

Meerjarig graan als maatregel voor klimaatmitigatie en – adaptatie

Projectrapportage 2020-2023

Merijn van den Hout, Joost W.M. Sleiderink, Nick van
Eekeren

© 2024 Louis Bolk Instituut

Meerjarig graan als maatregel voor klimaatmitigatie en –adaptatie

Projectrapportage 2020-2023

Merijn van den Hout, Joost W.M. Sleiderink, Nick van Eekeren

28 pagina's

Publicatienummer: 2024-6201-LbD

Deze publicatie is beschikbaar via

www.louisbolk.nl/publicaties

Omslag foto - Merijn van den Hout: bloeiende aren van meerjarig
graan en triticale

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

✂ @LouisBolk

Voorwoord

Voor u ligt de projectrapportage 2020-2023 van het project “Meerjarig graan als maatregel voor klimaatmitigatie en –adaptatie” gefinancierd door RVO met referentienummer KALL21006 en de PPS KLIMAP.

Wij danken De Beersche Hoeve en de medewerkers voor hun bijdragen aan het project.

Inhoud

1	Introductie	5
2	Materiaal en methode	7
2.1	proefopzet	7
2.2	Management	8
2.3	Metingen en analyses	8
3	Resultaten	9
3.1	Gewasgroei	9
3.1.1	<i>Bodembedekking en onkruidbeheersing</i>	9
3.1.2	<i>Afrijping</i>	12
3.1.3	<i>Plagen en vraatschade</i>	13
3.1.4	<i>Legering</i>	14
3.1.5	<i>Triticale en gras-klover</i>	15
3.2	Resultaten proef	16
3.2.1	Gewasopbrengsten	16
3.2.2	Water- en bodemkwaliteit	18
4	Discussie	22
5	Conclusies en aanbevelingen	26
	Bronnenlijst	28

1 Introductie

Blijvend grasland levert t.o.v. andere teelten een grotere bijdrage aan een goede bodem- en waterkwaliteit, koolstofopslag en een hogere biodiversiteit. Blijvend grasland staat echter onder druk door intensievere teelten met een hoger saldo. Ook draagt grasland niet bij aan de behoefte aan zetmeelvoorziening op het melkveebedrijf. Dit wordt meestal voorzien door mais. Continue maisteelt heeft vaak een netto CO₂-emissie door het éénjarig karakter met een lage aanvoer van organische stof en de jaarlijkse grondbewerking die de afbraak van organische stof versneld. Daarnaast blijft waterkwaliteit en verlies van bodemkwaliteit en biodiversiteit een probleem. Het levert dus nadelen op voor maatschappelijke diensten.

Meerjarige graangewassen zoals het intermediair tarwegras genaamd "Kernza" zouden een duurzaam alternatief kunnen zijn, aangezien ze de productie van zetmeel kunnen combineren met de ecologische voordelen van een meerjarig teeltsysteem. De veredeling van intermediair tarwegras voor een verhoogde graanopbrengst begon in de late jaren 80 en in 2019 werd de eerste "food-grade" cultivar van Kernza intermediair tarwegras gelanceerd. De graanopbrengst van de meest recente cultivars is echter nog tussen de 600-1000 kg graan per jaar en een enkele studie vermeldt een opbrengst van ruim 1,6 ton graan per hectare. Veredeling voor graanopbrengst, die pas eind jaren tachtig gestart is, zorgt echter consistent voor een jaarlijkse toename in opbrengst. Door verfijning van veredelings technieken kan dit proces verder versneld worden. Hoewel de graanopbrengst dus nog verhoogd zou moeten worden om competitief te zijn met éénjarige graangewassen, is de potentie voor totale biomassa productie van het gewas hoog, waardoor het als dubbeldoel gewas (voor graan en voeder) of hele plant silage ingezet zou kunnen worden. De vegetatieve biomassa kan drie keer per jaar geoogst worden (in het voorjaar, als stro ten tijde van graanoogst, en de hergroei in het najaar). Deze drie snedes leveren materiaal op met een verschillende voederkwaliteit, waarvan die in het voorjaar en najaar hoog is, en de stro fractie de laagste kwaliteit heeft, maar alsnog hoger dan tarwestro. Daarnaast kan het gewas toegepast worden op marginale gronden die minder geschikt zijn voor éénjarige gewassen en in gewasrotaties of polyculturen om zo bij te dragen aan de productiviteit en duurzaamheid van een teeltsysteem in het geheel.

Intermediair tarwegras heeft een wortel biomassa die 3 tot 12 keer hoger is dan die van tarwe. Hierdoor is het in staat om meer stikstof in de wortelbiomassa vast te houden en daarmee uitspoeling van nitraat tot verwaarloosbare waarden te verminderen; het is in staat meer stikstof op te nemen dan toegepast wordt in de vorm van (kunst)mest. Intermediair tarwegras zou op deze manier ook uiterst geschikt zijn als buffergewas om de uitspoeling van nitraat naar grond- en oppervlaktewateren te verminderen. Door het uitgebreide wortelstelsel, kan intermediair tarwegras ook bijdragen aan het vastleggen en vasthouden van koolstof in de bodem. Door deze toename in organische stof kan intermediair tarwegras bijdragen aan klimaatmitigatie en klimaatadaptatie aangezien organische stof een hoge capaciteit heeft om water in de bodem

vast te houden en de waterhuishouding te verbeteren. Ook kunnen de diepe wortels bijdragen aan wateropname, met name in tijden van droogte.

Intermediair tarwegras zou als dubbeldoel gewas of als hele plant silage geschikt kunnen zijn voor de Nederlandse (melk)veehouderij, vooral als het in rotaties toegepast wordt waar extra waarde gehaald kan worden uit het beschermende en herstellende vermogen van de plant op de bodem. Door de gunstige invloed van intermediair tarwegras op verschillende ecosysteemdiensten, zou dit meerjarige graan in Nederland in positieve zin bij kunnen dragen aan de vraagstukken omtrent kringlooplandbouw, de stikstofcrisis, droogteresistentie en klimaatadaptatie- en mitigatie. Om praktijkervaring op te doen met de teelt van meerjarig graan (Kernza) is een praktijkproef aangelegd waarbij in drie jaar tijd de gewasopbrengsten en bodemkwaliteit vergeleken zijn met gras-klaver en triticale graan.

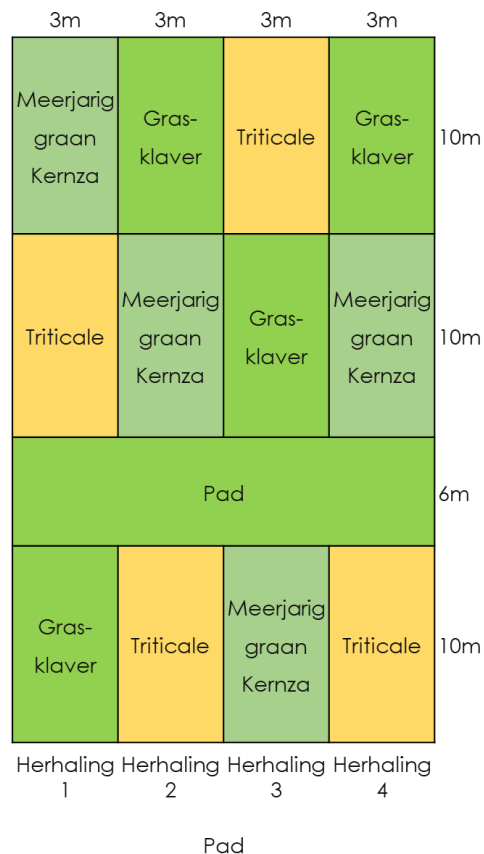
2 Materiaal en methode

Op een droge zandgrond in Noord-Brabant is een oriënterende proef aangelegd waarbij meerjarig graan werd vergeleken met een éénjarig graangewas (triticale) en ook een meerjarig gewas (gras-klover).

