het onderzoek dat we de laatste jaren uitgevoerd hebben? Sorghum heeft natuurlijk ook nadelen, zoals koudegevoeligheid. De nadelen worden in het hoofdstuk over de teelt behandeld.

Tabel 3.1. Een samenvatting van de gesuggereerde voordelen van sorghum onder Nederlandse omstandigheden.

Thema	Voordelen	Opmerking	§
Intensieve / diepe beworteling	Droogtetolerantie	Klimaatadaptief	3.2
	Goede nutriënten efficiëntie	Minder nitraatuitspoeling, minder broeikasgasemissie	3.3, 3.4
	Intact houden bodemstructuur	Minder bodemverdichting	3.1
	Goed absorberend vermogen	Reductie bodem- en watererosie	3.1
Relatief nieuw gewas	Organische stofopbouw		3.1
	Geen gastheer maiswortelboorder		3.5
	Ziektetolerantie	(Nog) niet vatbaar voor veel bodem- gebonden parasieten en schimmels	3.5
Afweerstoffen / cyaniden	Beheersing plantparasitaire aaltjes	Natuurlijke afweerstoffen	3.5
Extra gewas in vrucht- wisseling	Opbrengstverhoging (6-9%) van volggewas mais		3.1
Diervoeding	Extra gewas	Riscospreiding	3.2
	Structuurrijk gewas	Pensgezondheid	5.3
Diergezondheid	Aanwijzingen andere alternatieve positieve effecten	Preventie dierziektes	5.4

3.1 Bodemkwaliteit

Beworteling

Uit warmere teeltgebieden is gebleken dat de beworteling van sorghum gunstig is, vergeleken met bijvoorbeeld een gewas als mais. Onderzoek uit Canada toonde aan dat het wortelstelsel van sorghum een hogere wortellengte en een groter aandeel fijnere wortels had dan mais (Thivierge et al., 2016). Duitse onderzoekers toonden aan dat structuursorghum relatief meer wortels in diepere bodemlagen had dan mais (Schittenhelm en Schroetter, 2014). In vierjarig onderzoek in het Brabantse Odiliapeel vonden we ook een hogere worteldichtheid en wortelmassa bij de structuurtypes van sorghum in vergelijking met mais. Bovendien wortelde één van deze types (Piper) ook dieper dan de verdichte laag van 30 cm. Dit gold niet voor het zetmeelras (C7) (Deru et al., 2018; Van den Akker et al., 2021). In achtjarig onderzoek in België werden weliswaar fijnere wortels gevonden bij sorghum maar geen diepere beworteling (Van de Goor et al., 2017). De oorzaak van het ontbreken van verschillen zou mogelijk kunnen liggen in de lagere temperaturen in vergelijking met tropische omstandigheden, waardoor de beginontwikkeling trager verloopt.

Omdat de bodemtemperatuur tijdens de wortelgroei vaak nog relatief laag is voor goede wortelgroei, zitten ook voor sorghum de meeste wortels in de bovenste 30 cm. Hierdoor kunnen nutriënten die dieper zitten nog altijd verloren gaan. Een omvangrijk wortelstelsel is positief voor de bodemstructuur en het organischestof-gehalte van de bodem (Deru et al., 2018; Van den Akker et al., 2021), wat vervolgens het watervasthoudend vermogen en de waterinfiltratie positief beïnvloedt. Storende lagen bleken echter zowel bij sorghum als bij mais meestal niet doorbroken te kunnen worden, ook al wordt door buitenlandse zaadleveranciers aangegeven dat de wortels van sommige sorghum-variëteiten een positieve bijdrage leveren aan het openbreken en penetreren van compacte bodems

(www.greencoverseed.com). Voor zetmeelrassen is er in Nederlands of Belgisch onderzoek geen bewijs gevonden van een verbeterde beworteling, bodemstructuur, watervasthoudend vermogen of waterinfiltratie.

Bodemstructuur

Over het algemeen heeft de teelt van Engels raaigras een gunstiger effect op de bodemstructuur dan bijvoorbeeld mais: door fijnere wortels zie je een hoger aandeel kruim (Van de Goor et al., 2017). Echter de verschillen tussen mais en sorghum waren in het onderzoek in Nederland en België klein (Van de Goor et al., 2017; Van den Akker et al., 2021).

Organische stof balans en koolstofopslag

Organische stofopbouw in de bodem is een evenwicht van aanvoer van organische stof (gewasresten, wortels, mest op het bedrijf en eventuele externe aanvoer) en de afbraak van organische stof in de bodem.



Aanvoer organische stof

Wat betreft aanvoer van organische stof was in Duits onderzoek de aanvoer van organische stof uit wortelresten van het zetmeeltype van sorghum hoger dan die van mais onder zowel natte als droge omstandigheden (zie Tabel 3.2). Voor het structuurtype was de wortelmassa onder natte omstandigheden lager dan van mais, maar onder droge omstandigheden hoger. De hogere wortelmassa van sorghum suggereert een hogere aanvoer van organische stof in de bodem van het zetmeeltype vergeleken met mais.

Afbraak organische stof

Zoals al aangegeven is Organische stofopbouw een evenwicht tussen aanvoer en afbraak van organische stof. Door de aanwezigheid van cyanogene glycosiden in sorghum zou de afbraak van gewasresten trager kunnen verlopen dan bij mais. Daarnaast kan ook een bodemeffect optreden waarbij eenzelfde type organische stof in een sorghumbodem anders afbreekt dan in een maisbodem. Op een proefveld in Odiliapeel is een verkennende afbraakproef uitgevoerd, waarbij wortelresten van mais en sorghum ingegraven zijn op zowel een maisperceel als op een sorghumperceel. De afbraak van de gewasresten bleek hierbij ongeveer gelijk te zijn, wat aangeeft dat er geen verschil in koolstofvastlegging via deze route

is tussen deze twee gewassen (Van den Akker et al., 2021). Ook bleek er geen interactie-effect te zijn, waardoor geconcludeerd kan worden dat de ingegraven gewasresten van mais of sorghum niet sneller afbreken onder het groeiende gewas van eigen soort in vergelijking met onder de andere soort. De afbraaksnelheid van organische stof in de bodem is gemeten met de zogenaamde theezakjes index, maar ook hierin bleek geen verschil te zitten. Dit bevestigt dat er geen verschil was tussen de bodems van mais en van sorghum. Echter, er werd wel een verschil in de stabilisatiefactor gevonden. Deze waarde geeft aan dat er verschillen zijn in de omzetting van labiel organisch materiaal naar recalcitrant materiaal, waarbij de omzetting onder mais sneller was dan die onder sorghum. Op de lange termijn kan dit mogelijk nog invloed hebben op koolstofvastlegging.

Conclusie

Er is in Nederland nog geen overtuigend bewijs gevonden voor een positievere organische-stofbalans onder (zetmeel)sorghum in vergelijking met mais. Wat betreft structuursorghum, zijn er lichte aanwijzingen gevonden voor een hogere wortelmassa (aanvoer van organische stof) ten opzichte van mais, maar de verschillen zijn beperkt.

Tabel 3.2. Gemiddelde droog-wortel-gewicht (ton/ha) in de laag 0-100 cm na oogst in oktober voor mais, zetmeeltype van sorghum en het structuurtype van sorghum onder natte en droge omstandigheden (Schittenhelm en Schroetter, 2014).

	Mais	Zetmeelsorghum	Structuursorghum
Natte omstandigheden	4,4 ^{abc}	6,1 ^a	2,9 ^{bc}
Droge omstandigheden	1,9 ^c	5,7 ^{ab}	2,4 ^c

Een afwijkend superscript bij getallen in dezelfde rij geeft aan dat de getallen in de rij significant van elkaar verschillen.

3.2 Klimaatadaptatie

Droogtetolerantie

Sorghum past zich aan onder droge omstandigheden, dankzij verschillende aanpassingen in de fysiologie van de plant. Potentieel is sorghum droogtetoleranter door:

1. Diepere beworteling: In warme groeigebieden penetreert sorghum de bodem sneller, intensiever en dieper dan mais (Squire, 1990; Stone et al., 2002; Singh et al., 2010). Dit kan onder Nederlandse omstandigheden ook resulteren in een langzame begingroei van het bovengrondse gewas, omdat de focus in eerste instantie ligt op wortelontwikkeling. In de relatief koude bodems in Nederland is de snellere wortelgroei echter niet waargenomen – mogelijk door de relatief lagere temperaturen bij de beginontwikkeling of de specifieke genetische pool van sorghumrassen in Nederland.

2. Lager waterverbruik: In verschillende landen (Canada (Thivierge et al., 2016), Italië (Zegada-Lizarazu et al., 2012)) is gevonden dat voor de productie van een kg product sorghum minder water nodig is dan voor een kg product mais. Dit komt o.a. door een relatief klein bladoppervlak, de mogelijkheid het blad op te rollen in geval van droogte en door het waslaagje op de plant. Gezamenlijk resulteren deze kenmerken in minder verdamping. De efficiëntie varieert per ras of cultivar en wijzigt naar gelang tijd, duur en intensiteit van de droogtestress, maar met 20% minder water zou sorghum een gelijke biomassa kunnen produceren als mais. Bovendien blijft in sommige gevallen de plant groeien, terwijl mais op hetzelfde moment al droogtestress laat zien (Zegada-Lizarazu et al., 2012). In Nederland zijn ook metingen gedaan aan het waterverbruik van sorghum ten opzichte van mais, maar er zijn vooralsnog weinig verschillen waargenomen. Toch wordt een lagere waterbehoefte van sorghum onderschreven door resultaten uit de praktijk, hoewel de plant op verschillende cruciale momenten in de ontwikkeling (opkomst, stengelstrekking) wel degelijk voldoende water nodig heeft.

3. Hergroei na droogte: Bij ernstige droogte sterft mais af maar sorghum gaat in rust en groeit verder zodra de omstandigheden weer gunstiger zijn. Het gewas kan dan zelfs een nieuwe pluim vormen die vaak niet meer tot afrijping kan komen of het kan vlak voor de oogst nog water opnemen. Langdurige droogte zal daarom de ontwikkeling van het gewas wel beperken, waardoor het minder goed afrijpt. Dit gaat uiteindelijk ten koste van voederwaardekenmerken, zoals het zetmeelgehalte en de VEM.

Deze aanpassingen variëren echter sterk tussen verschillende sorghumtypes (zetmeeltype en structuurtype) en cultivars (Stone et al., 2001). Het efficiënte water- en het stikstofgebruik onder droogtestress (Lemaire et al., 1996) zou een risicospreiding (oogstzekerheid in geval van droogte, vermindering van de kans op ziektes) bieden ten koste van wat lagere (VEM-) opbrengsten. In Nederlandse proeven die de laatste jaren uitgevoerd zijn, had sorghum in merendeel van de jaren een lagere drogestof-opbrengst dan mais (Van de Goor et al., 2016;

Deru et al., 2018; Kasper en Schilder, 2019). Echter, in 2018 en 2022 liet sorghum wel zijn potentie zien tijdens droogte mid/eind zomer, waarbij mais zwaar te lijden had (noodrijp, problemen met inkuilen door nitraatomzettingen). Sorghum liet hier geen problemen zien.

De lagere opbrengst in de proeven werd vooral veroorzaakt door te vroeg zaaien van sorghum (te lage temperatuur) of door droogte in de eerste ontwikkelingsfase (1-2 mnd). De plant was in deze eerste fase nog niet voldoende ontwikkeld om de droogte aan te kunnen, terwijl mais een snellere begingroei heeft (Lemaire et al., 2006) en daardoor meer overlevingskansen. Sorghum heeft een hoge begintemperatuur en voldoende vocht nodig voor kieming en ontwikkeling. Dit betekent dat, in geval van droogte, beregenen nodig kan zijn om de opbrengstpotentie te halen. Behalve droogte spelen ook andere effecten mee die de opbrengstpotentie kunnen beïnvloeden, zoals een minimum-temperatuur bij afrijping en het aantal groeidagen. Hier wordt in hoofdstuk 4 verder op in gegaan.

Sorghum (links) kan droge periodes net wat beter volhouden dan mais (rechts).



Nic Boerboom (DSV Zaden):

“Sorghum is zeker wel droogtetolerant, maar het is geen cactus. Beregening is nodig op strategische momenten.”

Overstromingstolerantie

Bij het testen van sorghum in een praktijksituatie, leek sorghum het tijdelijk onder water staan van een perceel goed te overleven en nog steeds als voer ingezet te kunnen worden. Dit suggereert een tolerantie voor “natte voeten” of overstroming. Bij onderzoek in de kassen van de Radboud Universiteit zijn jonge sorghum- en maisplanten (vanaf 16 of vanaf 30 dagen leeftijd; vier verschillende sorghumvariëteiten en één maisras) blootgesteld aan een twee-weken-durende overstroming. Tijdens de groeiperiode werden verschillende gewasparameters gevolgd. Biomassa, stengellengte, wortel/stengel ratio, bladoppervlak en nutriëntenopname waren allemaal significant lager als gevolg van het overstromen, waarbij de overstromingstolerantie van sorghum niet beter was dan die van mais (Gidding, 2021). Met betrekking tot overstromingstolerantie in een jong stadium biedt sorghum dan ook geen extra perspectief ten opzichte van mais.

Zouttolerantie

Sommige sorghum variëteiten lijken een relatief hoge zouttolerantie te hebben (Timmermans en Van den Berg, 2019). Dit zou in de toekomst van nut kunnen zijn bij een toenemende verzilting van Nederlandse landbouwgronden.

Conclusie

Ondanks aanwijzingen over droogtetolerantie in de literatuur zijn hier in proeven geen bewijzen gevonden voor gevonden. Dit kwam vooral door omstandigheden tijdens zaai of ontwikkelingsfase. In de praktijk zijn er wel aanwijzingen gevonden voor droogtetolerantie en overstromingstolerantie.



Half augustus 2022, Zeeland. Sorghum doorstaat de droogte goed,



maar mais rijpt snel af.

*Melkveehouder **Leo Hooijen**:*

“In 2016 had ik op een nat perceel van 2.5 ha sorghum staan. Dit perceel stond toen twee maal volledig blank vanwege overvloedige regen en een sloot die uitwaterde op het perceel. Ik had de sorghum al afgeschreven maar deze heeft zich geweldig hersteld. Met een ander gewas had ik waarschijnlijk niks kunnen oogsten.”

