



Stikstofbenutting maisrassen

Auteur | J.A.M. Groten

WPR-OT 1035



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Stikstofbenutting maisrassen

ing. J.A.M. Groten 1)

1 Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van PPS ruwvoer, bodem en kringlooplandbouw uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit WUR Open Teelten.

De PPS Ruwvoer, Bodem en Kringlooplandbouw is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en een consortium van verschillende partijen uit de zaadveredelingsindustrie, de plantaardige productieketen en kennisinstellingen. (projectnummer BO-56.001.047).

Wageningen, augustus 2023

Rapport WPR-OT-1035

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/636272>

Samenvatting

Bij de beoordeling van 2 sets van proeven zijn er bij mais interessante, significante, genetische verschillen in stikstofgehalte, stikstofopname en daarmee in stikstofbenutting geconstateerd. Bij een jaarlijkse gift van 140 kg werkzame N per ha uit drijfmest en kunstmest, wat overeenkomt met circa 200 kg N totaal, neemt mais afhankelijk van het ras en groeiomstandigheden in set1 tussen de 180 en 215 kg N per ha op en in set2 tussen 240 en 310 kg N per ha op. De rasverschillen worden met name veroorzaakt door verschillen in droge stof opbrengst, maar er lijkt ook een rol weggelegd voor verschillen in stikstofgehalte. Wellicht interessant om stikstofgehalte in veredelingsprogramma's op te nemen. Stikstofopname zou als eigenschap opgenomen moeten worden op de Aanbevelende Rassenlijst.

Bij een bemesting volgens gebruiksnorm heeft mais in de meeste situaties een negatieve stikstofbalans, er wordt meer afgevoerd dan aangevoerd. In bepaalde situaties en bij bepaalde rassen kan er nog een geringe hoeveelheid stikstof uitspoelen. Hiervoor worden de verplichte vanggewassen ingezet. Hiermee is de kans op uitspoeling over het algemeen dus vrij gering. Bemestingsniveau en groeiomstandigheden in de praktijk, nu en in het verleden, lijken meer debet aan de hedendaagse stikstofuitspoeling op maispercelen.

Een geslaagd vanggewas neemt rond de 30 kg stikstof per ha op. Verschillen tussen maisrassen lijken vergelijkbaar of groter effect te hebben om de kans op uitspoeling te verkleinen en stikstof in de kringloop te houden. Dit betekent niet dan we geen vanggewassen meer hoeven te zaaien. Het effect van vanggewas en maisras zijn complementair in tijd en plaats, ook omdat het stikstofopname patroon van mais en het stikstofmineralisatie patroon niet synchroon lopen. Het effect van maisras lijkt wel meer gegarandeerd. De combinatie van juiste maisras en een geslaagd vanggewas geeft het grootste effect. Wellicht belangrijker is de bijdrage van het vanggewas aan de organische stof balans van de maisteelt. Laten we vanggewas, daarom ook maar weer groenbemester noemen.

Mais wordt niet gezien als eiwitgewas, toch komt de eiwitproductie per ha afhankelijk van groeiomstandigheden overeen met die van 3 tot 4 sneden gras. Waarbij er ook rasverschillen in eiwitproductie zijn die overeenkomen met de eiwitproductie van een halve tot een hele snede gras. Verder heeft mais een eiwitgehalte van circa 7%, daarbij zijn er rasverschillen in eiwitgehalte, die gemiddeld overeenkomen met 1.5%.

Zowel in het kader van het 65% zelfvoorzienend zijn op bedrijfsniveau en het streven naar een lager eiwitgehalte in het rantsoen, wellicht interessant om deze verschillen beter te bestuderen.

Trefwoorden: Mais, rassen, stikstofbenutting, stikstofgehalte, stikstofopname, vanggewas, eiwit.

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit WUR Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT-1035
Foto omslag: J.A.M. Groten

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Materiaal en Methoden	8
3 Resultaten	9
3.1 Niveau rassensortiment	9
3.2 Rasverschillen in stikstofgehalte en stikstofopname	9
3.2.1 Set 1	9
3.2.2 Set2	11
3.3 Correlaties tussen eigenschappen	12
3.3.1 Relatie stikstofopname en droge stofopbrengst	12
3.3.2 Relatie stikstofgehalte en stikstofopname	14
3.3.3 Relatie stikstofgehalte en droge stofopbrengst	14
3.3.4 Relatie stikstofopname en vroegheid (ds-gehalte), vroegheid van bloei, plantlengte, zetmeelgehalte.	15
3.4 Significantie van gevonden verschillen	16
3.4.1 Set 1	17
3.4.2 Set 2	18
3.5 Eiwitgehalte en eiwitopbrengst	18
4 Discussie	19
4.1 Beoordeling van de gebruikte sets van rassen	19
4.2 Stikstofgehalte	19
4.3 Stikstofopname	20
4.4 Eiwitgehalte en eiwitopbrengst	22
5 Conclusies en aanbevelingen	24