2.1 proefopzet

Het proefveld is aangelegd in september/oktober 2020 en beëindigd in oktober 2023. Dit betekent dat het meerjarig graan en gras-klover drie groeiseizoenen hebben gegroeid. Vanwege het éénjarige karakter is de triticale ieder jaar opnieuw ingezaaid. De proefopzet bestond uit vier herhalingen met drie behandelingen (Figuur 2.1):

- 4 plots meerjarig graangewas (Kernza)
- 4 plots triticale (vergelijkingsvariant: geen meerjarig gewas)
- 4 plots gras-klover (vergelijkingsvariant: wel meerjarig gewas)



Figuur 2.1 Plattegrond proefopzet

De plots zijn ingedeeld bij de aanleg van het proefveld. Het meerjarig graan en de gras-klover zijn gezaaid in september 2020. De triticale is jaarlijks in oktober gezaaid. De zaaidichtheid was 42, 120 en 34 kg zaden per ha voor respectievelijke meerjarig graan, triticale en gras-klover. Het zaad van het meerjarig graan had een kiemkracht van 50% en is gezaaid met een rijafstand van 30cm.

2.2 Management

Bij de aanleg van het proefveld is 30ton/ha compost aangebracht als basisbemesting, resulterend in 139kg N/ha. In het tweede en derde teeltjaar zijn het meerjarig graan en de triticale in het voorjaar bemest met 50kg N/ha uit OPF (Organic Plant Feed) granulaat. Bij de gras-klover plots zou de nodige stikstof uit de lucht gebonden moeten worden. Echter nam het aandeel klover flink af vanaf het tweede jaar. In het derde jaar zijn daarom alle drie de gewassen in het voorjaar bemest met 50kg N/ha uit OPF en is nogmaals 50kg N/ha uit OPF verstrekt in het latere voorjaar om tekorten uit te sluiten omdat de groei niet goed op gang kwam. Tevens zijn alle plots jaarlijks met kalisulfaat bemest waarbij (150kg product/ha verstrekt is in 2021 en 200kg product/ha in 2022 en 2023).

Het onkruid is bij de triticale en meerjarig graan gewied wanneer nodig. Vooral tijdens het eerste teeltjaar was er een hoge onkruiddruk bij het meerjarig graan omdat het gewas nog niet gesloten was. Vanwege een lange droge periode in het voorjaar van het tweede jaar is tweemaal beregend om droogteschade aan het gewas te voorkomen. In de zomers is bewust niet beregend tijdens droge periodes om het effect op gewasgroei bij droogte te onderzoeken. In het tweede teeltjaar zijn de helft van de plots van het meerjarig graan in het voorjaar gemaaid om veevoer met een hogere voederwaarde te winnen. In het najaar zijn de volledige plots weer samengevoegd en tegelijk geoogst voor het graan.

2.3 Metingen en analyses

Voor de opbrengstbepalingen is met een zelfrijdende maaier plus minus 4 meter gemaaid wat vervolgens is gewogen. De oogst van de granen vond omtrent september plaats. De gras-klover is 2-4 keer per jaar gemaaid, afhankelijk van de groei.

Analyses voor droge stof en voederwaarde (o.a. VEM, ruw eiwit, zetmeel) zijn uitgevoerd.

Voorafgaand aan de analyse zijn het meerjarig graan en triticale nagedroogd en gedorst/gezeefd om het graan en het stro te scheiden. Het gemaaide grasklover is vers na afmaaien geanalyseerd.

Voor de N-mineraal bepaling is jaarlijks de bodemlaag 0-90cm bemonsterd omtrent oktober. In het laatste jaar zijn aanvullende bodemmetingen gedaan. Er is grond gestoken op de dieptes 0-10cm en 0-30cm voor analyse van organische stof, stikstof, bodemvocht en dichtheid. Er zijn profielkuilen gegraven waarbij op twee dieptes (0-25cm en 25-50cm) de bodemstructuur, het aantal wormen(gangen) en de mate van beworteling gescoord zijn. De maximale diepte van beworteling is gemeten en de diepte waarop de witte zandlaag begint is genoteerd. De indringingsweerstand van de bodem is gemeten tot 80cm diepte door middel van een penetrolgger.

De statistische tests bestonden uit ANOVA's waarbij de herhalingen als onafhankelijke variabele bepaald zijn.

3 Resultaten

3.1 Gewasgroei

3.1.1 Bodembedekking en onkruidbeheersing

In het eerste jaar moest het meerjarig graan zich nog vestigen, waarbij vooral bodembedekking en onkruiddruk uitdagingen vormde. Het meerjarig graan ontkiemde langzaam en groeide in het beginstadium niet snel. Hoewel de triticale ruim een maand later gezaaid was dan het meerjarig graan, was de triticale het meerjarig graan begin november al voorbij gegroeid (zie Figuur 3.1). De gras-klover plotjes hadden tegen deze tijd de bodem al bijna bedekt. Ook in het voorjaar was er door de trage gewasontwikkeling en geringe bodembedekking veel kans voor onkruiden om zich te vestigen (Figuur 3.2).



Figuur 3.1 In het midden, meerjarig graan na onkruid wieden begin november, links en rechts triticale



Figuur 3.2 Plot meerjarig graan voorafgaand aan het onkruid wieden in de maand maart van het eerste teeltjaar.

Door regelmatig onkruid wieden is het gewas goed schoongehouden en kon het zich goed vestigen en uiteindelijk de gehele bodem bedekken. In mei 2021 was het meerjarig graan aanzienlijk gegroeid en in juni had het een vergelijkbare gewashoogte bereikt als de triticale (Figuur 3.3).



Figuur 3.3 a) Bodembedekking door meerjarig graan tijdens het eerste teeltjaar op 21-05-2021 met links triticaal en b) op 21-6-2021 met rechts triticaal

Het tweede teeltjaar (2022) was het meerjarig graan goed gevestigd, waardoor de groei sneller ging in het voorjaar. De snellere ontwikkeling en goede bodembedekking heeft de onkruiddruk verlaagd waardoor er in het tweede teeltjaar slechts éénmaal onkruid gewied hoefde te worden. Omtrent april had het meerjarig graan zich goed ontwikkeld en was de bodem volledig bedekt (Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Bodembedekking door meerjarig graan tijdens het tweede teeltjaar op 15-04-2022. Het meerjarig graan groeit goed en bedekt de bodem volledig. Links is triticaal.



Figuur 3.5 Meerjarig graan in het derde teeltjaar. A) op 16-05-2023 waren duidelijke pollen graan zichtbaar maar ook veel onkruiden. b) op 14-06-2023 zat er veel variatie tussen plots. Op sommige plekken stond het graan nog goed en op andere plekken was het grotendeels verdwenen en overgenomen door grassen en ander onkruid.



Figuur 3.6 Twee verschillende plots van meerjarig graan in het derde teeltjaar op 13-07-2023 tijdens de afrijping. Het gewas liep in het derde jaar sterk terug en werd overgenomen door grassen en onkruiden. Oranje cirkels tonen enkele graanaren.

In het derde jaar (2023) was de bodem vanaf het voorjaar al volledig bedekt en is er geen onkruidbeheersing gedaan. Echter waren er wel veel onkruiden aanwezig tussen het meerjarig graan. In het voorjaar deed het meerjarig graan het redelijk goed en waren er nog duidelijk veel pollen graan zichtbaar. Gedurende het groeiseizoen kwamen er steeds meer onkruiden tussen en bleef het meerjarig graan achter in groei (Figuur 3.5).

Uiteindelijk liep het meerjarig graan sterk terug en namen onkruiden de proefplotjes grotendeels over. Er zat veel variatie tussen de plots in de hoeveelheid meerjarig graan die nog aanwezig was. Ten tijde van de oogst waren er bij sommige plots slechts enkele tientallen halmen graan oogstbaar (Figuur 3.6).