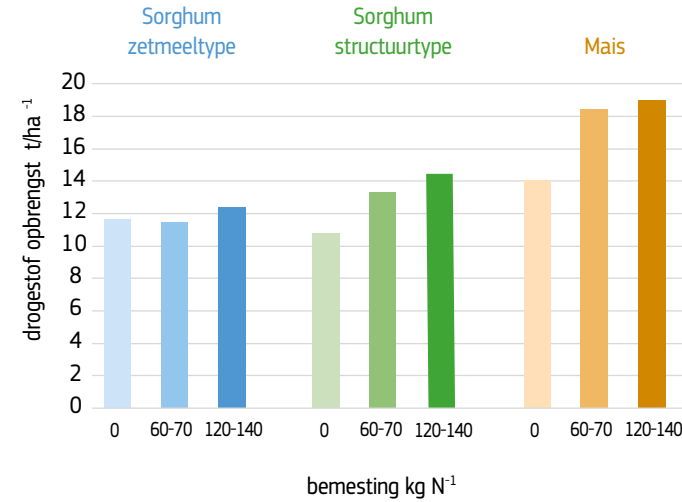


Adviseur Daan Bressers van Kiemkracht (l) en melkveehouder Leo Hooijen uit Lage Mierde (r).

3.3 Nutriëntenefficiëntie

Door de relatief korte veredeling van sorghum in ons klimaat (10 jaar ten opzichte van 50 jaar voor mais) is de productie van sorghum onder ideale, niet-limiterende omstandigheden meestal lager dan die van mais. Met voldoende water en een ruime N-bemesting heeft mais een snellere beginontwikkeling dan sorghum (Lemaire et al., 1996). Behalve de langere veredeling van mais, speelt ook de lagere optimale groeitemperatuur van mais hier een rol in. Deze begingroei komt onder andere door een snellere ontwikkeling van het bladoppervlak van mais, waardoor er meer zonlicht opgevangen kan worden. Echter, onder N-limiterende omstandigheden is de mogelijkheid om stikstof uit de bodem op te nemen juist hoger bij sorghum dan bij mais (Lemaire et al., 1996), waardoor mais gevoeliger is voor een N-tekort. Sorghum wordt dan ook gezien als een interessant gewas omdat het efficiënt met voedingsstoffen omgaat en zou daarmee potentie hebben als gewas onder minder optimale omstandigheden.

Uit de proeven die in 2018 en 2019 in Nederland uitgevoerd zijn, bleken er inderdaad verschillen te zijn in opbrengstpotentie tussen mais en sorghum, maar ook verschillen in stikstofbenutting (Van Agtmaal et al., 2020). Over het algemeen waren de opbrengsten van mais hoger dan die van de structuur- en zetmeeltypes van sorghum (Figuur 3.1). Mais reageerde over het algemeen sterk op stikstofbemesting, terwijl de zetmeeltypes veel minder reageerden. Ook bij de structuurtypes van sorghum was een toename in N-productie niet altijd evident. Zonder bemesting was de maisopbrengst gemiddeld hoger (14.0 ton DS per ha) dan de opbrengst van de zetmeeltypes van sorghum (11.6 ton DS per ha) en de structuurtypes van sorghum (10.8 ton DS per ha). Voor een betere productie onder schralere omstandigheden is dan ook vooralsnog geen bewijs gevonden.



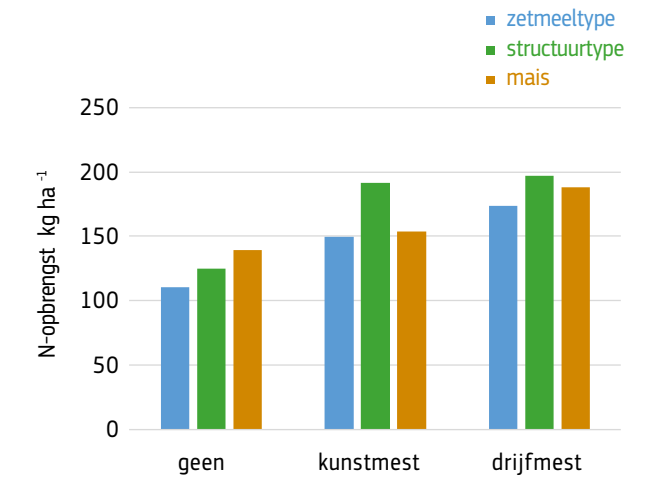
Figuur 3.1. Drogestof-opbrengsten van het zetmeeltype sorghum, structuurtype sorghum en mais in 2018 en 2019. De lichtste balk is steeds een 0-bemesting, de medium 60 (2019) of 70 (2018) kg N/ha en de donkerste balk is 120 (2019) of 140 (2018) kg N/ha.

De stikstofopbrengsten onder verschillende bemestingsniveaus zijn ook gemeten. Bij mais was de meeropbrengst van stikstofbemesting hoger dan bij de beide sorghumtypes: een lage bemesting (60/70 kg N) leverde gemiddeld 66 kg meer stikstof op bij mais, ten opzichte van 6 kg meer stikstof bij het zetmeeltype sorghum en 40 kg meer stikstof bij het structuurtype sorghum. Bij een hogere mestgift van 120-140 kg N was de meeropbrengst voor alle drie de gewassen beduidend lager, namelijk bij alle drie de gewassen tussen de 10 en 20 kg stikstof per hectare (Van Agtmaal et al., 2020).

In een ander experiment is gekeken naar de effecten van drijfmest ten opzichte van kunstmest. Zowel bij de drijfmestgiften als bij de kunstmestgiften werd 100 kg werkzame N toegediend. Onder de weersomstandigheden van 2020 waren de opbrengsten gunstiger bij drijfmest dan bij kunstmest, mogelijk door de droge zomer in combinatie met een hoge temperatuur (zie Figuur 3.2). Bemesting gaf in deze proef significante effecten op stikstofopbrengst. In dit onderzoek had het structuurtype sorghum een vergelijkbare opbrengst met mais. Het zetmeeltype sorghum bleef bij de 0-bemesting iets achter (Van Agtmaal et al., 2021).

Conclusie

Voor percelen waar je niet wilt bemesten, of lage hoeveelheden wil bemesten, kan sorghum gunstig zijn. Er moet dan nog steeds rekening gehouden worden met lagere opbrengsten dan bij snijmais. De veredeling werkt hard aan rassen die een hoge opbrengst kunnen realiseren onder relatief koele omstandigheden en beter reageren op bemesting.



Figuur 3.2. Stikstofopbrengst per gewas en per type bemesting.



Dankzij het fijne wortelstelsel heeft sorghum de potentie om onder N-limiterende omstandigheden nog stikstof uit de grond te halen.

3.4 Reductie lachgas-emissie en nitraatuitspoeling

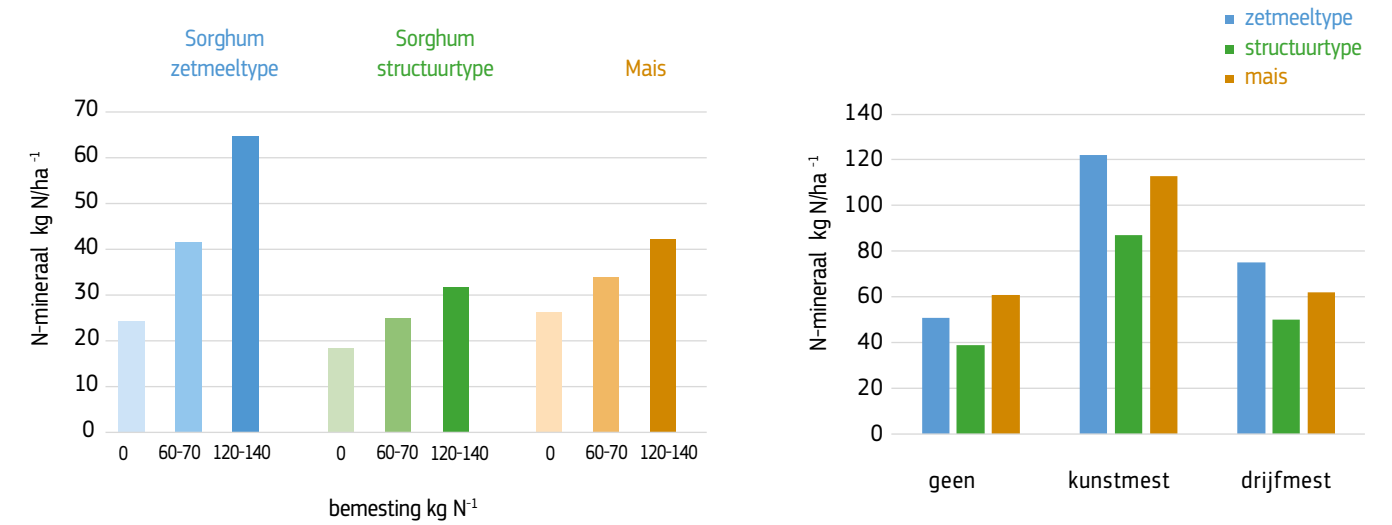
Biologische Nitrificatie Remming

Sorghum scheidt de stof Sorgholeone uit (Tesfamariam et al., 2014). Deze stof werkt als een biologische nitrificatieremmer (BNI), die de bacteriële omzetting van ammonium naar nitraat in de bodem remt. Juist nitraat is onderhevig aan denitrificatie en nitraatuitspoeling, maar omdat nitraat langzamer vrijkomt, kan de emissie van lachgas en nitraatuitspoeling minder zijn. De mate waarin dit gebeurt, is afhankelijk van de variëteit en van het ontwikkelingsstadium van het gewas. Door de uitscheiding van BNI's, blijkt de nitrificatie onder bouwland met sorghum met zo'n 40% geremd te kunnen worden (Subbarao et al., 2013). Veredeling kan hierbij een belangrijke rol spelen. Om met functionele BNI's uit sorghum daadwerkelijk nitrificatie te remmen en uitspoeling en emissie te verminderen, moeten de verschillen tussen rassen en de toepassingsmogelijkheden beter in kaart gebracht worden.

N-mineraal na de oogst

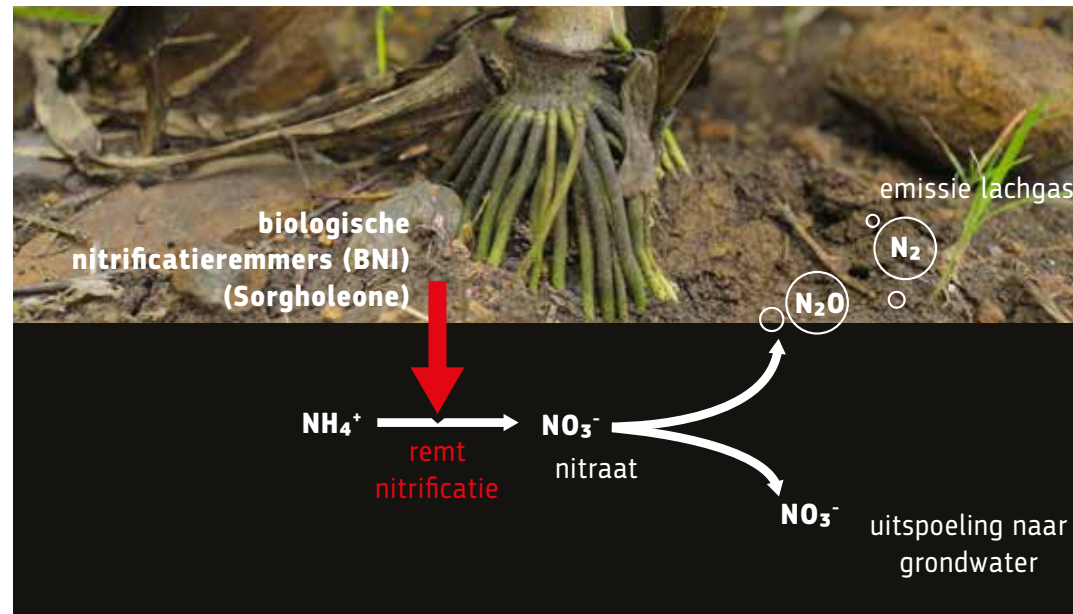
Voordeel van sorghum ten opzichte van mais is dat sorghum ook na vorming van de pluim stikstof uit de grond blijft halen (Thivierge et al., 2015). Ook kan de N-absorptiesnelheid van de wortels hoog blijven. Het op hoog tempo blijven opnemen van stikstof, ook na pluimvorming, impliceert een lage N-rest na het oogsten van sorghum. De nitraatuitspoeling zal hierdoor potentieel lager zijn dan van een gewas als mais dat in het najaar geen stikstof meer opneemt (afhankelijk van bemestingsniveau).

Uit proeven onder Nederlandse omstandigheden bleek het N-mineraal-niveau in de bodem na de oogst inderdaad relatief laag bij het structuurtype sorghum (Figuur 3.3). Het zetmeeltype daarentegen had met name bij de hogere stikstofbemesting wel relatief hoge N-mineraalniveaus, hoewel ze wel nog steeds onder de kritische norm van 90 kg N-mineraal per ha bleven. Een mogelijke verklaring was dat het structuurtype sorghum stikstof had vastgelegd in het wortelstelsel, wat eventueel op een later moment nog vrij kan komen ten goede van een volggewas.



Figuur 3.3. N-mineraal in de bodem na de oogst van het zetmeeltype sorghum, het structuurtype sorghum en mais in 2018 en 2019. De lichtste balk is steeds een 0-bemesting, de medium 60 (2019) of 70 (2018) kg N/ha en de donkerste balk is 120 (2019) of 140 (2018) kg N/ha.

Figuur 3.4. Reststikstof N-mineraal bij het telen van zetmeeltype sorghum, structuurtype sorghum en mais onder drie bemestingsbehandelingen.



Een schematische weergave van de omzetting van ammonium naar nitraat. Nitraat kan vervolgens uitspoelen naar het grondwater of via lachgasemissies in de atmosfeer terecht komen.