3.1.2 Afrijping

Meerjarig graan kan relatief groen geoogst worden. Wanneer te lang gewacht wordt is er risico op het uitvallen van de graankorrels (shattering). Tijdens het eerste teeltjaar (2021) bleek het meerjarig graan ongelijk afgerijpt te zijn (Figuur 3.7). Sommigen aren stonden nog in bloei, anderen waren al volledig rijp en een deel van aren waren al overrijp; de aartjes met granen waren al deels of volledig uit de aar gevallen.



Figuur 3.7 a) Beeld ten tijde van oogst op 31-8-2021. b, c) close-up van aren waarop een verscheidenheid aan bloei- en rijpingsstadia te zien is

In het tweede teeltjaar (2022) was het meerjarig graan gelijkmatiger afgerijpt dan in het eerste jaar. Door de droge zomer heeft het gewas waarschijnlijk een signaal gekregen om te gaan afrijpen waardoor de afrijping van alle aren meer gelijktijdig heeft plaatsgevonden. Er waren ook minder uitgevallen aren door overrijping. Het gewas was door de droogte verder bruin/verdord dan in het eerste jaar (Figuur 3.8).



Figuur 3.8 Meerjarig graan voorafgaand van de oogst in het tweede teeltjaar op 24-08-2022. De rijping is goed gelijkmatig en er zijn weinig uitgevallen aren.

3.1.3 Plagen en vraatschade

In het eerste teeltjaar is voorafgaand aan de oogst vraatschade door vogels of knaagdieren waargenomen. Door uitvallende graankorrels (shattering) kunnen dieren aangetrokken worden die daarna ook de aren aan kunnen vraten die nog wél vastzitten. Sommige graanstengels waren als het ware gekapt om bij de granen te kunnen komen (Figuur 3.9). Ook zijn in de winter na het



Figuur 3.9 a) voorafgaand aan de oogst in het eerste teeltjaar was vraat door knaagdieren en/of vogels te zien aan de "netjes" in stukken gehakte stengels en kafjes op de grond. b) Muizengangen in de grond van de plots van meerjarig graan in het voorjaar van het derde teeltseizoen.

tweede groeiseizoen veel muizengangen waargenomen in de grond bij de plots met meerjarig graan (Figuur 3.9). Waarschijnlijk zijn de muizen aangetrokken tot het graan dat tijdens de oogst(en) uit de halmen is gevallen. Mogelijk hebben de muizen ook van de wortels gegeten tijdens het voorjaar van het derde seizoen, waardoor schade kan zijn ontstaan aan het gewas. Muizenvraat is een bekend probleem in de teelt en dit kan dan ook deels de terugloop van het gewas verklaren. Via verdere veredeling wordt gewerkt aan aren die minder snel uitvallen en gelijkmatiger afrijpen. Dit zal in de toekomst mogelijk ook een deel van de problemen van vraatschade oplossen.

3.1.4 Legering

Sommige plots van het meerjarige graan hadden in het tweede teeltjaar last van legering waarbij de graanstengels op de grond hingen. Dit begon omtrent juni (Figuur 3.10) en werd erger naarmate het oogstmoment dichterbij kwam (Figuur 3.11). Op sommige plekken waren de stengels volledig op de grond gevallen en al gedeeltelijk verteerd; hier ontstonden open plekken en was geen goede oogst meer mogelijk. Hierdoor zat er veel variatie in de opbrengsten van de plots. Twee plots hadden last van legering terwijl bij de andere twee plots het graan nog goed overeind stond op moment van oogsten.



Figuur 3.10 20-6-2022. Tijdens het tweede teeltjaar tonen sommige plots van het meerjarig graan de eerste tekenen van legering.



Figuur 3.11 24-8-2022. Door legering waren sommige plots van het meerjarig graan moeilijker te oogsten. De legering geeft opbrengstderving en problemen bij de oogst.

3.1.5 Triticale en gras-klover

De plots met gras-klover hadden het eerste jaar een goede opbrengst. Deze nam flink af in het tweede en derde jaar. De triticale had een matige opbrengst in het eerste jaar en een erg goede opbrengst in het tweede jaar. Waar de gras-klover slecht groeide door droogte in de zomer in het tweede jaar had de triticale daar weinig last van, omdat de vegetatieve groei grotendeels klaar



Figuur 2.12 a) Links triticale plot ten tijde van oogst in het derde teeltjaar. Slechts enkele tientallen graanhalmen komen nog tussen het onkruid uit (oranje cirkels), b) Rechts gras-klover plot tijdens de zomer in het derde teeltjaar. Het gras is grotendeels verdrongen door onkruid.

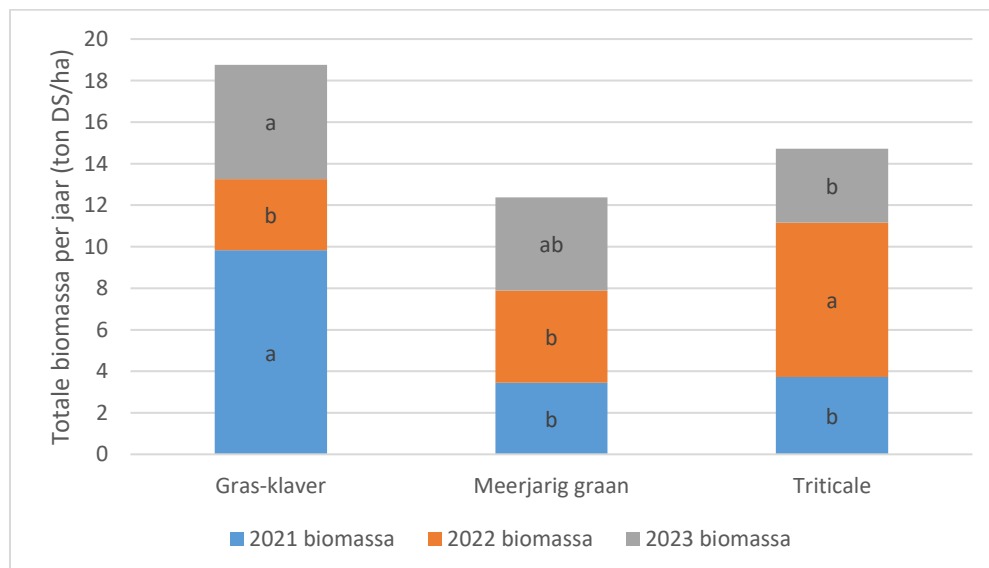
was was en het gewas alleen nog hoefde af te rijpen. In het derde jaar heeft de triticale slecht gegroeid, net als het meerjarig graan en de gras-klover. In het voorjaar was erg veel regen gevallen waardoor de kieming van de triticale tegenviel. Dit gaf vervolgens weer veel kansen voor onkruiden om zich te vestigen. Het onkruid was niet goed te wieden zonder ook de triticale te beschadigen. Uiteindelijk heeft dit geleid tot een erg slechte oogst met maar een handvol halmen graan op een plot (Figuur 3.12).

Bij de gras-klover plots zat al vanaf het tweede jaar weinig klaver meer in de plots waardoor de stikstofbemesting waarschijnlijk is achtergebleven en de opbrengsten afnamen. Bijgezaaide klaver was niet effectief aangeslagen. In de zomer van het tweede jaar hebben de plots flink last gehad van droogte waardoor de grasmat in kwaliteit is achteruitgegaan en er veel onkruiden een kans kregen. Ondanks extra stikstof bemesting in het derde jaar waren er veel onkruiden aanwezig en bleef te groei achter (Figuur 3.12).

3.2 Resultaten proef

3.2.1 Gewasopbrengsten

Figuur 3.13 toont de gemiddelde en cumulatieve opbrengsten van opbrengsten per hectare per gewas over alle drie de jaren. In 2021, het eerste teeltjaar, had gras-klover een hogere opbrengst dan meerjarig graan en triticale ($p = 0,000$). In 2022 had triticale een hogere opbrengst dan gras-klover ($p < 0,000$) en meerjarig graan ($p = 0,003$). In 2023 was de opbrengst van gras-klover hoger dan van triticale ($p = 0,041$) maar waren er geen verschillen met het meerjarig graan ($p = 0,259$).