Bij een vergelijking tussen drijfmest en kunstmest in 2020 valt op dat de kunstmestbehandelingen (100 kg werkzame N/hectare) een hogere N-mineraal in de bodem laten zien, mogelijk door de droge omstandigheden in die zomer (Figuur 3.4). Ook in deze proef liet het zetmeeltype sorghum hogere reststikstofgehalten in de bodem zien dan het structuurtype sorghum en mais. De laagste hoeveelheid N-mineraal werd waargenomen bij het structuurtype sorghum.

Conclusie

De resultaten van de verschillende bemestingsproeven wijzen erop dat het structuurtype sorghum de stikstof goed uit de bodem lijkt te halen, waardoor er een lage restfractie overblijft. Het sorghum zetmeeltype reageert niet goed op de (te hoge) stikstofbemesting, waardoor de niet-benutte stikstof als N-mineraal in de bodem achterblijft. Vervolgstappen in de veredeling hebben de uitdaging om zich te richten op het verhogen van de opbrengst en de stikstofbenutting, met name in de zetmeeltypes.

3.5 Ziekte- en parasietendruk

Eén van de voordelen van sorghum zou zijn dat sorghum minder gevoelig is voor ziektes en plagen. Dit wordt deels toegeschreven aan de productie van een cyanogeen glycoside (Dhurrin). Bij beschadiging van de stengels komt dit vrij waardoor insecten geweerd worden. In de bodem vormt het product blauwzuurgas. Dit is toxisch voor bepaalde parasieten, waaronder nematoden of aaltjes (www.greencoverseed.com). Sorghum zou dan ook in vruchtwisseling gebruikt kunnen worden om bepaalde plantparasieten te onderdrukken. Andere mogelijke voordelen van sorghum zou een verminderde gevoeligheid voor de maisstengelboorder en een verminderde gevoeligheid voor *Rhizoctonia* in volggewassen.



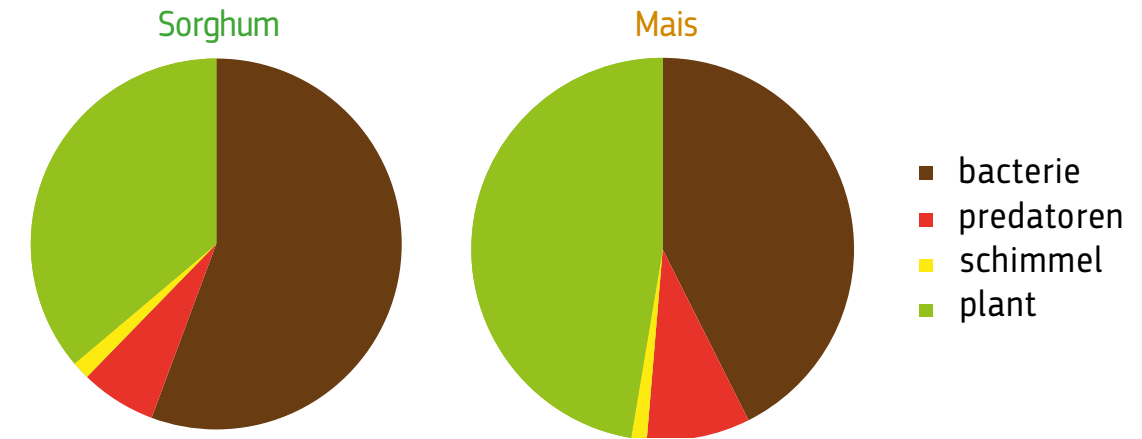
Sorghum kan een gunstig vruchtwisselingsgewas zijn om nematoden onder controle te houden.

Parasitaire nematoden

Parasitaire aaltjes hebben meer invloed op Nederlandse teeltomstandigheden dan de maiswortelboorder. Ook aaltjes zouden gereduceerd kunnen worden door het gebruik van sorghum, bijvoorbeeld bij het onderwerken van het gewas (Mojtahedi et al., 1993). Ook blijken verschillende sorghum structuurtypes geen waardplant voor verschillende wortelgebonden nematoden te zijn, waardoor ze verschillende nematoden kunnen onderdrukken, al dan niet na onderwerken. Dit impliceert dat sorghum een gunstig vruchtwisselingsgewas zou zijn voor het onder controle houden van nematoden en voor opbrengstverhoging van volggewassen (McSorley et al., 1994). Aan de andere kant kan sorghum ook grote hoeveelheden van andere nematoden herbergen – het is bijvoorbeeld wel waardplant voor het wortellesieaaltje (*L. penetrans*), hoewel het daar zelf geen schade van ondervindt en wordt het aantal plant-parasitaire nematoden niet altijd gereduceerd (Marks en Townshend 1973; McSorley en Gallaher 1991).

Onderzoek naar de aanwezigheid van aaltjes in najaar 2020, na vier jaar sorghum of mais, gaf aan dat er op sorghumpercelen iets hogere aantallen nematoden zijn aangetroffen dan op maispercelen (1433 versus 1133 per 100 gram grond), maar dat het aantal soorten vergelijkbaar is (32 versus 30 soorten). Niet alle soorten nematoden zijn schadelijk, dus dit zegt nog niets over de gevoeligheid voor parasitaire aaltjes. Er werden relatief meer herbivore aaltjes aangetroffen op de maispercelen dan op de sorghumpercelen (Figuur 3.5; Keidel en van Eekeren, 2022). Van de aangetroffen herbivore aaltjes wordt niet direct verwacht dat ze problemen opleveren voor de groei en opbrengst van mais en sorghum.

Ondanks de verschuiving van plantetende nematoden richting bacterie-etende nematoden bij het telen van sorghum, kan niet geconcludeerd worden dat sorghum inderdaad gunstig is bij het onder controle krijgen van parasitaire aaltjes.



Figuur 3.5. Relatief aandeel van de voedselgroepen van aaltjes in sorghum en mais.

Maiswortelboorder en maisstengelboorder

Vanuit Amerika is bekend dat het schaderisico van bijvoorbeeld de maiswortelboorder in mais na sorghum lager is (extension.psu.edu/forage-sorghum). In Nederland is de maiswortelboorder echter een quarantaineorganisme en wordt deze slechts sporadisch gesignaleerd. De maisstengelboorder levert in Nederland meer problemen op. De mot van deze larve kan kleine afstanden vliegen en dus naburige akkers opzoeken. De maisstengelboorder rukt steeds verder op naar het noorden. Door vraat in de kolf of stengel van mais zorgt de larve voor het afknakken van de stengel. De mot legt mogelijk minder snel eitjes in sorghum, omdat dat geen primair doelgewas voor het dier is. De maisstengelboorder kan geweerd worden door vruchtwisseling, onderwerken of vernietigen van gewasresten en door vroeg te oogsten. Het gebruik van een minder aantrekkelijk gewas, zoals sorghum, kan helpen tegen de verspreiding van de maisstengelboorder.

Rhizoctonia

De schimmel *Rhizoctonia* kan sterk vermeerderen op percelen waar mais geteeld is (Lamers en Van Rozen, 2014). Op percelen met *Rhizoctonia* kan het daarom verstandig zijn mais te vermijden en kan sorghum een welkom alternatief voor de veevoederproductie zijn.

Conclusie

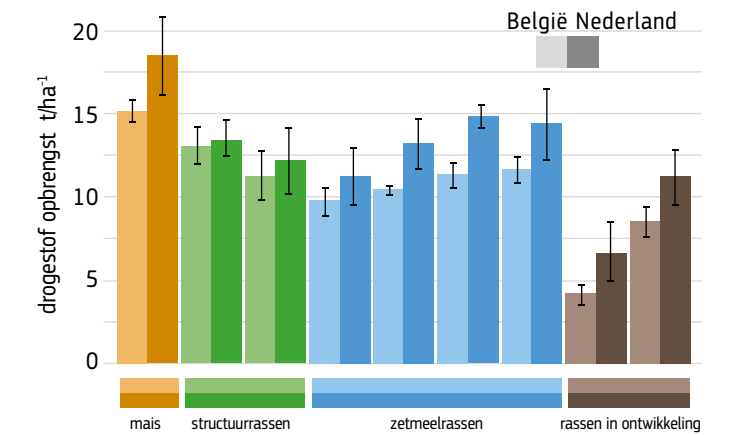
Sorghum opnemen in de vruchtwisseling levert niet perse veel op met betrekking tot het wortellesieaaltje, hoewel er wel een verschuiving van plantetende naar bacterie-etende nematoden plaatsvindt bij sorghumpercelen vergeleken met maispercelen. Bovendien wordt verwacht dat sorghum minder aantrekkelijk is voor de maisstengelboorder, waardoor het risico op schade door deze parasiet verminderd kan worden.



4. Teelt

4.1 Rassenkeuze

In het Nederlandse rassenregister zijn inmiddels diverse in Nederland veredelde sorghumrassen opgenomen (www.nederlandsrassenregister.nl, onder de naam kafferkoren), namelijk Dusormil HD7, Dusormil HD19, Voyenn en Vilomene. Tabel 4.1 geeft in het kort weer hoe deze rassen – en andere rassen die in Nederland verkrijgbaar zijn – scoren op de belangrijkste eigenschappen: vroegheid, opbrengst, voederwaarde, structuur, stevigheid en droogtetolerantie. In hoofdstuk 5 wordt dieper in gegaan op de verschillende voederwaardekenmerken.



Figuur 4.1. De drogestof-opbrengsten kunnen van jaar tot jaar variëren. De rassen in ontwikkeling zijn buitenlandse granhybriden die niet geschikt blijken voor het Nederlandse klimaat.

Tabel 4.1. Verschillende in Nederland verkrijgbare rassen en hoe deze scoren op de belangrijkste kenmerken. (++) = zeer goed, + = goed, +/- = voldoende, - = matig, -- = slecht

	Type	Vroegheid	Opbrengst	Voederwaarde	Structuur	Stevigheid	Droogte tolerantie
Voyenn ¹	Zetmeel	++	+	++	-	++	+/-
Vilomene ¹	Zetmeel	++	+	+	-	++	+/-
Dusormil HD7 ¹	Zetmeel	++	+	++	+/-	+/-	+
Dusormil HD19 ¹	Zetmeel	+	+	++	+	+	+
Dusormil HD100	Zetmeel	++	+/-	+/-	++	+	+
Master	BMR ²	+/-	+	+	-	-	+/-
Buffalo	BMR ²	-	+/-	+	-	-	+/-
Nutrihoney	Structuur	+	+	+/-	++	+/-	++
Bovital	Structuur	+	++	-	++	+/-	++
Sorghummaismix	Mix	+/-	++	++	-	++	--

¹ opgenomen in het rassenregister, ² BMR is zowel voor zetmeeltype als voor structuurtype ontwikkeld. Daarom is het als apart type in deze tabel opgenomen.

Zetmeelrassen



Voyenn is speciaal veredeld voor Nederlandse omstandigheden, waarbij de nadruk ligt op een vlotte beginontwikkeling, vroege afrijping en een hoog zetmeelgehalte door een hoog pluimaandeel. Het ras combineert opbrengst met voederwaarde.



Ook **Vilomene** is speciaal veredeld voor Nederlandse omstandigheden. Net als bij Voyenn ligt nadruk op een vlotte beginontwikkeling, vroege afrijping en een hoog zetmeelgehalte dankzij de grote pluim. Het is een gezonde, stevige plant, die opbrengst met voederwaarde combineert.



Dusormil HD7 is geschikt voor zaai tot eind mei. De plant is veredeld op heeft een hoog zetmeelgehalte en een goede voederwaarde. De grote pluim kan te zwaar worden bij snelle stengelstrekking, met als gevolg mogelijke legering, vooral bij een stikstofgift van meer dan 70 kg N/ha. als de stengel te snel groeit en te dun blijft. Op zandgrond kan er vanaf eind augustus geoogst worden.



Dusormil HD19 is ook redelijk vroeg (zaai tot eind mei). Er kan tot 18 ton droge stof per hectare geoogst worden en het gewas heeft een grote zware pluim. Deze zware pluim geeft ook weer risico tot legeren bij stikstofgiften boven de 70 kg N/ha. De oogst is van eind augustus op zandgrond.



Dusormil HD100 is iets later dan de andere Dusormil rassen (voor zaai tot midden juni). Deze variëteit kan tot 15 ton droge stof per hectare opleveren en combineert zetmeel met een hoog vezelgehalte. Hierdoor kan de voederwaarde wel wat lager zijn dan die van de Dusormil HD7 en de Dusormil HD19. Dusormil HD100 is minder gevoelig voor legering en heeft wat meer structuur dan de andere Dusormil variëteiten. Het gewas kan veelal in september geoogst worden.



BMR

Master is een vroeg ras uit Frankrijk dat ook goed presteert in het Nederlandse klimaat. Het is een Brown Mid Rib (BMR) ras dat een laag ligninegehalte heeft, waardoor de planten (incl. de stengels) goed verteerbaar zijn voor de koe. Master heeft een grote pluim, en uitgebreid wortelstelsel en rijpt wat minder vroeg af van Vilomene en Voyenn.

Buffalo is een hybride die goed presteert in Frankrijk. De plant wordt 1,60 tot 1,80 m hoog en heeft een wat langer groeiseizoen nodig dan Master, omdat het later af rijpt. Het is een silagesorghum met een grote pluim en heeft wat meer suiker dan zetmeel. Het is ook een Brown Mid Rib (BMR) gewas met een hoge celwandverteerbaarheid. Het gewas heeft een sterk en uitgebreid wortelstelsel, en is efficiënt met water en mineralen.

Structuurrassen

Nutrihoney is een hybride van sorghum bicolor en sorghum sudanese. Het gewas heeft een hoge opbrengst-potentie, ook onder droge omstandigheden, en levert mooi, smakelijk ruwvoer. Door de uitstoelende eigenschap is Nutrihoney een massaal gewas met een breed aanpassingsvermogen. Het heeft weinig water nodig, is goed voor de bodemstructuur, en kan ook goed aan melkgeiten gevoerd worden.

Bovital is een robuuste sorghum met een hoge opbrengstpotentie. Het gewas is eenvoudig te telen. De plant is massaal en rijpt tijdig af, waardoor het samen met mais ingekuild kan worden. De grote pluim levert redelijk wat zetmeel, maar de kracht zit in de massa en het structuurrijke ruwvoer. De plant stoelt ook uit als het daar de ruimte voor krijgt en is goed voor de bodemstructuur.