Figuur 3.13 Opbrengsten van totale biomassa (inclusief graan) in ton droge stof per ha voor grasklover, meerjarig graan en triticale. Per jaar (2021, 2022, 2023) geven verschillende letters aan dat de opbrengst significant verschillend was ($p < 0,05$).

De getoonde biomassa is inclusief de graanopbrengsten. Tabel 3.1 toont de totale graanopbrengsten voor meerjarig graan en triticale voor ieder jaar. Triticale had een hogere

graanopbrengst in zowel 2021 ($p = 0,004$) als 2022 ($p < 0,001$). In het derde jaar waren de opbrengsten van beide granen het laagst en was er geen significant verschil in graanopbrengsten. De cumulatieve graanopbrengst over de drie teeltjaren van triticale (4,46 ton DS/ha) was ongeveer 11 keer hoger dan van het meerjarig graan (0,38 ton DS/ha). Het graan maakte 3% en 30% uit van de totale biomassa voor respectievelijk meerjarig graan en triticale.

Tabel 3.1 Opbrengsten (ton DS/ha) van graan van meerjarig graan en triticale per jaar en totaal cumulatief. Per jaar (2021, 2022, 2023) geven verschillende letters aan dat de opbrengst significant verschillend is ($p < 0,05$). De opbrengst van het graan t.o.v. de totale biomassa is 3% voor meerjarig graan en 30% voor triticale.

Gewas	Meerjarig graan	Triticale
2021 graan	0,26 ^a	1,17 ^b
2022 graan	0,11 ^a	3,29 ^b
2023 graan	0,007 ^a	0,001 ^a
Totaal graan	0,38	4,46
Totaal biomassa	12,4	14,7
% graan t.o.v. totale biomassa	3%	30%

Voederwaarde

De gemiddelde voederwaarde van VEM, ruw eiwit en zetmeel (enkel graankorrels) voor alle gewassen is weergegeven in tabel 3.2. De korrels van triticale zijn het rijkst aan VEM en zetmeel terwijl de korrels van het meerjarig graan het rijkst zijn aan eiwit. Het stro heeft de laagste VEM en ruw eiwit gehalten, waarbij het meerjarig graan iets hoger uitkomt dan de triticale.

Vanwege de soms lage opbrengsten van graan was het niet altijd mogelijk om per plot de voederwaarde te analyseren. In die gevallen is gekozen om bulkmonsters te vormen waar dat mogelijk was. Hierdoor is er te weinig data om statistische toetsen uit te voeren en is de statistiek op dit onderdeel achterwege gelaten.

Tabel 3.2 Gemiddelde gehalten van VEM, ruw eiwit en zetmeel in geoogste gras-klover, meerjarig graan (MJG) en triticale.

	Gras-klover	MJG korrel	Triticale korrel	MJG stro	Triticale stro
VEM (per kg DS)	804	963	1192	620	519
Ruw eiwit (g/kg DS)	159	170	110	51	40
Zetmeel (g/kg DS)	n.v.t.	399	641	n.v.t.	n.v.t.

Om de opbrengst te maximaliseren kan het meerjarig graan in het voorjaar één keer gemaaid worden. Deze voorjaarsnede kan vers gevoerd of ingekuild worden, vergelijkbaar met gras. De literatuur geeft aan dat deze "extra" snede weinig negatieve effecten heeft op de opbrengst van het graan. Om de effecten van deze voorjaarsnede op de totale opbrengst (vers, graan, stro) te onderzoeken zijn de plots in het voorjaar van het tweede teeltjaar voor de helft geoogst. Tijdens de rest van het groeiseizoen was het meerjarig graan op deze plekken kleiner, zoals logischerwijs verwacht kan worden. De ontwikkeling van het gewas verschilde niet, de afrijping, het

oogstmoment en de graanopbrengsten waren niet beïnvloed door de voorjaarsnede. Bij de vergelijking van de opbrengsten is het graan daarom buiten beschouwing gelaten en is enkel een vergelijking gemaakt tussen het verse maaisel en het stro.

In 2022 bracht het meerjarig graan zonder een voorjaarsnede in totaal 4,33 ton droge stof/ha aan biomassa op (stro) (Tabel 3.3). Dat is meer dan de 3,25 ton droge stof/ha biomassa van het meerjarig graan mét voorjaarsnede (bestaande uit een eerste snede in het voorjaar en het stro bij de graanoogst). Dit verschil in opbrengst was echter niet significant verschillend ($p=0,24$) maar de opbrengst was dus duidelijk lager. De voorjaarsnede had wel een hogere voederwaarde dan het stro, zowel in VEM als ruw eiwitgehalten. Hierdoor vallen de totale VEM productie per hectare ongeveer gelijk uit voor beide groepen ($p=0,79$) en was de productie van ruw eiwit per hectare hoger bij het graan met voorjaarsnede (niet significant, $p=0,11$).

Tabel 3.3 De gemiddelde voederwaarde en opbrengst van de voorjaarsnede en het stro in 2022 van plots meerjarig graan (MJG) mét en zonder voorjaarsnede.

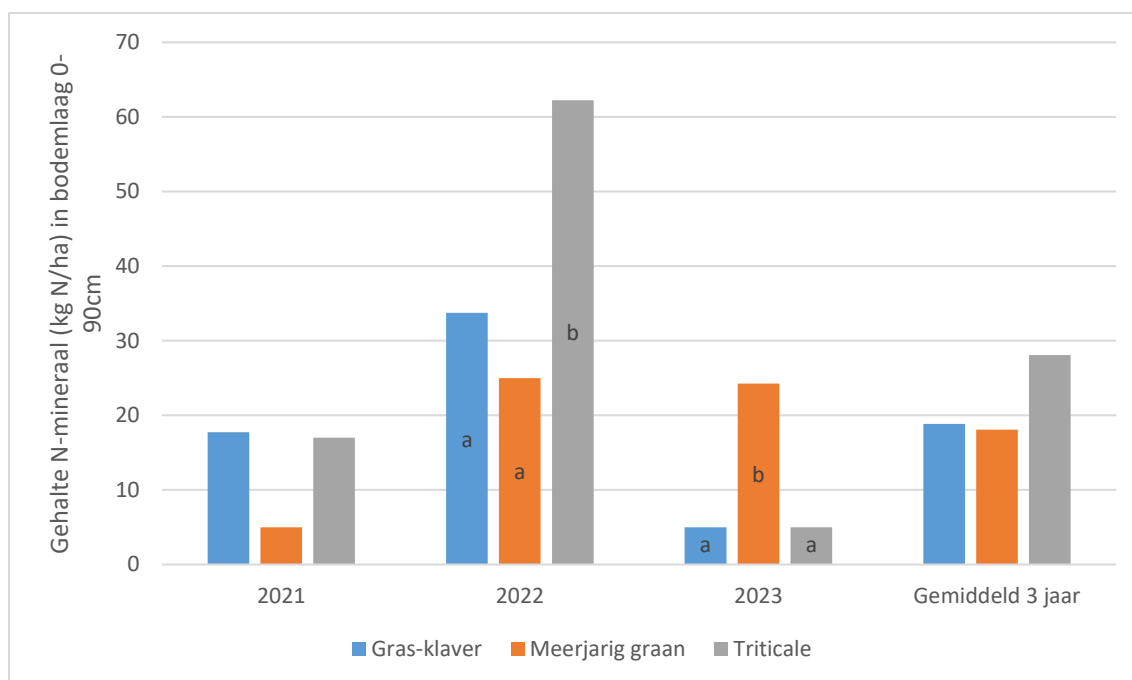
	Ton DS/ha	VEM/kg DS	VEM/ha	Ruw eiwit g/kg	Ruw eiwit kg/ha
Voederwaarde					
Voorjaarsnede vers	1,13	1053		254	
stro plots met voorjaarsnede	2,12	593		41	
stro plots zonder voorjaarsnede	4,33	607		47	
Opbrengsten per ha					
MJG plots met voorjaarsnede	3,25		2454		372
MJG plots zonder voorjaarsnede	4,33		2602		205

Vanwege het kleine aantal herhalingen zijn geen significante verschillen aangetoond. Echter wijzen deze resultaten er wel op dat het interessant kan zijn om een voorjaarsnede uit te voeren voor de winning van ruwvoer met een hogere voederwaarde dat beter geschikt is voor melkvee, zoals ook voorgesteld in het onderzoek van Favre *et al.* (2019). Vooral het totale eiwit dat gewonnen kan worden kan hiermee verhoogd worden.