Sorghummais mix, een mengteelt van sorghum en mais biedt verschillende voordelen: minder gevoelig voor droogte, een lage nitraatuitspoeling en een combinatie van opbrengst, zetmeel en structuur. Anderzijds brengt het ook aandachtspunten met zich mee. Het teeltmanagement dient op sorghum afgestemd te worden. De mix van DSV met 74 % sorghum en 26 % mais telt mee als 3^e gewas.

4.2 Perceelskeuze en zaaiklaar maken

Perceelskeuze

Sorghum heeft warmte nodig tijdens de beginontwikkeling. Percelen die in het voorjaar vlot opwarmen hebben daarom de voorkeur. Dit kunnen ook windvrije percelen in bossen of tussen heggen zijn. In de regel past sorghum tot op heden daarom beter op zandgrond dan op kleigrond – kleigrond warmt minder snel op. Een aandachtspunt is de beschikbaarheid van vocht in de bovenste bodemlaag, wat noodzakelijk is voor het kiemen van het zaaizaad. Dit is vooral van belang voor snel uitdrogende gronden, zoals zandgrond.

Omdat voor sorghum relatief weinig gewasbeschermingsmiddelen (GBM) beschikbaar zijn én de plant zelf ook gevoelig is voor GBM, is het belangrijk om een schoon/onkruidvrij perceel als basis te hebben. Dit kan bijvoorbeeld ook door het toepassen van een vals zaaibed in het vroege voorjaar. Door de reeds gekiemde onkruiden net voor of rond het moment van zaaien mechanisch of chemisch weg te werken, begint de teelt van sorghum schoner.

Een sorghumveld omzoomd door bos heeft voordelen, omdat het perceel dan minder wind vangt.



Bemestingsrichtlijnen

Sorghum heeft over het algemeen minder mest nodig dan mais en kan baat hebben bij getrapte bemesting – wat runderdrijfmest van nature levert. In de praktijk wordt normaal gesproken zo'n 25-30 m³ RDM toegepast. Dit is deels afhankelijk van het NLV en de voorvrucht. Het toevoegen van N-kunstmest naast drijfmest gaf in een demoproef van DSV-zaden geen (significant) verschil in opbrengst en voederwaarde. Verder bleken uit bemestingsproeven in Noord-Brabant nauwelijks verschillen te zijn tussen stikstofopbrengsten met kunstmest of met drijfmest (zie Tabel 3.2). De resterende minerale stikstof na de oogst was echter hoger met kunstmest (Van Agtmaal et al., 2021).

Sorghum heeft een duidelijk optimum qua bemesting: een bemesting van meer dan 70 kg N/ha levert nauwelijks meeropbrengsten op, terwijl de minerale stikstof-voorraad in de bodem sterk stijgt en het risico op nitraat-uitspoeling dus hoger is (Van Agtmaal et al., 2020). De bemestingsnorm in Nederland van 96 kg N/ha sluit hier dus goed bij aan.

Een plant van structuursorghum bij drie verschillende bemestingsniveaus (0, 70 en 140 kg N/ha).

Kali- en fosforgehaltes van sorghum

Het kaligehalte van sorghum ligt rond de 13 gram per kg droge stof en het fosfaatgehalte rond de 1,5 gram per kg droge stof. Dit is ongeveer vergelijkbaar met de gehalten in snijmais. Omdat de drogestof opbrengst van sorghum vaak wat lager is dan van snijmais, zal de afvoer van deze mineralen van een sorghumperceel ook wat lager zijn dan van een snijmaisperceel.



4.3 Zaaien

Zaaklaar maken

Bij een vlak zaaibed is het eenvoudiger om een gelijkmatige zaaidiepte te bereiken, zodat het gewas gelijkmatiger op kan komen. Dit betekent dat onkruid minder kans krijgt, het spuitmoment beter te bepalen is en ook het oogstmoment. Het behoud of verkrijgen van voldoende vocht in de top laag is cruciaal voor kieming.

Zaaitijdstip

Het weer en de bodemtemperatuur zijn zeer belangrijk in de beginfase van sorghumteelt; sorghum heeft tijdens deze fase veel warmte nodig. Houd daarom de weersvoorspelling in de gaten en meet de bodemtemperatuur wanneer er gedacht wordt aan zaaien. Zaaien is mogelijk met een bodemtemperatuur rond de 12-14 °C. Het moment waarop de bodemtemperatuur hoog genoeg is, verschilt per jaar, maar het minste risico geeft zaaien na 15 mei. Bij twijfel is het beter een week later te zaaien dan een dag 'te vroeg'. De temperatuur bepaalt namelijk ook de stengelstrekking: vroeg zaaien geeft een korter gewas, terwijl later zaaien een langer gewas geeft en daarmee een hogere opbrengst.

De hoeveelheid vocht in de top laag van de bodem is ook belangrijk bij de zaai van sorghum. Sorghum dient op 2 tot 3 cm diepte gezaaid te worden. In de maand mei is het risico op een te droog zaaibed of een te droge periode na het zaaien vrij groot. Zaai in een vochtige top laag of met regen op de weersvoorzichten om droogligging van het zaai zaad en daarmee een heterogene opkomst te voorkomen.



Sorghum is gevoelig voor kou en kan rood kleuren als gevolg van koudestress.

Plantdichtheid

De optimale plantdichtheid van sorghum is 175.000-225.000 planten per ha voor zetmeelrassen en 250.000-300.000 planten per ha voor structuurrassen. Het behalen van de gewenste plantdichtheid is belangrijk voor:

1. het voorkomen van uitstoeling, zodat er geen zijscheuten gevormd worden en het gewas gelijkmatig afrijpt en
2. de korrelgrootte in en het volume van de pluim. Concurrentie van planten zorgt voor kleinere pluimen en dus minder korrels per pluim.

Voor zetmeel (Dual) types wordt daarom op rij zaaien aanbevolen, voor structuurtypes kan er zowel volvelds als in rijen gezaaid worden, omdat de pluimontwikkeling hier minder cruciaal is.

Uitstoeling van sorghum

Sorghum kan met zijscheuten uitstoelen. Een nadeel van uitstoeling van sorghum is dat het gewas niet homogeen afrijpt, omdat de hoofdstengel eerder afrijpt dan de zijscheuten. Dit is met name van belang bij zetmeelrassen en speelt minder bij de structuurrassen. Uitstoeling is sterk afhankelijk van de plantdichtheid (hoe lager de plantdichtheid, hoe meer uitstoeling), maar het is daarnaast ook rasafhankelijk: de Dusormil HD100 stoelt bijvoorbeeld weinig uit maar de Dusormil HD7 wel. Let wel: bij het slecht opkomen van het gewas, bijvoorbeeld als gevolg van droogte of vogelvraat, kan uitstoeling van het gewas een slechtere opkomst deels compenseren.



Sorghum zal in de beginontwikkeling ook al uit gaan stoelen. De zijscheuten ontwikkelen zich later dan de hoofdstengel.



Verskil in afrijping binnen één plant als gevolg van uitstoeling.



Sorghum kan in rijen gezaaid worden.

Zaaidichtheid

De zaaidichtheid is afhankelijk van het ras/type, het zaaimoment en de bodemkwaliteit. Bij vroege inzaai in koude grond en bij grove zaai bedden met een matige bodemkwaliteit wordt een hogere zaaidichtheid geadviseerd (20% - of zelfs meer - hoger dan de gewenste plantdichtheid). De hoeveelheid varieert bij sorghum van 5-15 kg per ha, en is ook afhankelijk van het duizendkorrelgewicht.

Zaaidiepte

De beste opkomst wordt bereikt als het zaad op een stevige ondergrond ligt, goed aangedrukt wordt en de grond een goede capillaire werking heeft. Het advies is om sorghum ongeveer 2-3 cm diep te zaaien, in vochtige grond omdat dit nodig is voor de kieming. Zaai niet dieper dan 4 cm: als te diep wordt gezaaid, heeft de plant te veel energie nodig om boven te komen, wat zich vertaalt in een slechte beginontwikkeling en gevoeligheid voor bodemschimmels, en insecten- en vogelvraat.

Zaaimachine

Een optimale uniformiteit kan het beste verkregen worden door te zaaien met een precisiezaaimachine op 25-60 cm rijafstand met schijven die geschikt zijn voor de grootte van het sorghumzaad. De optimale rijafstand voor zetmeeltypes is 50 cm. Voor structuurtypes mag dit wat minder zijn – deze kunnen ook breedwerpig gezaaid worden. Er kan ook met een pijpenzaaimachine gezaaid worden, zoals een graanzaaimachine. De voor- en nadelen op rijen en breedwerpig zaaien staan in Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Voor- en nadelen van zaaien op rijen of breedwerpig.

OP RIJEN	
Voordelen	Nadelen
Hoger opkomstpercentage	Kans op dubbele/missers door zaadgrootte/-vorm
Zaaizaad goed aangedrukt	De juiste zaaischijven nodig per sorghumtype
Betere ontwikkeling van de plant	Weinig loonwerkers met geschikte machine/schijven
Zaden egaal op juiste diepte	

BREEDWERPIG	
Voordelen	Nadelen
Machine exact op gewicht afstellen	Zaaizaad wordt niet mooi aangedrukt
Veel machines beschikbaar	Zaaidiepte kan variëren
Goedkoper	Lager opkomstpercentage

Sorghumzaad pilleren

Sorghum heeft kleine zaden, die ook nog variabel kunnen zijn in grootte en vorm. Dit maakt het gebruik van een zaaimachine met zaaischijven voor zonnebloem, mais en bieten lastiger. Sorghumzaad pilleren is technisch gezien ook een optie, maar dit brengt extra kosten met zich mee. Een voordeel van sorghum pilleren is wel dat hiermee sorghum als mengteelt met mais gezaaid kan worden door middel van een gangbare maiszaadmachine.



4.4 Onkruidbeheersing

Net zoals bij andere teelten is onkruidbeheersing (mechanisch en/of chemisch) ook in sorghum noodzakelijk voor een geslaagde teelt. Dit geldt voor zowel de zetmeel- als de structuurtypes.

Mechanische onkruidbeheersing

Het toepassen van een vals zaaibed vermindert de onkruiddruk tijdens de beginontwikkeling van het gewas. Wiedeggen na zaaien is mogelijk. Het juiste moment is hierbij belangrijk: vanaf 3-5-bladig stadium, omdat vanaf dit stadium de sorghum stevig geworteld is. Bij zaaien in rijen wordt schoffelen aangeraden. Dit kan vanaf het verschijnen van het 5^e blad. Gebruik



hierbij ook vingerwieders in de rij om in de rij ook maximaal onkruid te kunnen bestrijden. Ben er van bewust dat sorghum zich in het voorjaar traag ontwikkelt dus zaai bij mechanische onkruidbeheersing niet te vroeg.

Chemische onkruidbeheersing

In Nederland zijn enkele herbiciden toegelaten voor gebruik in de sorghumteelt. Het is belangrijk op te letten met de doseringen, omdat sorghum fytoxiciteit kan vertonen op bepaalde herbiciden en als gevolg hiervan groeiremming kan laten zien. De concentratie moet dus goed worden afgestemd op de sorghumteelt in verband met mogelijke spuitschade.

Wing P is een bodemherbicide die een toelating heeft als voor-opkomst-toepassing in sorghum. Echter wanneer na deze toepassing een zware regenbui op het behandelde perceel valt, spoelt het middel enkele centimeters de toplaag in. Hierbij is meerdere malen tot aan 90% plantuitval gesignaleerd. Een structuurtype is hier gevoeliger voor dan een zetmeeltype. Onder droge omstandigheden zijn geen problemen te verwachten. Na opkomst van het gewas zijn er mogelijkheden om met diverse contactherbiciden onkruid te bestrijden. Grasachtige onkruiden zijn helaas niet te bestrijden, omdat de middelen die grassen bestrijden ook zware schade geven aan de sorghum zelf. Daarom zijn hiervoor ook geen middelen toegelaten.

Toepassing middelen en doseringen

In de praktijk wordt voor opkomst meestal 2-3 l/ha Wing P gespoten en vervolgens, tussen het 3^e en 5^e bladstadium een combinatie van 0,3 l/ha Banvel 4S en 0,3 l/ha Starane Top. Om eventueel gemiste wortelonkruiden aan te pakken kan er nog een keer Vivendi 100 ingezet worden. Met name hanenpoot is een onkruid dat met deze herbiciden niet aangepakt kan worden.



Een juiste (links) en een onjuiste (rechts) toepassing van gewasbeschermingsmiddelen.

Toelatingen kunnen van jaar tot jaar veranderen, dus blijf in de gaten houden welke middelen toegestaan zijn in sorghum. De afweging maken tussen welke middelen en doseringen spuiten blijft lastig in verband met eventuele spuitschade.

Sommige sorghumrassen lijken minder gevoelig voor chemische middelen dan andere rassen. De structuurrassen lijken iets gevoeliger te zijn voor Wing P, maar minder gevoelig voor Starane Top en Banvel 4S dan de zetmeelrassen.

GBM (gewasbeschermingsmiddelen) in Nederland

Aanbevolen:

- Wing P = pendimethalin & dimethenamid-P (DMTA-P)
- Starane Top = fluroxypyr-meptyl
- Banvel = dicamba

Meer risico:

- Vivendi100 = clopyralid
- Meristo = mesotrione



Reactie van sorghum op gewasbeschermingsmiddelen.

4.5 Gewasontwikkeling

Groeiseizoen

Sorghum heeft een groeiseizoen van 110-150 dagen. De snelheid van de ontwikkeling is met name afhankelijk van temperatuur en vocht. De optimale temperatuur zit tussen 12°C en 35°C. Sorghum reageert sterk op deze temperaturen. Bij voldoende vocht, zal de groeicyclus (aanzienlijk) korter zijn bij hoge dan bij lage temperaturen. Voor ons klimaat is met name een te lage temperatuur één van de limiterende factoren in de teelt: het gewas heeft dan een lage opkomst en een lage korrelzetting en korrelontwikkeling.

Gebaseerd op de Decimale schaal voor granen van Zadoks (1981), worden 10 groeistappen onderscheiden, waarmee zowel irrigatie als onkruidbestrijding gepland kan worden, zie de figuur hieronder.