3.2.2 Water- en bodemkwaliteit

Waterkwaliteit

De uitspoelinggevoelige minerale stikstof fractie op 0-90cm diepte in de bodem was gemiddeld over de drie jaren 19, 18 en 28 kg N/ha voor respectievelijk gras-klover, meerjarig graan en triticale (Figuur 3.14). In 2021 waren er geen significante verschillen tussen de gewassen. In 2022 was de N-mineraal bij triticale hoger dan bij gras-klover en meerjarig graan ($p = 0,002$). In 2023 was de N-mineraal bij het meerjarig graan hoger dan bij gras-klover en triticale ($p = 0,029$).



Figuur 3.14 Het gehalte minerale stikstof (kg N/ha) in de bodemlaag 0-90cm voor grasklaver, meerjarig graan en triticale. Per jaar (2021, 2022, 2023) geven verschillende letters aan dat de waarden significant verschillend zijn ($p < 0,05$).

Bodem chemisch

Er zijn tussen de gewassen geen significante verschillen gevonden in de bodem voor stikstof (N-totaal), koolstof (C-totaal) en organische stof op dieptes van 0-10 en 0-30cm (Tabel 3.4).

Tabel 3.4 Chemische parameters van de bodem in de bodemlagen 0-10cm en 0-30cm. MJG is meerjarig graan.

Parameter	Eenheid	Gras-klaver	MJG	Triticale	p-waarde
N-Totaal 0-10cm	Mg N/kg	1530	1478	1420	0,490
N-Totaal 0-30cm	Mg N/kg	1345	1370	1315	0,762
C-totaal 0-10cm	%	2,1	2,1	2,1	0,902
C-totaal 0-30cm	%	1,9	2,0	1,9	0,932
Organische stof 0-10cm	%	4,1	4,0	3,8	0,510
Organische stof 0-30cm	%	3,6	3,6	3,5	0,765

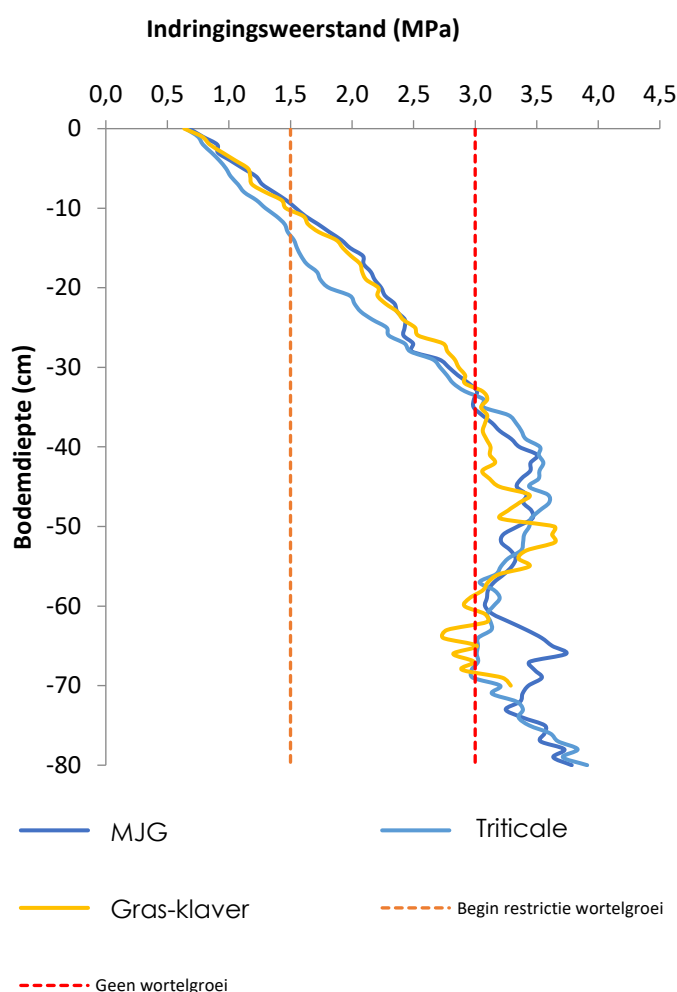
Bodem fysisch

Er zijn geen significante verschillen tussen gewassen gevonden in het vochtgehalte en de dichtheid van de bodem in de bodemlagen 0-10cm en 0-30cm (Tabel 3.5). Ook in de bodemstructuur (kruim/afgerond/scherp) van de bodem in de lagen 0-25cm en 25-50cm zijn geen verschillen tussen gewassen aangetoond. Er zijn trends gevonden dat in de laag 0-25cm gras-klaver meer scherpe bodemdeeltjes geeft ($p = 0,085$) en in de laag 25-50cm meerjarig graan meer kruimige bodemdeeltjes geeft ($p = 0,078$). Er lijkt een indicatie dat meerjarig graan minder scherpe bodemdeeltjes geeft op de diepte van 25-50cm, echter is dit niet significant ($p = 0,189$).

Tabel 3.5 Fysische parameters van de bodem in de bodemlagen 0-10cm, 0-30cm, 0-25cm en 25-50cm. MJG is meerjarig graan. P-waarde met * duidt op een trend ($p < 0,1$).

Parameter	Eenheid	Gras-klaver	MJG	Triticale	p-waarde
Vocht 0-10cm	g H ₂ O/100 g luchtdr.	0,7	0,7	0,6	0,178
Vocht 0-30cm	g H ₂ O/100 g luchtdr.	0,6	0,6	0,6	0,435
Dichtheid 0-10cm	Kg per dm ³	1322	1325	1336	0,497
Dichtheid 0-30cm	Kg per dm ³	1344	1341	1347	0,779
Bodemstructuur					
Kruim 0-25cm	%	55	70	75	0,325
Kruim 25-50cm	%	14	31	21	0,078*
Afgerond 0-25cm	%	34	26	21	0,509
Afgerond 25-50cm	%	43	51	44	0,807
Scherp 0-25cm	%	11	4	4	0,085*
Scherp 25-50cm	%	44	18	35	0,189

In figuur 3.15 is de gemiddelde indringingsweerstand weergegeven voor alle gewassen. Tot ongeveer 10 cm diepte is de bodem goed doorwortelbaar (tot 1,5MPa). Vanaf 30 cm diepte is er bijna geen wortelgroei meer mogelijk (3,0MPa). Er zijn geen opvallende verschillen tussen gewassen gevonden, alle plots hebben gemiddeld per gewas ongeveer dezelfde indringingsweerstand.



Figuur 3.15 De gemiddelde indringingsweerstand (MPa) van de bodem voor de gewassen gras-klaver, meerjarig graan (MJG) en triticale. Vanaf 1,5 MPa begint restrictie van wortelgroei op te treden en boven 3,0 MPa is bijna geen wortelgroei meer mogelijk.