Kieming

Tijdens de kieming van het zaad dient in de gaten te worden gehouden dat na zaai (in de dagen voor opkomst) geen korstvorming optreedt van de grond (met name bij klei en leem). Bij optimale omstandigheden (juiste zaaidiepte, bodemtemperatuur en goede kiemkracht van zaadgoed) kiemt sorghum meestal tussen de 3 tot 10 dagen na zaai. Sorghum heeft een zogenaamde hypocotyl opkomst, wat wil zeggen dat de scheut zich uit het zaadje, door de grond naar boven drukt. De kiemplant haalt daarbij zijn reserves uit het zaad. Wanneer de plant hierbij last heeft van korstvorming van de grond, zal de scheut al zijn energie gebruiken en het niet redden, wat een onregelmatige opkomst tot gevolg heeft. Daarom is allereerst is een mooi egaal en kruimelig zaai bed gewenst. Ook dient schade

door insecten of vogels te worden gemonitord in de zaailing fase. Met name de witte sorghum, die weinig tot geen tannine bevat, is gevoelig voor vogelvraat.

Vochtbehoefte

Sorghum is in de regel een droogtetolerant gewas. De vochtbehoefte is op twee momenten in het groeiseizoen echter cruciaal voor een goede pluimontwikkeling, en uiteindelijk een goede opbrengst. Het eerste cruciale stadium is 24 tot 30 dagen na

opkomst, wanneer de pluim gevormd wordt (5^e blad stadium; rond eind juni) – op dit moment wordt een groot gedeelte van het opbrengspotentiaal van het gewas en het aantal zaden per pluim bepaald. Een gebrek aan water, zon, warmte, of voedingsstoffen op dit moment zal een uitwerking hebben op de opbrengst. De temperatuur heeft ook een sterke invloed op de lengte van de stengel (bij een lagere temperatuur blijft de stengel korter), waardoor er bij uitstoeling over het algemeen kortere hoofdstengels dan zijstengels worden aangetroffen als het te koud is.

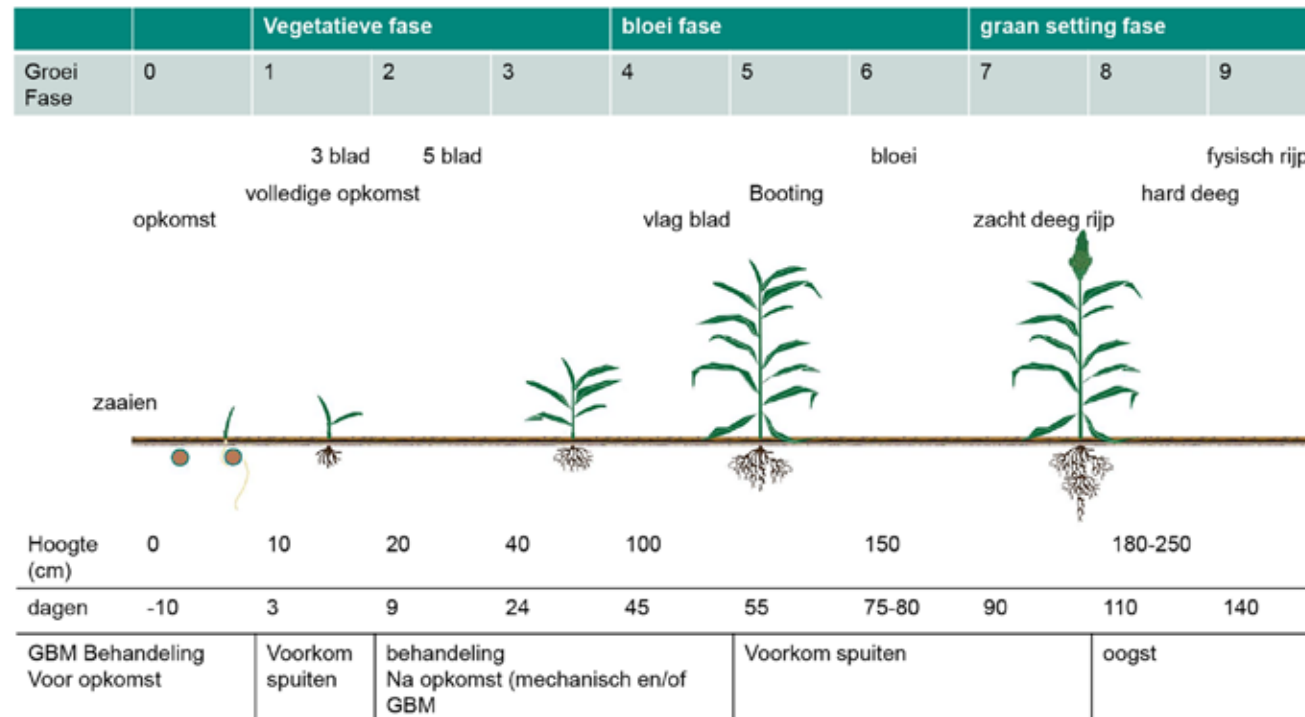


Een kruimelige bodem met een vlak en egaal zaai bed verbetert de opkomst.

Bij een mengsel van mais en sorghum is sorghum in het begin van het groeiseizoen vaak iets kleiner door een tragere beginontwikkeling.

Versil in lengte van de stengels en ontwikkeling van pluimgels en ontwikkeling van pluimgels als gevolg van een te lage temperatuur.

Koude nachten rond de bloei kunnen resulteren in partiële steriliteit waardoor er bij de oogst weinig korrels in de pluim zitten.



Het vormen van de pluim tijdens de zogenaamde pijpfase (rond begin augustus) is een tweede cruciaal moment voor de sorghumplant. De plant zit in deze fase in een maximum aan blad en begint hierbij het vlag blad te tonen, waarbij de pluim nog in de schacht van de plant is ingebed. Het potentieel en de grootte van de pluim wordt in deze fase bepaald. Beregenen bij vocht tekorten in deze fase is sterk aan te bevelen. Wanneer hier stress optreedt zal dit het aantal en de grootte van de pluimen negatief beïnvloeden. Irrigieren op deze twee momenten, is het meest kosteneffectief.

Bloei

Sorghum is primair een zelfbestuiver. De bloei begint bovenin de pluim en gaat in 4 dagen naar de onderste bloemetjes. Dit gebeurt bij vroeg-aangepaste rassen rond 75 dagen na zaai. Met name koude nachten rond de bloei (lager dan 13°C) kunnen bij rassen die niet zijn aangepast aan ons klimaat en/of bij late rassen resulteren in partiële steriliteit, waarbij pollenvorming slecht op gang komt. Dit resulteert in slechte korrelzetting in de pluim. Wanneer bestuiving heeft plaats gevonden, zal korrelzetting na 10 dagen waarneembaar zijn en zullen ongeveer na 30 dagen de korrels volledig zijn ontwikkeld.



Walter de Milliano: “Sorghum gebruikt water op een andere manier dan mais. Twee keer beregenen, tijdens kiem en tijdens stengelstrekking, kan daarom – afhankelijk van de weersomstandigheden – noodzakelijk zijn. Qua efficiëntie van watergebruik doet sorghum het weliswaar beter dan mais, maar dat zegt niet dat sorghum geen water nodig heeft.”



Het beginstadium van pluimvorming. Er is maximaal blad en de pluim is nog in de schacht van de plant ingebed. Beregening op dit moment kan cruciaal zijn.



Sorghum tijdens bloei.



Korrelzetting van sorghum.



Afrijping van sorghum – een gevulde pluim.



5. Oogst en vervoeding

5.1 Oogsten en inkuilen

Sorghum voor ruwvoer kan het beste als kuilvoer ingezet worden, vooral omdat het op deze manier goed opgeslagen kan worden.

Oogsttijdstip in relatie tot droge stof, zetmeel en korrelzetting

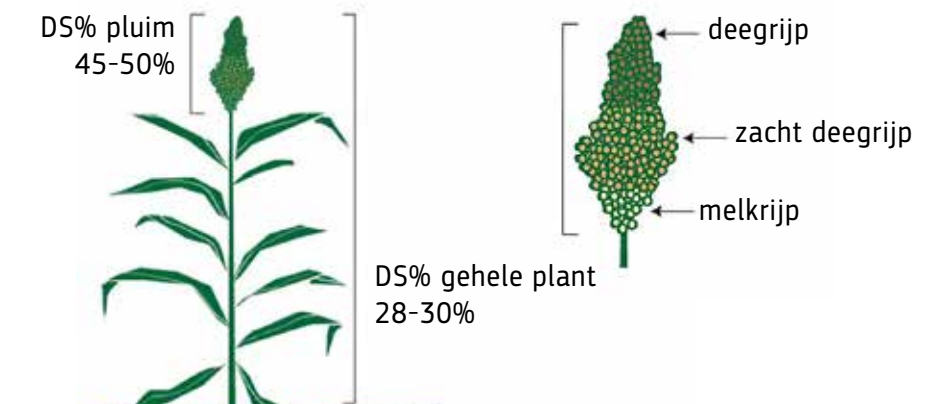
Het vaststellen van het juiste moment om te oogsten / hakselen is essentieel. Het wordt aangeraden om in te kuilen bij een drogestof percentage van 28-32%. De graankorrel is dan gemiddeld tot hard deegrijp en het drogestofgehalte in de pluim is dan 45-50% (bij de zetmeeltypes). Droger dan 32% inkuilen is niet gewenst, omdat de bovenste korrels in de pluim dan te hard worden en niet goed genoeg verteren. Vochtiger inkuilen dan 28% is niet aan te raden, omdat dit persapverliezen oplevert.

De fysiologische rijpheid van het graan kan worden beoordeeld door te kijken de vorming van een donkere (zwarte) vlek bovenop de graan korrel (puntje van het zaad), zoals weergegeven op de foto. Afrijping in de pluim gebeurt van boven naar beneden, net zoals dit tijdens de bloei gebeurt.

Bij mengteelt, maar ook bij aparte percelen mais en sorghum moet de groeicyclus van de mais en de sorghum zo gekozen worden dat beiden in dezelfde periode geoogst worden om hierna bij elkaar in de silagekuil te kunnen. Veelal worden de lagen sorghum op de drogere mais gelegd (lasagnekuil).



Sorghumkorrels met daarop de zwarte vlek die de rijpheid aangeeft.



Figuur 5.1. Schematische weergave van de afrijping van sorghum.

Hakselaar, haksellengte en korrelkneuzers

Het oogsten van sorghum voor ruwvoer gebeurt met een maishakselaar. Bij het hakselen van sorghum dient rekening gehouden te worden met de rijafstand. Het is noodzakelijk om een rijonafhankelijke maïsbeek te gebruiken wanneer de sorghum niet gezaaid is met een rijafstand van 75 cm. Omdat sorghum over het algemeen natter wordt ingekuild dan snijmais is het verstandig om wat grover te hakselen. Anders bestaat de kans dat het product 'moes' wordt, waardoor het lastig is vast te rijden in de kuil. De geadviseerde haksellengte is 10-15 mm afhankelijk van het percentage droge stof.

Met name bij sorghum met een wat hoger drogestofgehalte, kunnen de korrels hard zijn en daardoor zal het zetmeel in de korrels slecht toegankelijk zijn voor microben in de pens. Doordat de korrels bovendien klein zijn, kleiner dan mais, zullen ze ook makkelijker als hele korrel uit de pens verdwijnen en uiteindelijk als hele, onverteerde korrel in de mest terecht komen. Hiermee gaat energie voor het dier verloren. Het kan daarom lonen om de korrels te kneuzen. Dit is echter lastig, omdat sorghumkorrels klein zijn en de rollen van de korrelkneuzer daarom dicht op elkaar moeten staan.

Het hakselen van sorghum kan gewoon met een maishakselaar.



Vers gehakselde sorghum. De korrels worden niet of nauwelijks geraakt.

Er zijn ook sorghumtypes die meerdere malen per jaar geoogst kunnen worden op een vergelijkbare manier als gras, maar dit systeem wordt in Nederland niet toegepast. Het vers voeren kan in bepaalde stadia problemen opleveren met blauwzuurvergiftiging (zie Kader), terwijl blauwzuur tijdens het inkuilproces en bij uitkuilen vervluchtigt en dus geen problemen meer op zal leveren.



Gehakselde sorghum met zwarte graankorrels. De pitjes zijn met een pijl aangegeven.

Inkuilen

Het conserveren van sorghum kan net zoals snijmais in een kuil of in balen. Het voordeel aan balen is dat er weinig risico's aan conservering zitten en de voersnelheid minder belangrijk is. De nadelen zijn de kosten die hier aan verbonden zijn en de beschikbaarheid van machines die deze werkzaamheden



Sorghum kan over mais heen gekuild worden.

Blauwzuurrisico's bij het voeren van sorghum

Onder bepaalde omstandigheden (o.a. snelle vegetatieve groei, oogsten na nachtvorst) kan sorghum cyanogene glucosiden produceren die in extreme mate vergiftiging kunnen veroorzaken. Deze worden geproduceerd in alle onderdelen van de plant, behalve de graankorrels (Gleadow et al., 2016). Door een reactie tussen de glucosiden en waterstof, kunnen de glucosiden omgezet worden in het giftige blauwzuur (HCN) (<https://forages.oregonstate.edu>). Blauwzuurconcentraties zijn giftig voor rundvee vanaf 750 µg (Bennett et al., 1990). Het risico op dusdanig hoge gehalte is met name aanwezig bij begrazing van sorghum, wat in Nederland niet toegepast wordt. In de droge zomer van 2022 is er in Italië wel met koeien op sorghum geweid, wat in enkele gevallen fataal is afgelopen (<https://www.theanimalreader.com/2022/08/20>)

kunnen uitvoeren. Inkuilen kan zowel in een losse kuil als gemengd met mais. In de praktijk wordt sorghum vaak ingekuild met mais. De reden hiervoor is dat sorghum meestal een klein gedeelte van het areaal beslaat, waardoor een extra kuil aanleggen niet altijd past in de bedrijfsvoering. Daarnaast kan

Praktijkervaring hakselen

Verschillende sorghumrassen van proefvelden van DSV werden door de familie Maas in Afferden gehakseld en ingekuuld bij de 1-dag eerder geoogste mais. Ondanks gelijke instellingen van de hakselaar bij het hakselen van mais en van sorghum, kwam sorghum in kleinere delen uit de hakselaar dan snijmais. Dit is mogelijk veroorzaakt doordat sorghum vochtiger was bij hakselen. Bovendien werden de korrels van sorghum niet door de korrelkneuzer van de hakselaar geraakt, waardoor er nog pitjes teruggevonden worden in de kuil.

de mais eventuele perssappen van de sorghum opnemen. Het nadeel aan deze werkwijze is dat het lastiger sturen is bij de vervoeding. Een aparte sorghumkuil geeft meer flexibiliteit in het samenstellen van een rantsoen. Bij kans op veel perssap door lage drogestofgehaltenes kan ervoor gekozen worden om de bodem van de kuil te bedekken met gehakseld stro of een vergelijkbaar product. Om het inkuilproces goed te laten verlopen kan op dezelfde zaken gelet worden als bij snijmais: een drogestofgehalte van minimaal 28%, uniform hakselen en goed aanrijden om zuurstofintrede te verminderen.

Inkuilduur en korrelhardheid

Omdat de sorghum korrel kleiner is dan die van mais zal deze met de korrelkneuzer in de hakselaar amper geraakt worden. De korrelhardheid is daarom van groot belang bij het voeren van een sorghumkuil. DSV Zaden heeft gekeken naar het effect van inkuilen op de korrelhardheid bij sorghum en mais. Hierbij is de korrelhardheid van sorghum en mais gemeten rondom het oogstmoment en na een inkuilperiode van 6 weken. Bij de oogst bleken de maiskorrels harder dan de sorghumkorrels, maar tijdens het conserveringsproces werden alle korrels zachter dankzij het vrijkomende vocht en de optredende fermentatieprocessen. Dit vergemakkelijkt de afbraak van zowel de mais- als de sorghumkorrels in de pens en maakt het gebruik van een korrelkneuzer minder noodzakelijk. Vanwege het kleine formaat van de sorghumkorrels blijft het echter mogelijk dat korrels aan fermentatie in de pens kunnen ontsnappen. Dit zal vooral bij wat verder afgerijpte, drogere kuilen gebeuren.



Bij het zeven van mest blijken sorghumkorrels (pitjes) soms onverteerd in de mest terecht te komen, als gevolg van het kleine formaat van de korrels. Bovendien voer je met sorghum veel meer korrels dan met mais.

5.2 Voederwaarde van sorghum

Chemische samenstelling

Het eiwitgehalte van sorghum is vergelijkbaar – soms iets hoger – met dat van snijmais en is relatief laag: waar het eiwitgehalte van sorghum rond de 80 gram per kg droge stof ligt, kan het eiwitgehalte van gras tot boven de 200 gram per kg droge stof oplopen. Sorghum levert vooral structuur (zichtbaar in het kenmerk ruwe celstof) en energie (bijvoorbeeld in de vorm van zetmeel of suiker). Structuur is belangrijk voor de stevigheid van de plant tijdens de teelt, maar ook voor het dier in verband met het stimuleren van de pensactiviteit. Eén van de belangrijkste kenmerken voor het beoordelen van voedermiddelen is de VEM. Deze wordt grotendeels bepaald door de verteerbaarheid van de organische stof (VCOS%).

Uit Tabel 5.1 blijkt duidelijk dat er grote verschillen zitten tussen verschillende partijen sorghum, maar ook tussen jaren. De VEM lag gemiddeld rond 800, met een range van 622-973. Dit is weliswaar lager dan voor snijmais en graskuil (met een VEM van 850-950), maar hoger dan bijvoorbeeld tarwestro (met een VEM van 425) of luzerne (met een VEM van 670). Het zetmeelgehalte van sorghum lag rond de 200 met een range van 43 tot 394. Bepalend hierbij zijn het ras (structuur- of zetmeeltype) en de weersomstandigheden van het groeiseizoen en rond de oogst. Het jaar 2021 was een relatief nat jaar ten opzichte van 2020 en 2022. Dit komt tot uiting in het lagere zetmeelgehalte als gevolg van de slechtere afrijping. In Tabel 5.2 zijn voederwaardekenmerken zoals gemeten in 2021 opgesplitst in structuur-, zetmeel- en BMR-types.

Tabel 5.1. De gemiddelde chemische samenstelling van verschillende partijen verse sorghum over de jaren 2020-2022. De verschillende sorghumtypes zijn hierbij samengevoegd.

Jaar	Aantal		Ruw eiwit g/kg DS	Ruwe celstof g/kg DS	Zetmeel g/kg DS	Suiker g/kg DS	VCOS ¹ %	VEM per kg DS
2022	11	Gemiddelde	79	235	214	74	66,0	807
		Range van	55	177	43	31	58,4	692
		Range tot	95	291	342	213	76,1	973
2021	23	Gemiddelde	73	273	118	136	65,0	789
		Range van	50	158	13	38	53,2	622
		Range tot	91	401	335	238	77,0	953
2020	23	Gemiddelde	89	219	226	88	68,0	847
		Range van	79	164	32	37	55,9	657
		Range tot	103	299	394	156	76,2	981

¹ Veteerbaarheid van de organische stof.

Tabel 5.2. Chemische samenstelling (met klassieke, nat chemische analyse) en aan de hand hiervan berekende VEM, uitgesplitst naar sorghumtype – op basis van praktijkmetingen in 2021.

Type		DS g/kg	Ruw eiwit g/kg ds	Ruwe celstof g/kg ds	Zetmeel g/kg ds	Suiker g/kg ds	VCOS %	VEM per kg ds
Alle n ¹ =23	Gemiddeld	290	73	273	119	135	65	788
	Range van	215	50	158	<10	38	53	622
	Range tot	401	91	401	335	238	77	953
Zetmeel n ¹ =9	Gemiddeld	296	73	252	152	136	67	820
	Range van	259	50	158	20	38	65	795
	Range tot	401	91	292	335	222	72	898
Structuur n ¹ =9	Gemiddeld	301	75	318	96	103	58	689
	Range van	266	57	253	<10	45	53	622
	Range tot	340	87	401	139	153	61	748
BMR ² n ¹ =5	Gemiddeld	253	70	250	86	187	74	913
	Range van	215	60	208	13	108	71	851
	Range tot	278	91	331	167	238	77	953

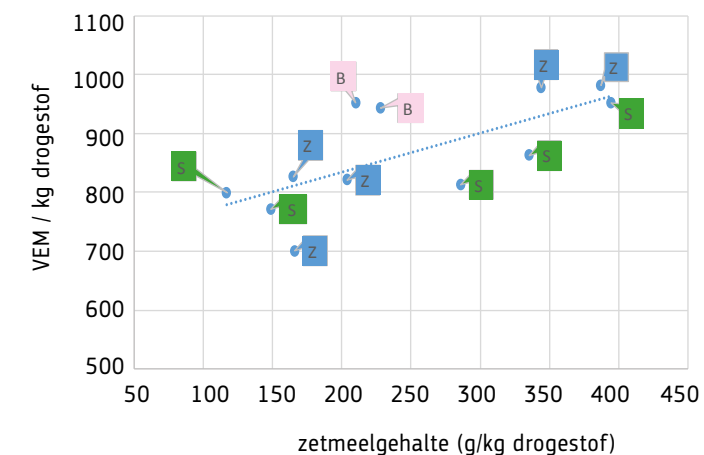
¹ n staat voor aantal metingen, ² BMR=Brown Mid Rib: Bij dit type zijn de celwanden beter verteerbaar. BMR staat als een aparte categorie, omdat hier zowel zetmeel- als structuurtypes onder kunnen vallen. Bovendien rijpt dit type vaak wat trager af, waardoor het zetmeelgehalte van het zetmeeltype lager is dan van andere zetmeeltypes.

Uit Tabel 5.2 blijkt duidelijk dat de zetmeeltypes inderdaad een hoger zetmeelaandeel hebben, terwijl het ruwe celstofgehalte hoger is in de structuurtypes. Dit heeft ook effecten op de verteerbaarheid en de VEM – deze is duidelijk hoger in de zetmeeltypes dan in de structuurtypes. De VEM blijkt het hoogst in de BMR types, omdat bij deze rassen de verteerbaarheid van de celwanden en daarmee ook de verteerbaarheid van de organische stof hoger is. Nadeel van de BMR types is dat deze trager afrijpen. Daardoor blijft het zetmeelgehalte achter vergeleken met de zetmeeltypes.

Voederwaarde analyses

In agrarische laboratoria wordt de chemische samenstelling over het algemeen bepaald met NIRS (Near Infra Red Spectrometrie). Hierbij wordt door middel van terugkaatsende lichtgolven berekend wat de chemische samenstelling is, op basis van een dataset van nat chemische analyses. Voor producten als snijmais en graskuil werkt dit inmiddels goed, maar omdat sorghum een relatief nieuw product is in Nederland, was de dataset hiervan nog beperkt. Analyses van verse sorghum die in dit hoofdstuk weergegeven zijn, zijn dan ook niet uitgevoerd met NIRS, maar met de nat chemische analyse. Inmiddels is de dataset bij Eurofins groot genoeg voor een goede NIRS ijklijn en kan sorghumkuil met NIRS geanalyseerd worden.

De afgelopen jaren is door veredelingsbedrijven ingezet op rassen die afrijpen onder Nederlandse omstandigheden en voldoende opbrengst hebben, maar ook energie en zetmeel bevatten (zetmeeltypes). Omdat er ook BMR-types en structuurtypes geteeld worden, is er in Nederland een flinke spreiding in voederwaarde van de verschillende sorghumrassen aanwezig. Dit is duidelijk zichtbaar in de geanalyseerde voederwaarde van een praktijkvergelijking in 2020 (Figuur 5.2). Een aantal zetmeeltypes had een hoge VEM en een hoog zetmeelgehalte, terwijl een aantal structuurtypes een wat lagere VEM had in combinatie met een wat lager zetmeelgehalte. De BMR-types combineren een relatief laag zetmeelgehalte juist met een relatief hoge VEM, als gevolg van de hogere celwandverteerbaarheid. Een aantal rassen lijkt hier minder te presteren dan andere rassen. Het is echter wel belangrijk om hierbij te beseffen dat het metingen zijn uit 2020. De invloed van het weer op de beginontwikkeling of de pluim- en graanontwikkeling speelt hier een belangrijke rol.



Figuur 5.2 Het zetmeelgehalte uitgezet tegen de VEM in verschillende sorghumrassen in 2020. In de grafiek is onderscheid gemaakt tussen structuurtypes (S), zetmeeltypes (Z) en BMR-types (B).

Verteerbaarheid en fermentatie van sorghum in de koe

In bedrijfslaboratoria wordt gebruikgemaakt van een laboratorium methode om de verteerbaarheid van voedermiddelen voor melkvee vast te stellen. In 2019-2022 zijn er verschillende proeven uitgevoerd om vast te stellen of deze methode ook toepasbaar is voor sorghum. Dit soort proeven waren voor sorghum nog niet eerder in Nederland en België uitgevoerd. In België is de werkelijke verteerbaarheid van sorghum in het dier (hamels = gecastreerde rammen) gemeten en vergeleken met de laboratoriummethode. Beide methodes kwamen goed overeen, dus de laboratoriummethode kan goed gebruikt worden voor het inschatten van de verteerbaarheid in de koe.

Op de Dairy Campus is de afbraak van sorghum in de pens van melkkoeien gemeten. Hierbij bleek dat sorghum met een hoger drogestof- en een hoger zetmeelgehalte zorgt voor meer bestendig zetmeel in de pens dan sorghum met een lager drogestofgehalte. Bij een drogere sorghumkuil komt dan relatief meer zetmeel beschikbaar in de darmen.

Alle data van de dierproeven en de meeste chemische analyses uit verschillende teeltproeven zijn door het Centraal Veevoederbureau (CVB) gebruikt om van sorghum een voederwaarde in te schatten. Sinds najaar 2022 is het product dan ook toegevoegd aan de veevoedertabel.



5.3 Sorghum in het rantsoen - Voeropname en melkproductie op Dairy Campus

Opzet van de proef

In een proef op Dairy Campus is een ras van een zetmeeltype getest op voeropname en melkproductie van koeien. In de proef zijn vier verschillende rantsoenen getest, waarbij mais voor 0%, 33%, 66% of 100% werd vervangen door een goede kuil van sorghum (hoog zetmeel, hoge VEM – zie kader).

Verslag van een sorghumkuil (zetmeeltype) met hoge VEM (gebruikt in proef op Dairy Campus): de kuil had een iets lager zetmeelgehalte en een lagere verteerbaarheid (en daarmee ook een lagere VEM) dan snijmais. Analyses op dit voorbeeldverslag zijn bepaald met NIRS.

Frank Mijs, melkveehouder in Bladel: ‘Bij het voeren van sorghum zagen we een positief effect op melkvetgehalte en de mest werd dikker. Volgens mij moet je sorghum niet zien als een vervanger voor snijmais, maar als een extra aanvulling in het rantsoen, bijvoorbeeld als een smakelijke structuurbron – die ook nog eens meer energie levert dan andere structuurbronnen. Een interessante aanvulling op het rantsoen.’