Bodem biologisch

Er waren geen significante verschillen tussen de gewassen voor de wortelscores en percentage jonge wortels op de dieptes van 0-25cm en 25-50cm (Tabel 3.6). De diepte van de zwarte laag was gemiddeld over alle plots binnen het proefveld 83cm diep, daaronder zat geel zand. De gemiddelde maximale bewortelingsdiepte was 83, 78 en 86cm voor respectievelijk gras-klover, meerjarig graan en triticale ($p = 0,860$). Op de diepte van 0-25cm waren tussen de gewassen geen significante verschillen in het aantal gevonden wormen ($p = 0,223$). Op de diepte van 25-50 zijn bij geen enkel gewas wormen gevonden.

Tabel 3.1 Biologische parameters van de bodem in de bodemlagen 0-10cm, 0-25cm en 25-50cm voor gras-klover, meerjarig graan (MJG) en triticale.

Parameter	Eenheid	Gras-klover	MJG	Triticale	p-waarde
Wortelscore 0-25cm	1-10 schaal	6,0	6,0	5,4	0,583
Wortelscore 25-50cm	1-10 schaal	4,3	3,9	3,9	0,274
Jonge wortels 0-25cm	% van wortels	8	6	4	0,221
Jonge wortels 25-50cm	% van wortels	4	5	1	0,439
Diepte zwarte laag	cm diepte	81	84	85	n.v.t.
Max. diepte beworteling	cm diepte	83	78	86	0,860
Wormen 0-25cm	aantal per plag	5	2	3	0,223
Wormen 25-50cm	aantal per plag	0	0	0	n.v.t.

4 Discussie

Het eerste doel van deze oriënterende veldproef was om ervaringen op te doen met de teelt van het meerjarige graan Kernza. Het is goed gelukt om het graan succesvol te telen in Nederland. De grootste uitdaging was het schoonhouden van onkruid in het voorjaar van het eerste teeltjaar, terwijl het gewas nog klein is. Vanwege de kleinschalige proef was er handmatig gewied, maar op praktijkschaal zou dit mechanisch moeten gebeuren. Dit kan ook de nodige uitdagingen meebrengen, ook al zijn er in het buitenland al goede ervaringen opgedaan met mechanisch wieden. De eerste twee jaar heeft het gewas goed gegroeid en stond het er goed bij. In het derde jaar was de groei slecht en kwamen er veel onkruiden in. De groei van het gewas liep terug en er kwamen te weinig verse scheuten tijdens het voorjaar. In het derde jaar was ook de bodem volledig bedekt en was het lastiger om de onkruiden te wieden, wat dan ook niet gedaan is. Een oplossing waar in Frankrijk ervaring mee wordt opgedaan is in het tweede jaar matig agressief wieden, waardoor het onkruid nog wat teruggezet wordt. Dit zou ook het meerjarig graan wat beschadigen en "pesten" waardoor er een prikkel afgegeven wordt om nieuwe scheuten te vormen. Dit zou kunnen helpen om de groei te stimuleren en onkruid te verminderen waardoor de beoogde vier jaar levensduur wel behaald kan worden. Ook het oogsten van een voorjaars- of najaarssnede kan bijdragen aan vernieuwing van het gewas en het terugzetten van onkruiden (Duchene *et al.*, 2023).

Andere uitdagingen bij de teelt waren een ongelijkmatige afrijping (vooral in het eerste jaar), legering van het gewas (het tweede jaar) en vraat door muizen (vooral het derde jaar). Via veredeling wordt gewerkt aan een gelijkmatigere afrijping en een korrel die steviger in de aar vastzit. Dit zal ook het uitvallen van de korrels voorkomen waardoor waarschijnlijk minder knaagdieren aangetrokken worden. Legering kan mogelijk voorkomen worden door management maatregelen. Jungers *et al.* (2017) geven aan dat te hoge stikstof bemesting kan leiden tot meer legering. Echter is dit voornamelijk geobserveerd met een bemesting van meer dan 80kg N/ha. Met de bemesting van 50kg N/ha in het tweede teeltjaar (waar legering een probleem vormde) is het onwaarschijnlijk dat er extra legering is ontstaan door overbemesting. Wel is van belang dat er incidenteel klaver voorkwam in het meerjarig graan, wat gezorgd kan hebben voor extra stikstof. Er is echter geen duidelijk verband gelegd tussen het aandeel klaver en de mate van legering. Om het risico op legering door overbemesting verder te verkleinen kan de bemesting gespreid door het jaar gegeven worden (Jungers *et al.*, 2017). Hunter *et al.* (2020) bevestigen dat legering zorgt voor verlaagde opbrengsten en suggereren dat een voorjaarsnede kan helpen om legering tegen te gaan, doordat het gewas korter blijft en meer ruimte krijgt om robuuster te groeien. Echter verkregen zij zelf ook inconsistente resultaten in het tegengaan van legering door middel van een voorjaarsnede. In het huidige onderzoek is dit ook niet duidelijk geobserveerd; ook plots mét een voorjaarsnede hadden last van legering. De (graan)opbrengsten waren naar schatting slechter in de plots met legering maar waren over het algemeen sowieso laag, ook in de plots waar het gewas nog goed overeind stond.

De huidige biomassa productie van gemiddeld 3ton DS/ha is lager dan in vergelijkende studies. In de studie van Culman *et al.* (2013) was de stro-opbrengst van meerjarig graan 4,3ton DS/ha in het eerste jaar en steeg het tot gemiddeld 14,1ton DS/ha in het tweede jaar. In een andere studie was de stro-opbrengst in het eerste jaar 10,2 t/ha en was het in jaar twee en drie gemiddeld 7,8ton DS/ha. Duchene *et al.* (2023) rapporteren een biomassa productie van gemiddeld 11,9ton DS/ha. Daarmee is binnen de huidige veldproef slechts ongeveer 25-50% van de beoogde biomassa opbrengst behaald. Ook de opbrengsten van de graankorrels waren laag. De graanopbrengst nam ieder jaar af, van 260kg DS/ha in jaar één naar 110kg DS/ha in jaar twee en uiteindelijk slechts 7kg DS/ha na de (grotendeels mislukte) oogst van jaar drie. Dit is lager dan in vergelijkbare studies over meerjarig graan. Bajgain *et al.* (2020) meldden een gemiddelde opbrengst van 696kg/ha in de eerste twee jaren voor de cultivar MN-Clearwater, die in de huidige proef ook gebruikt is. In de meeste studies piekt de graanproductie in het tweede teeltjaar met opbrengsten tussen 600 en 1000kg/ha (Jungers *et al.*, 2017, 2018, 2019; Tautges *et al.*, 2018, Pugliese *et al.*, 2019; Duchene *et al.*, 2023). De graanopbrengst kwam in de studie van Culman *et al.* (2013) in het tweede jaar zelfs tot 1390kg/ha. Zelfs de hoogste jaaropbrengst (het eerste teeltjaar) van graan in de huidige veldproef is maar ongeveer 30% van wat verwacht mag worden op basis van deze vergelijkende studies.

Ondanks de lage opbrengsten was de voederwaarde van het meerjarig graan wel hoog. De graankorrels hebben een hoger eiwitgehalte dan het graan van triticale, maar een lager zetmeelgehalte. Het hoge eiwitgehalte van 17% maakt het graan uniek ten opzichte van een tarwe of een triticale graan waarbij het eiwitgehalte ongeveer 10-12% is (CVB tabellenboek, 2022). Anderzijds bevat het graan een matige hoeveelheid zetmeel, gemiddeld 40%. Rahardjo *et al.* (2018) rapporteert gemiddelde waarde van (afgerond) 20% eiwit en 47% zetmeel in bloem gemaakt van meerjarig graan. Het zetmeelgehalte is laag vergeleken met andere zetmeelrijke producten zoals 64% bij de triticale uit de huidige proef. Gemiddelde zetmeelwaardes in veevoeders zijn voor triticale 55%, voor tarwe 61%, voor maiskorrels 60% en voor maaskuil ongeveer 37% (CVB tabellenboek 2022). Voor humane voeding is mogelijk het hogere eiwitgehalte gunstig. Als veevoer kan het meerjarig graan een hoogwaardig product leveren en bijdrage aan eiwit in het rantsoen. Het stro van meerjarig graan is tevens wat rijker dan stro van triticale en kan dienen als vezelrijk ruwvoer met een lagere voederwaarde. Echter zal de bijdrage aan voldoende zetmeel in het rantsoen beperkter zijn door het relatief lage zetmeelgehalte. De lage opbrengsten kwamen onder andere door een schrale grond en weinig bemesting en beregening. Door de extensieve manier van telen is het gewas erg afhankelijk van weersomstandigheden. Te natte en te droge omstandigheden hebben direct invloed op de groei. Dit geldt ook voor de referentiegewassen, gras-klover en triticale, die matig hebben gepresteerd en waarbij de opbrengst heel erg verschilde per jaar. Het gras-klover heeft enkel in het eerste jaar een goede opbrengst gegeven. In het tweede jaar was bijna alle klover verdwenen en was er ook sprake van droogte (2022 was een droog jaar) waardoor het gewas achterbleef. Ook in het derde jaar bleef

de productie sterk achter. De triticale heeft enkel in het tweede jaar een goede productie bereikt. Waarschijnlijk heeft de triticale minder last gehad van de droogte omdat op dat moment de meeste groei al had plaatsgevonden en het gewas enkel nog hoefde af te rijpen. De triticale is in het tweede jaar ook een maand eerder geoogst dan het meerjarig graan en had daarom waarschijnlijk minder last van de droge periode in de zomer. Gekeken naar de opbrengsten van de referentiegewassen kan gesteld worden dat in het huidige onderzoek ongeveer 50-75% van een normaal beoogde opbrengst behaald is. Het is daarmee aannemelijk dat de potentie voor productie van het meerjarig graan niet is waargemaakt binnen deze veldproef. Wanneer echter de opbrengsten van het meerjarig graan verhoogd zouden zijn met 50-75% dan zouden ze nog steeds lager zijn dan wat verwacht mag worden op basis van vergelijkende studies.

Mogelijk is binnen de proef te weinig bemest waardoor de opbrengsten achterbleven. Wat betreft risico op milieubelasting zou een ruimere mestgift nog mogelijk zijn bij het meerjarig graan. De uitgebreide beworteling van het meerjarig graan zou onder andere moeten bijdragen aan de opname van nutriënten zoals stikstof. Hierdoor kan uitspoeling voorkomen worden en de waterkwaliteit verbeterd worden ten opzichte van éénjarige teelten. In het najaar van het eerste teeltjaar zat het gehalte van N-mineraal bij het meerjarig graan op minder dan 5 kg N/ha. Alle aanwezige minerale stikstof is tijdens het groeiseizoen opgenomen waardoor nagenoeg geen uitspoeling plaats zal hebben gevonden in de winter. In het tweede en derde jaar was er nog een gehalte van ongeveer 25kg N/ha aanwezig. Ook dit is ruim laag genoeg om een goede waterkwaliteit te borgen. Gemiddeld over de drie jaren is het N-mineraal gehalte bij het meerjarig graan erg vergelijkbaar met het gras-klover en valt de triticale iets hoger uit. Tijdens het tweede jaar had de triticale een hoger gehalte N-mineraal (62kg N/ha) maar nog steeds binnen acceptabele grenzen voor waterkwaliteit. Omdat alle gewassen vrij extensief geteeld zijn, met lage bemesting, is er waarschijnlijk ook weinig verlies geweest door uitspoeling. Met de teelt van meerjarig graan kan de uitspoeling verkleind worden ten opzichte van éénjarige teelten zoals triticale en kunnen vergelijkbare goede resultaten voor waterkwaliteit behaald worden als met gras-klover.

Het meerjarige karakter van het gewas brengt ook, net als meerjarig grasland, voordelen voor de bodemkwaliteit. De bodemanalyses lieten een absoluut lager gehalte aan organische stof en N-totaal zien bij triticale in vergelijking met meerjarig graan en gras-klover, dit was echter niet significant. Omdat de afbraak en opbouw van organische stof erg langzaam gaat is er meer tijd nodig om tot grotere verschillen te komen. Sprunger *et al.* (2018) geven aan dat het zeker vier jaar duurt voordat meerjarig graan 15% meer organische stof heeft opgebouwd dan een éénjarige tarwe. De resultaten uit de huidige proef duiden er wel op dat die beweging is ingezet. Het meerjarig graan lijkt dus bij te dragen aan het behoud van een goede bodemkwaliteit en hogere gehalten organische stof.

Ook de bodemstructuur is goed bij het meerjarig graan. In de laag van 25-50cm diepte is er een trend dat de bodem onder het meerjarig graan meer kruimvormige en minder scherpblokkige bodemdeeltjes heeft dan gras-klover en triticale. Dit duidt erop dat het meerjarig graan vooral in diepere bodemlagen een verbetering kan geven aan de bodemstructuur.

In de mate van beworteling en het gevonden aantal wormen zat weinig verschil tussen de gewassen.

De donkere laag in de bodem was aanwezig tot gemiddeld 83cm diepte, daaronder zat wit zand dat erg verdicht was. De maximale bewortelingsdiepte liep voor alle gewassen ongeveer tot eenzelfde diepte. De gewassen maakten dus gebruik van de gehele bouwvoor. Een groot voordeel van meerjarig graan is de mogelijkheid om erg diepe beworteling te vormen en daarmee voeding en vocht uit de bodem te halen. Bij een veldproef met meerjarig graan op leemgrond in de Verenigde Staten waren er veel wortels gevonden op 40-60cm diepte en ging de beworteling door tot zeker 120cm diepte (Sainju, 2017). Ook was de totale wortelbiomassa van meerjarig graan minstens 12 keer zo groot als van zomertarwe. Echter was er bij onze proef op zandgrond geen mogelijkheid (of meerwaarde) voor het gewas om zo diep te wortelen. Dit kan mede verklaren waarom het gewas niet de volledige opbrengstpotentie heeft waargemaakt bij deze proef. Uit bodemmetingen bleek bovendien dat de bodem vanaf ongeveer 30cm diepte al een hoge indringingsweerstand had en moeilijk bewortelbaar was. Het meerjarig graan heeft daar geen verbetering in gegeven, wat na slechts drie jaar teelt ook niet de verwachting was. Ondanks dat er toch op grotere dieptes (enkele) wortels zijn gevonden zal het gros van de beworteling dus in de bovenste 30cm hebben gezeten, wat erg ondiep is voor meerjarig graan. Naar verwachting kan de meeste meerwaarde van het gewas behaald worden wanneer het flink dieper kan wortelen.

5 Conclusies en aanbevelingen

In deze oriënterende veldproef is het goed gelukt om het meerjarige graan Kernza te telen op een Nederlandse zandgrond. Het referentiegewas van éénjarig triticale graan leverde overwegend slechter resultaat op waterkwaliteit (N-mineraal), bodemstructuur, organische stof en microbiel bodemleven. Door de kleinschalige opzet van de proef waren de verschillen echter vaak niet significant en moet opgepast worden om hierover harde conclusies te trekken. Toch kan gesteld worden het meerjarig graan hoogstwaarschijnlijk bij kan dragen aan een goede bodem- en waterkwaliteit, vergelijkbaar met meerjarig gras-klaver. In toekomstig onderzoek is het aan te raden om ook andere ecosysteemdiensten te meten zoals (bovengrondse) biodiversiteit en waterhuishouding om een completer beeld te krijgen van de meerwaarde voor natuur en milieu.