Resultaat in gram/kg, tenzij anders vermeld.	Resultaat product	droge stof	Streeftraject	Gemiddelde	Resultaat droge stof	Streeftraject	Gemiddelde
DS	357			280	Ruw as	48	45
pH	4,0			3,9	VCOS (%OS)	73,7	68,3
Azijnzuur	< 1				NH ₃ -fractie (%RE)	7	5
Melkzuur	35				Nitraat	0,6	
VEM	330	923		819	Ruw eiwit	75	80
VEVI	343	960		820	Ruw eiwit totaal	81	84
DVE	19	52		29	Oplosbr.ruw eiwit(%RE)	49	
OEB	-14	-38		-6	Ruw vet	30	25
VOS	251	702		653	Ruwe celstof	184	275
FOSp	246	689		544	Suiker	< 12	20
OEB 2 uur	-4	-10		28	Zetmeel	327	30
FOSp 2 uur	151	422		219	NDF	362	517
Structuurwaarde	2,1			3,2	NDFvert.br.hd(%NDF)	29,0	
Verzadigingswrd.	0,97			1,15	ADF	231	
					ADL	26	

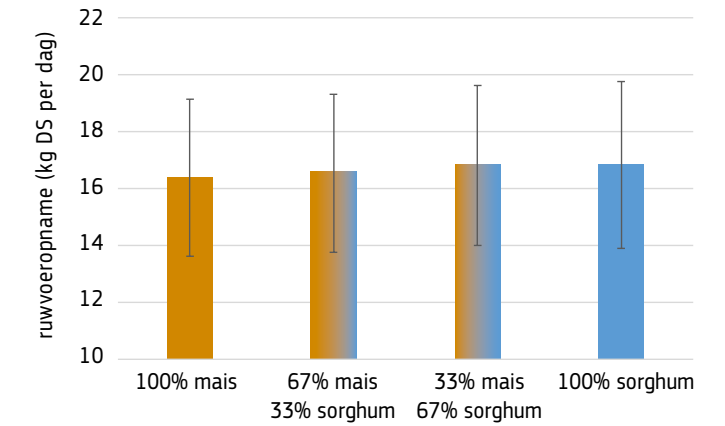
Opname en melkproductie

Alle vier rantsoenen werden goed opgenomen door de koeien. Uiteindelijk bleek de opname van het 100% sorghumrantsoen zelfs nog iets hoger te zijn dan die van het 100% maisrantsoen (Figuur 5.3). De melkproductie was juist wat lager op het sorghumrantsoen (Figuur 5.4). Het vetgehalte was iets hoger op het sorghumrantsoen: 4.68% op sorghum tegenover 4.55% op mais, waardoor de hoeveelheid meetmelk (gecorrigeerd voor vet en eiwit) niet significant verschillend was tussen het sorghum- en het maisrantsoen (Klop en Bruinenberg, 2023). Het hogere vetgehalte is veroorzaakt door het hogere structuurgehalte van sorghum. Dit wordt ook gezien in de praktijk.

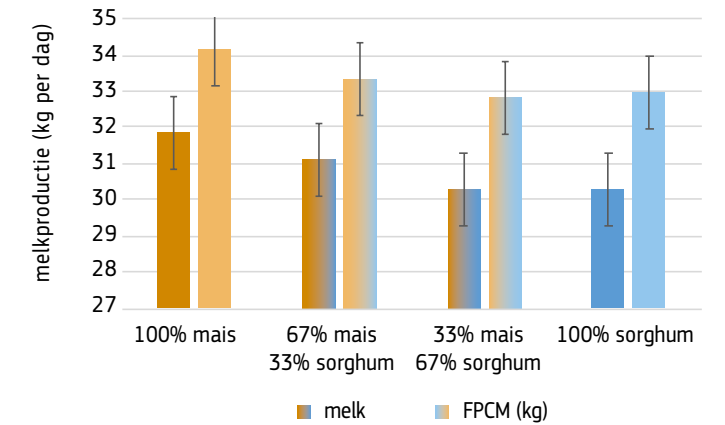
Zetmeelvertering

In de mest van de dieren met veel sorghumsilage werden relatief veel pitten terug gevonden. Dit betekent dat een deel van het zetmeel niet verteerd is, waarmee ook de werkelijke energieopname voor melkproductie lager is. Een chemische analyse van de mest gaf inderdaad aan dat in de rantsoenen met sorghum meer zetmeel in de mest zat dan bij de rantsoenen met mais (Klop en Bruinenberg, 2023). Het totale zetmeelaandeel in de rantsoenen met mais was juist hoger dan in de rantsoenen met sorghum. De hoge bestendigheid van de sorghumpitten is waarschijnlijk veroorzaakt door het hogere drogestofgehalte (36%) van de sorghumkuil. Door het kleine formaat zijn de sorghumkorrels bij het hakselen nauwelijks geraakt. De droge, onbeschadigde korrel zal dan eenvoudig onaangetast door de pens gaan.

De droge sorghumkuil met harde pitten zorgde ervoor dat er relatief veel pitten onverteerd in de mest terecht kwamen.



Figuur 5.3 De ruwvoeropname van een gemengd rantsoen met mais of met sorghum of een mengsel hiervan (door lacterende melkkoeien).



Figuur 5.4 Melkproductie bij verschillende hoeveelheden sorghum in het rantsoen. FPCM = vet- en eiwit-gecorrigeerde melk.



Melkureum

Het ureumgehalte in de melk nam toe bij vervanging van mais door sorghum. Dit lag met name aan het niet optimaal benutten van zetmeel in pens. De sorghumkuil die gebruikt was, had een hoog drogestofgehalte en een hoog zetmeelgehalte. Deze was dan ook mogelijk zeer bestendig in de pens – wat ook is gebleken uit het fermentatieonderzoek met deze zelfde sorghumkuil. Hierdoor was de verhouding tussen energie en eiwit in de pens mogelijk niet optimaal en was er een overmaat aan eiwit. Het hoge ureumgehalte is ook in de praktijk wel waargenomen (Zie kader “Praktijkervaring opname en melkproductie”). Dit kan voorkomen worden door sorghum iets minder droog te oogsten. Er komt dan meer energie vrij op pensniveau, zodat er de balans tussen eiwit en energie gunstiger is. Dit verbetert de eiwitbenutting. Een verhoging van melkureum komt dan ook zeker niet in alle situaties voor waarin sorghum gevoerd wordt.



De koeien uit de voederproef liggen rustig te herkauwen. Dit wordt gestimuleerd door structuur in het rantsoen.

Frank Mijs, melkveehouder in Bladel:

“Toen we in 2017 begonnen met het voeren van sorghum, zagen we direct een stijging in het melkvetgehalte. In het melkureumgehalte hebben we geen veranderingen waargenomen”.



Het gevoerde ruwvoer tijdens de proef op Dairy Campus.

Praktijkervaring opname en dierproductie

Bij een test bij Mts Maas werd de sorghum achter de gehakselde mais gekuuld. De maiskuil uit het winter-rantsoen is geleidelijk vervangen door de sorghumkuil en daarna is er een maand lang sorghum gevoerd. Er was geen verschil in liters melk te zien, ondanks de lagere VEM van sorghum (658 tegenover 975 van snijmais). Het melkvetgehalte steeg met ongeveer 0,1% terwijl het melkeiwitgehalte daalde met 0,1%. Het ureumgehalte steeg van 20 naar 30. De lichte stijging in het vetgehalte is waarschijnlijk veroorzaakt door het hogere aandeel structuur en celwanden. Echter, de balans in het rantsoen was suboptimaal – er was minder energie op pens- en darmniveau beschikbaar, waardoor de pens een overmaat aan eiwit had. Hierdoor is eiwit verloren gegaan in de vorm van ureum. Een beter passend krachtvoer en een uitgebalanceerd rantsoen zouden dit voorkomen hebben.

Diergezondheid

In een buitenlandse studie is een positief effect van sorghum op diergezondheid (antioxidanten in het bloed en melk) aangetoond. De opname (ongeveer 23kg droge stof per dag), melkproductie (ongeveer 30kg per dag) en gehalten waren gelijk voor het rantsoen met maiskuil en dat met sorghumkuil (sorghum 25% van totaal rantsoen; beide een VCOS van ongeveer 65%). Behalve de positieve effecten van antioxidant in het bloed, is ook een significant effect op onverzadigde vetzuren in de melk als gevolg van het voeren van sorghum waargenomen (Khosravi et al., 2018).

Methaanuitstoot

In de proef op Dairy Campus is ook de methaanemissie van de dieren gemeten door middel van zogenaamde Greenfeed boxen. De totale dagproductie en de methaanuitstoot per kg voer waren niet verschillend tussen de geteste rantsoenen. Echter, omdat er kleine verschillen in melkproductie waargenomen zijn, was de methaanintensiteit (methaan uitgedrukt per kg meetmelk) hoger bij het rantsoen waar mais volledig was vervangen door sorghum.



De koeien namen het sorghumrantsoen prima op.



6. Economie en regelgeving

6.1 Kosten en baten

Kosten

De kosten van de teelt van gewassen kunnen het beste in beeld gebracht worden met een saldoberekening. Omdat de teelt van sorghum veel overeenkomsten heeft met de teelt van mais, zijn in Tabel 6.1 de teeltkosten van deze beide gewassen vergeleken. Qua teeltkosten verschillen beide gewassen in de kosten voor beregenen, bemesting, zaaizaad en gewasbescherming.

Beregenen Voorberegenen is een gemiddeld verschil tussen het aantal keer beregenen van sorghum en snijmais gerekend. Snijmais moet gemiddeld iets eerder en iets vaker beregend worden. Dit verschil was over de jaren 2020-2022 twee beregeningsbeurten per teeltseizoen. Dit wil zeggen dat bij matige droogte sorghum zonder beregenen kan, terwijl snijmais 2 keer beregend moet worden. Bij een zeer droge zomer moet sorghum 2 keer beregend worden en snijmais op eenzelfde grondsoort 4 keer.

Bemesting Voor bemesting wordt bij sorghum gerekend met het aanwenden van 30 m³/ha rundveedrijfmest en voor de bemesting van snijmais wordt gerekend met 30 m³/ha rundveedrijfmest plus kali bemesting plus rijenbemesting met kunstmest. In deze kostprijsberekening wordt niet gerekend met eventuele opbrengsten of kosten van de drijfmest zelf, omdat dit over de verschillende regio's in Nederland zeer wisselend is. De kostprijs voor de kunstmestsoorten kunnen flink variëren. Er is in dit voorbeeld daarom gerekend met een realistische aangenomen waarde.

Gewasbescherming Voor gewasbescherming wordt bij sorghum gerekend met twee toepassingen: één voor opkomst bespuiting en één na opkomst bespuiting. Bij snijmais vind in de praktijk doorgaans na opkomst één bespuiting plaats, dus daarvoor is met één toepassing gerekend.

Vanggewas Voor het vanggewas na de teelt wordt er zowel voor mais als voor sorghum gerekend met het inzaaien na de oogst plus de kosten voor 20 kg/ha Italiaans raaigras als vanggewas.

Tabel 6.1. De teeltkosten van sorghum en snijmais.

Activiteit	Sorghum (€)	Snijmais (€)	Vershil (€)
Grondbewerking + zaaiklaar maken	175	175	-
Bemestingskosten ¹	105	130	25
Zaaizaad	125	200	75
Arbeid zaaien	75	75	-
Gewasbeschermingsmiddelen	100	75	-25
Arbeid gewasbescherming (2x)	70	35	-35
Beregenen (0x) ²	-	500	500
Oogsten	450	450	-
Vanggewas zaaizaad + arbeid ³	115	115	-
Totaal	1.215	1.755	540

¹ bemesten sorghum: €30 m³/ha x €3,5/m³ = €105;

bemesten snijmais: €105 + €25 (150 kg/ha kali 60)

² beregenen afhankelijk van mogelijkheid en noodzaak;

³ €80 (zaaien) + €35 (Italiaans raaigras 20 kg/ha).

Baten

Het is lastig om de financiële baten van sorghum nauwkeurig in kaart te brengen. Dit komt onder andere door het onderscheid in sorghumtypes en door onduidelijkheden rondom de berekening van VEM en DVE die worden gebruikt in de berekening van voederprijzen via het systeem van WUR Livestock. Het is in de laatste jaren wel duidelijk geworden dat de combinatie van opbrengst en voederwaarde van sorghum lagere financiële opbrengsten geven dan snijmais (onder optimale teeltomstandigheden). Dit komt met name door de goede combinatie van opbrengst én voederwaarde van mais.

Naast de hardere financiële kenmerken zoals weergegeven is in Tabel 6.1 (voordelen met betrekking tot berekening, zaaien en kunstmest) worden door boeren ook nog enkele “zachtere” positieve punten aangegeven:

- Hardere klauwen, gezonde vacht
- Structuurwaarde met voedingswaarde dus minder verliezen in de pens.

- Een verbetering van de diergezondheid: een aantal Franse boeren heeft aangegeven aan dat ze sorghum in het rantsoen opnemen, omdat dit de gezondheid van dieren verbetert.
- Geiten starten beter op in de lammertijd.
- Stijging vetgehalte in melk. Dit laatste werd met name gezien in het eerste jaar dat er sorghum gevoerd werd. Het is een effect van meer structuur voeren.
- Het gewas loopt minder risico's bij droge periodes (met uitzondering van cruciale fase rond kiemen en stengelstrekking).
- Het gewas kan voordelen bieden met betrekking tot de bemestingsruimte: omdat er minder mest voor sorghumteelt nodig is, kan dit ergens anders ingezet worden.

6.2 Regelgeving

Sorghum is een relatief nieuw gewas in Nederland. Sinds 2022 is het nationaal erkend als een graangewas door NVWA en CTGB en ook op de site van RVO wordt het inmiddels als apart gewas weergegeven. Met betrekking tot stikstofgebruiksnormen valt het onder “Akkerbouwgewassen, overig”. Dat houdt in dat op zuidelijke zandgrond in totaal 148 kg stikstof gegeven mag worden (en op klei 200 kg stikstof).

Met het ingaan van het 7^e actieprogramma nitraatrichtlijn water vanaf 2023 is het verplicht gesteld om eens in de vier jaar een rustgewas op zand- en lössgronden te telen. Deze rustgewassen zijn goed voor de kwaliteit van water en boden

en verminderen de kans op stikstof en fosfaatuitpoeling, bijvoorbeeld door diepere beworteling en organische stofopbouw. Sorghum valt – net als tijdelijk en blijvend grasland – onder de rustgewassen en kan dus eventueel roteren met mais of andere akkerbouwgewassen. Bovendien valt het gewas binnen de regelgeving als gewasdiversificatie / 3^e gewas naast gras en mais.

Sinds 2023 is het op zandgrond ook verplicht gesteld om uiterlijk op 1 oktober een vanggewas gezaaid te hebben, behalve als een gewas op de winterteelten lijst staat. Sorghum als snijmais staat tijdens het schrijven van deze brochure niet op die lijst. Ook voor sorghum is dus een vanggewas nodig. Deze eis kan door de jaren heen wijzigen.



Literatuur en verwijzingen

- Bekele, W.A., Fiedler, K., Shiringani, A., 2013. Unravelling the genetic complexity of sorghum seedling development under low-temperature conditions. *Plant, Cell & Environment*. Volume 37, Issue 3, pages 707–723, March 2014.
- Bennett, W.F., Tucker, B.B., Maunder, A.B., 1990. Modern grain sorghum production. *Iowa state Pr.*, 178 pp.
- Cattani, M., Guzzo, N., Mantovani, R., Bailoni, L., 2017. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 8: 15.
- De Wit, J., Van Eekeren, N.J.M., 2015. Sorghum in Nederland. Resultaten van diverse experimenten in 2015. Publicatienummer 2015-055 LbD, Louis Bolk Instituut, Bunnik.
- Deru, J.G.C., Van de Goor, S., Van Eekeren, N.J.M., De Vliegheer, A., Pannecouque, J., Van Waes, J., 2018. Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij. Proeven met rassen, zaaidichtheid en bemesting in Nederland en Vlaanderen. Louis Bolk Instituut, publicatie 010 LbD. i.s.m. ILVO.
- Emile, J.C., Al-Rifaï, M., Charrier, X., Leroy, P., Barriere, Y., 2006. Grain sorghum silages as an alternative to irrigated maize silage. *Grassland Science in Europe*, 11, 80-82.
- Gidding, F., 2021. Does sorghum need rain boots? The effect of waterlogging on four newly developed sorghum varieties. Student Report Radboud University.
- Gleadow, R.M., Ottman, M.J., Kimbali, B.A., Wall, G.W., Pinter, P.J., Lamotte, R.L., Leavitt, S.W., 2016. Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO₂ are age dependent. *Field crop Research* 185, 97-102.
- Hermuth, J., Janovska, D., Cepkova, P.H., Ustak, S., Strasil, Z., Dvorakova, Z., 2016. Sorghum and foxtail millet – promising crops for the changing climate in central Europe. *Alternative crops and cropping systems (Book, chapter 1)*, 27 p. Doi: 10.5772/62642.
- Kasper, G.J., 2017. Teelt van sorghum als voedergras lijkt perspectiefvol in Nederland. Wageningen Livestock Research Rapport 1064, Wageningen.
- Kasper, G.J. en H. Schilder, 2019. Vergelijking enkele sorghumgewassen met snijmais op zandgrond. Verslag van een éénjarige veldproef 2018. Wageningen Livestock Research Rapport 1143, Wageningen.
- Keidel, H., Van Eekeren, N.J.M., 2022. Aaltjes in sorghum en mais vergeleken. *V-focus januari 2022*, 32-35.
- Khosravi, M., Y. Rouzbehan, M. Rezaei en J. Rezaei, 2018. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101, 10953-10961.
- Klop, A., Bruinenberg, M., 2023. Sorghumsilage voor melkvee. Voeropname, melkproductie en resultaten van verteringsonderzoek. Rapport Wageningen Livestock Research.
- Lamers, J.G., Van Rozen, K., 2014. Het bodemschimmelschema. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Wageningen UR, PPO nr. 3250227400-2.
- Lemaire, G., Charrier, X. Hébert, Y., 1996. Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. *Agronomie* 16, 231-246.
- Marks, C.F., Townshend, J.L. 1973. Multiplication of the root lesion nematode *Pratyichus penetrans* under orchard cover crops. *Canadian Journal of Plant Science* 53: 187–188.
- McSorley, R., Dickson, D.W., DeBrito, J.A., Hochmuth R. C., 1994. Tropical rotation crops influence nematode densities and vegetable yields. *Journal of Nematology* 26: 308–314.
- McSorley, R., Gallaher, R.N. 1991. Nematode population changes and forage yields of six corn and sorghum cultivars. *Supplement to Journal of Nematology* 23: 673–677.
- Mojtahedi, H., Santo, G.S., MIngham, R.E., 1993. Suppression of *Meloidogyne chitwoodi* with sudangrass cultivars as green manure. *J. Nematol.* 25, 303-11.
- Nagel, J. 1859. De sorghum *saccharatum* als voedergras. Drukkerij P.D. van Es.
- Sawargaonkar, G.L., Patil, M.D., Wani, S.P., Pavani, E., Reddy B.V.S.R., Marimuthi, S., 2013. Nitrogen response and water use efficiency of sweet sorghum cultivars. *Field Crop Research* 149, 245-251.
- Schittenhelm, S., Schroetter, S., 2014. Comparison of Drought Tolerance of Maize, Sweet Sorghum and Sorghum-Sudangrass Hybrids, In: *Journal of Agronomy and Crop Science*, Blackwell Verlag GmbH, 200, 46–53
- Singh, V., Van Oostrum, E.J., Jordan, D.R., Messina, C.D., Cooper M., Hammer, G.L., 2010. Morphological and architectural development in root systems in sorghum and maize. *Plant Soil* 333, 287–299.
- Squire, G.R. 1990. Effects of changes in climate and physiology around the dry limits of agriculture in the tropics. In: M. Jackson et al., eds, *Climate change and plant genetics resources*, pp 116-147. Bellhaven Press, London, UK.
- Stone, L.R., Goodrum, D.E., Schlegel, A.J., Jaafar M.N., Khan, A.H., 2002. Water depletion depth of grain sorghum and sunflower in the central plains. *Agron.J.* 94, 936–943.
- Subbarao, G.V., Nakahara, K., Ishikawa, T., Ono, H., Yoghida, M., Yoshihashi, T., Zhu, Y., Zakir, H.A.K.M., Deshpande, S.P., Hash, C.T., Sahrawat, K.L., 2013. Biological nitrification inhibition (BNI) in sorghum and its characterization. *Plant and Soil* 366, 243-259.
- Tesfamariam, T., Yoshinaga, H., Deshpande, S.P., Srinivasa Rao, P., Sahrawat, K.L., Ando, Y., Nakahara, K., Hash, C.T., Subbarao, G.V., 2014. Biological nitrification inhibition in sorghum: the role of sorgoleone production. *Plant soil* 379
- Thivierge, M. N., Chantigny, M.H., Seguin P., Vanasse, A., 2016. Sweet pearl millet and sweet sorghum have high nitrogen uptake efficiency under cool and wet climate. *Nutrient cycling in agroecosystems* 102, 195-208.
- Thivierge, M., Angers, D.A., Chantigny, M.H., Seguin P., Vanasse, A., 2016. Root traits and carbon input in field-grown sweet pearl millet, sweet sorghum and grain corn. *Agronomy Journal* 108, 459-471.
- Timmermans, B., Van den Berg, M., 2019. Stepping stones towards saline organic production systems. Louis Bolk Instituut, publicatie 2019-032 LbP.
- Van Agtmaal, M., De Wit, J., Van Eekeren, N.J.M., 2020. Stikstofbenutting van sorghum. Resultaten van 2 jaar bemestingsproeven. Louis Bolk Instituut, publicatie 2020-014 LbD.
- Van Agtmaal, M., Bruinenberg, M., Van Eekeren, N.J.M., 2021. Stikstofbenutting van sorghum. *V-focus mei 2021*, pp 27-29.
- Van den Akker, J., Deru, J., Sleiderink, J., Van Agtmaal, M., Noij, G., Heinen, M., 2021. Effecten van sorghum en mais op bodem en gewas op een verdichte zandgrond. *WUR Rapport* 3081.
- Van de Goor, S., Van Eekeren, N.J.M., De Vliegheer, A., Pannecouque, J., Vandecasteele, B., Van Waes, J., 2017. Sorghum als derde gewas in de melkveehouderij. *Perspectieven van rassen en gewasrotatie in beeld*. Louis Bolk Instituut, publicatie 2017-006 LbD.
- Zadoks, J.C. 1981. Een decimale code voor de ontwikkelingsstadia van granen. *Gewasbescherming* 12, 219.229.
- Zegada-Lizarazu, W., Zatta, A., Monti, A., 2012. Water uptake efficiency and above- and belowground biomass development of sweet sorghum and maize under different water regimes. *Plant soil* 341, 47-60.

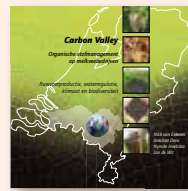
Ook verschenen in deze reeks voor een duurzame melkveehouderij

Vind, download of bestel: louisbolk.nl/publicaties

BODEM



Bodemsignalen grasland Praktijk-gids voor optimaal bodemmanagement op melkveebedrijven
ISBN 9789087402433



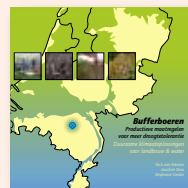
Carbon Valley Organische stofmanagement op melkveebedrijven: Ruwvoerproductie, waterregulatie, klimaat en biodiversiteit
2018-002 LbD



Bodemkwaliteit op veengrond Effecten van drie maatregelen op een rij
2016-013 LbD



Goud van Oud Grasland Bodemkwaliteit onder jong en oud grasland op klei
2016-011 LbD



Bufferboeren Productieve maatregelen voor meer droogte-tolerantie: Duurzame klimaatoplossingen voor landbouw & water
2015-028 LbD



Regenwormen op het melkveebedrijf Handreiking voor herkennen, benutten en managen
2014-004 LbD



Terug naar de graswortel Een betere nutriëntenbenutting door een intensievere en diepere beworteling
2011-023 LbD



Van schraal naar rijk zand Beoordeling van en maatregelen voor verbetering van zandgrond op melkveebedrijven
LV69



Leven onder de graszode Discussiestuk over het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij
LV52

GRASLAND



Biologie & beheersing van Jacobskruid
2013-004 LbD



Graslandsignalen Praktijk-gids voor optimaal graslandmanagement
ISBN 9789087400071



Ridderzuring beheersen Stand van zaken in onderzoek en praktijk
LV56



De kracht van klaver Handleiding voor de teelt en voeding van grasklaver
LV59



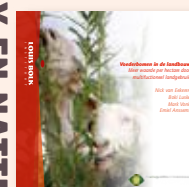
Handboek Grasklaver
LV54



Witte klaver doorzaaien in bestaand grasland Een handleiding voor de praktijk
LV36



Agroforestry op het landbouwbedrijf Bomen en struiken inpassen. Hoe pak je dat aan in Noord-Holland?
2020-033 LbP



Voederbomen in de landbouw Meer waarde per hectare door multifunctioneel landgebruik
2014-029 LbD



Natte teelten voor het veenweidegebied Verkenning van de mogelijkheden van lisdodde, riet, miscanthus en wilg
2019-014 LbD

AGROFORESTRY EN NATTE TEELTEN

BOUWLAND



Direct zaaien van snijmaïs Een alternatief voor ploegen met behoud van een vruchtbare en productieve bodem
LV70



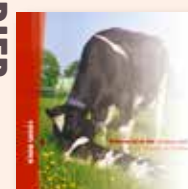
Direct zaaien van maïs in een partnergewas Zoektocht naar een duurzame teelt
LV65



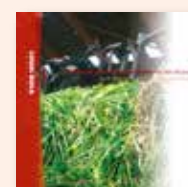
Peulvruchten voor krachtvoer Krachtvoereiwit voor melkkoepen, melkgeiten, kippen en varkens
LV66



Gehele Plant Silage (GPS) Ervaringen uit de praktijk
LV51



Kalveren bij de koe De natuur werkt!
LV60



Melkkoeien 100% biologisch voeren Voer voor discussie
LV63

DIER



Graan voeren De mogelijkheden op een rij
LV42



Het rantsoen sturen met het **ureumgehalte in tankmelk** als maatstaf
LV39



Winst & Weidevogels Weide-maatregelen voor (functionele agro-)biodiversiteit



Biodiversiteit als basis voor het agrarische bedrijf
2016-001 LbD



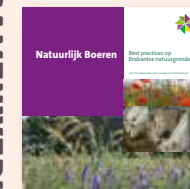
Bijen op het landbouwbedrijf Werken aan een bijvriendelijker platteland
2015-025 LbD



Eén plus één is drie Biodiversiteitsmaatregelen voor een rendabele melkveehouderij
LV71

BIODIVERSITEIT OP HET BEDRIJF

SAMENWERKEN MET NATUUR



Natuurlijk Boeren Best practices op Brabantse natuurgronden
2011-031 LbD



Fosfaat uitmijnen op natuurpercelen met gras/klaver en kalibemesting Handreiking voor de praktijk
2010-014 LbP



Meer dan beheer Melken van beheersgras
LV62



Riet voor Stro Natuurstrooisel in de potstal
LV61



Gezonde grondruil tussen melkveehouders en bollentelers
2013-014 LbD



Handboek Koppelbedrijven Samen werken aan een zelfstandige, regionale, biologische landbouw
LV53

SAMENWERKEN MET AKKERBOUW



Daan Bressers

(voorlichter Kiemkracht):

“Ik kijk al jaren mee met boeren die sorghum telen als aanvulling in het rantsoen. Ook al is de oogstzekerheid soms wat minder, het gevoel is goed. Maar je

moet de teelt wel een beetje in de vingers krijgen. Verwacht niet dat het zonder inspanning meteen goed loopt.”



Wilbert Vughts

(melkveehouder in Haaren):

“Sorghum in het rantsoen heeft duidelijk positieve effecten. De dieren zijn gezond en de loop naar de robot is beter. We hebben wel wat pech gehad met de teelt – sorghum telen blijkt niet gegarandeerd succesvol te zijn.”



Tom van Bakel

(melkgeitenhouder in Riethoven):

“Sorghum past goed in het rantsoen van mijn geiten. De

dieren vreten het goed, en omdat ze minder vervetten, starten ze makkelijker op in de lammertijd. Voorlopig blijf ik sorghum gebruiken in het rantsoen van mijn melkgeiten.”

Geert Thyssen

(beleidsmedewerker bodem- en landgebruik provincie Noord-Brabant, opdrachtgever van het Praktijknetwerk):



“Voor we begonnen met het Praktijknetwerk Sorghum in Noord-Brabant hadden we hoopvolle hypothesen over het gewas. Enkele daarvan bleken terecht: sorghum kan redelijk tegen droogte en bleek ook tegen natte voeten te kunnen. Het herstellend vermogen bleek uniek. Hiermee is sorghum misschien wel een nieuw klimaat-adaptief gewas.”

Frank Mijs

(melkveehouder in Bladel):

Het is moeilijk opboksen tegen



snijmais, omdat dit een gewas is met een hoge opbrengst en goede voederwaarde. Toch is sorghumkuil een waardevol voedermiddel gebleken. Niet als vervanger van mais, maar als structuurrijke aanvulling van het rantsoen.