De opbrengsten van de totale biomassa en het graan waren lager van verwacht op basis van vergelijkbare studies. Als veevoer is er vooral potentie voor ruwvoerproductie, waarmee een redelijke opbrengst behaald kan worden. Voornamelijk de voorjaarsnede heeft een hoge voederwaarde welke geschikt zou zijn voor melkvee. Echter levert gras-klaver minstens eenzelfde kwaliteit voer en een hogere opbrengst, alsook vergelijkbare voordelen voor natuur en milieu omdat het een blijvend gewas is. Wat het meerjarig graan onderscheidt van grasland is de graankorrel met een hoog eiwitgehalte, wat het mogelijk interessant maakt in humane voeding. Als veevoer kan het meerjarig graan naar verwachting slechts beperkt zetmeel leveren. De lage graanopbrengst met een relatief laag zetmeelgehalte is vooralsnog in opbrengst te laag om interessant te zijn als veevoer. Met de huidige opbrengsten is het meerjarig graan daarom nog geen (economische) concurrent voor voedergewassen zoals mais of graan, al missen die éénjarige gewassen voordelen voor bodem en milieu wat meerjarig graan wel kan bieden.

Door veredeling is de opbrengstpotentie al veel verbeterd en zal nog meer verbeterd worden in de toekomst. Door optimaal management kan de opbrengst ook nog verbeterd worden. Interessante aanknopingspunten hiervoor zijn het meerdere malen per jaar oogsten, in ieder geval een voorjaarsnede plus de graanoogst, en waar mogelijk ook nog een najaarsnede. Dit zou de opbrengst en de kwaliteit ten goede moeten komen en tegelijk de plant stimuleren om nieuwe scheuten te vormen. Hierdoor kan de plant mogelijk meer jaren productief blijven, waarbij ervaringen in het buitenland wijzen op de haalbaarheid van 4 á 5 jaar goede productie. Ook goed onkruidmanagement is van belang om concurrentie te verkleinen en betere opbrengsten te waarborgen. Mogelijk kan er in het tweede en derde jaar nog meer (machinaal) gewied worden. Doordat het meerjarig graan dan de bodem al ver bedekt heeft is wel enige schade aan het gewas te verwachten. Echter zou dit ook juist weer kunnen stimuleren dat er nieuwe scheuten ontstaan, wat de levensduur ten goede kan komen.

Ten slotte is de bodem een belangrijk uitgangspunt. In de huidige proef kon het meerjarig graan niet de volledige potentie benutten om beworteling te vormen. Wanneer wel een maximale

beworteling bereikt kan worden kan ook verwacht worden dat andere parameters verbeteren. Zo is te verwachten dat bij een uitgebreidere beworteling ook verbetering plaats zal vinden in o.a. het gehalte organische stof, de bodemstructuur en de opname van nutriënten en minder uitspoeling van stikstof. In Nederland is de zwarte laag op de meeste zandgronden ongeveer slechts 30cm diep met daaronder schraal zand, waardoor de mogelijkheid voor diepere beworteling beperkt is. Waarschijnlijk komt het gewas beter tot zijn recht op gronden die dieper doorwortelbaar zijn. Mogelijk kan op diepere lössgronden in Limburg een optimale beworteling en opbrengst verkregen worden. Deze gronden zijn, net als zandgrond, vaak ook gevoelig voor degradatie en uitspoeling, waar het meerjarig graan een positief beschermend effect op kan hebben. Bovendien wordt op dergelijke gronden momenteel al graan geteeld, waardoor technische ervaring bij agrariërs aanwezig is. Ook kleigronden kunnen dieper doorwortelbaar zijn, mits de grondwaterstand voldoende laag is. Hierbij moet echter wel rekening gehouden worden met het feit dat dit vaak duurdere gronden zijn waar normaliter gewassen met een hoger saldo gekweekt worden. Het zal bedrijfseconomisch minder aantrekkelijk zijn om daar extensieve gewassen als meerjarig graan te telen. Om de teelt in algemene zin economisch aantrekkelijker te maken zou gezocht kunnen worden naar vergoedingen voor andere zaken dan de gewasopbrengst, zoals goede waterkwaliteit, CO₂-opslag of verbetering van bodemkwaliteit en bodemleven.

- Het meerjarig graan kan meerwaarde geven voor bodem- en waterkwaliteit;
- Een diep doorwortelbare ondergrond is belangrijk;
- Door optimalisatie van management is naar verwachting nog veel te winnen in opbrengst;
- De grootste meerwaarde zit in het eiwitrijke graan voor humaan gebruik, gecombineerd met maaisels voor veevoer;
- Opbrengsten moeten door verdere veredeling verhoogd worden om het gewas interessanter te maken.

Bronnenlijst

- Bajgain, P., Zhang, X., Jungers, J. M., DeHaan, L. R., Heim, B., Sheaffer, C. C., ... & Anderson, J. A. (2020) 'MN-Clearwater', the first food-grade intermediate wheatgrass (*Kernza* perennial grain) cultivar. *Journal of Plant Registrations*.
- Culman, S. W., Snapp, S. S., Ollenburger, M., Basso, B., & DeHaan, L. R. (2013). Soil and water quality rapidly responds to the perennial grain *Kernza* wheatgrass. *Agronomy Journal*, 105(3), 735-744.
- CVB Tabellenboek Voeding Herkauwers 2022
- Duchene, O., Bathelier, C., Dumont, B., David, C., & Celette, F. (2023). Weed community shifts during the aging of perennial intermediate wheatgrass crops harvested for grain in arable fields. *European Journal of Agronomy*, 143(2023), 126721.
- Favre, J. R., Castiblanco, T. M., Combs, D. K., Wattiaux, M. A., & Picasso, V. D. (2019). Forage nutritive value and predicted fiber digestibility of *Kernza* intermediate wheatgrass in monoculture and in mixture with red clover during the first production year. *Animal Feed Science and Technology*, 258, 114298.
- Hunter, M. C., Sheaffer, C. C., Culman, S. W., Lazarus, W. F., & Jungers, J. M. (2020) Effects of defoliation and row spacing on intermediate wheatgrass II: forage yield and economics. *Agronomy Journal*.
- Jungers, J. M., DeHaan, L. R., Betts, K. J., Sheaffer, C. C., & Wyse, D. L. (2017). Intermediate wheatgrass grain and forage yield responses to nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 109(2), 462-472.
- Jungers, J. M., Frahm, C. S., Tautges, N. E., Ehlke, N. J., Wells, M. S., Wyse, D. L., & Sheaffer, C. C. (2018). Growth, development, and biomass partitioning of the perennial grain crop *Thinopyrum intermedium*. *Annals of Applied Biology*, 172(3), 346-354.
- Jungers, J. M., DeHaan, L. H., Mulla, D. J., Sheaffer, C. C., & Wyse, D. L. (2019). Reduced nitrate leaching in a perennial grain crop compared to maize in the Upper Midwest, USA. *Agriculture, ecosystems & environment*, 272, 63-73.
- Pugliese, J. Y., Culman, S. W., & Sprunger, C. D. (2019). Harvesting forage of the perennial grain crop *kernza* (*Thinopyrum intermedium*) increases root biomass and soil nitrogen cycling. *Plant and Soil*, 437(1-2), 241-254.
- Rahardjo, C. P., Chathurada, S., Gajadeera, Simsek S., Annor, G., Schoenfuss, T. C., Marti, A., Baraem P., & Ismail. (2018). Chemical characterization, functionality, and baking quality of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*). *Journal of Cereal Science*, 83(2018), 266-274.
- Sainju, U. P., Allen, B. L., Lenssen, A. W., & Ghimire, R. P. (2017). Root biomass, root/shoot ratio, and soil water content under perennial grasses with different nitrogen rates. *Field crops Research*, 210(2017), 283-191.
- Sprunger, C. D., Culman, S. W., Robertson, G. P., & Snapp, S. S. (2018). Perennial grain on a Midwest Alfisol shows no sign of early soil carbon gain. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(4), 360-372.
- Tautges, N. E., Jungers, J. M., DeHaan, L. R., Wyse, D. L., & Sheaffer, C. C. (2018). Maintaining grain yields of the perennial cereal intermediate wheatgrass in monoculture v. bi-culture with alfalfa in the Upper Midwestern USA. *The Journal of Agricultural Science*, 156(6), 758-773.