Samenvatting

Om een indicatie te kunnen geven van de rasverschillen in stikstofefficiëntie bij mais, is in dit onderzoek bepaald wat de verschillen in stikstofgehalte en stikstofopname zijn, waarbij de basisgift van 140 werkzame kg N per ha voor alle rassen gelijk was. Deze gift komt bij 40 m³ rundveedrijfmest en 40 kg kunstmeststikstof in de rij overeen met circa 200 kg N totaal. Hierbij zijn de resultaten van 2 sets van rassenproeven over de jaren 2019 tot en met 2022 beoordeeld. Set 1 bestond uit 11 proeven met 60 rassen in Noord Nederland en set 2 uit 8 proeven met 46 rassen in Zuid-Nederland.

Er kan geconcludeerd worden dat er bij mais significante, genetische verschillen zijn in stikstofgehalte, stikstofopname en daarmee in stikstofbenutting. Bij een jaarlijkse gift van 140 kg werkzame N per ha uit drijfmest en kunstmest, was de stikstofopname in set 1 afhankelijk van het ras circa 180 tot 215 kg N per ha, dus een rasverschil van een kleine 35 kg N per ha. In set 2 verschilden de stikstofopname tussen rassen van circa 235 tot 305 kg N per ha, dus een rasverschil rond 70 kg N per ha. Bij praktisch opbrengstniveau zal rasverschil in stikstofopname ongeveer 30-50 kg N per ha zijn.

Bij de aangegeven bemesting heeft mais in de meeste situaties dus een negatieve stikstofbalans, er wordt per hectare meer afgevoerd (180 tot 305 kg N) dan aangevoerd (200 kg N). Mais, zeker in combinatie met een geslaagd vanggewas is voor stikstof dus meestal geen uitspoeling gevoelig gewas. Dat er in de praktijk wel af en toe stikstofuitspoeling optreedt heeft veelal te maken met een onevenwichtige bemesting en/of slechte groeiomstandigheden.

De ras volgorde in stikstofopname en droge stofopbrengst komen redelijk goed overeen. Bij het stikstofgehalte is er geen verband met de stikstofopname. Rasverschillen in stikstofopname worden met name veroorzaakt door verschillen in droge stof opbrengst, maar er lijkt wel degelijk een rol weggelegd voor verschillen in stikstofgehalte. In het algemeen neemt het stikstofgehalte af bij toenemende opbrengst (verdunningseffect), maar er zijn ook rassen met een hoog stikstofgehalte bij een hoge opbrengst. Voor de veredelaars wellicht toch goed om stikstofgehalte in het veredelingsprogramma op te nemen.

Om de stikstofopname te verhogen en daarmee de kans op stikstofuitspoeling te verminderen moet gestreefd worden naar de hoogste droge stofopbrengst. Naast een rassenkeuze op droge stofopbrengst, betekent dat een goed zaaizaad, een voldoende basisbemesting, optimale groeiomstandigheden, het voorkomen van stress en concurrentie, en het juiste oogstmoment. Beregenen om droogtestress te voorkomen levert daarmee een positieve bijdrage aan de stikstofopname en verkleint de kans op stikstofuitspoeling. Beregening niet alleen tijdens de bloei, maar met name ook in de vegetatieve fase. Een beregeningsverbod zal de kans op stikstofuitspoeling vergroten.

In dit onderzoek is er geen verband gevonden tussen stikstofopname en vroegheid, vroegheid van bloei, plantlengte of zetmeelgehalte/voederwaarde.

De stikstofopname van mais is in dit onderzoek, afhankelijk van ras en groeiomstandigheden, 180 tot ruim 300 kg stikstof per ha. Dit is aanvullend op de stikstofopname van vanggewassen. Als een vanggewas slaagt neemt deze per hectare circa 30 kg stikstof op. Mais neemt met name stikstof op in de maanden juni, juli en augustus en ook dieper uit de bouwvoor, terwijl het vanggewas dit met name meer doet boven in de bouwvoor in de maanden september, oktober en in het voorjaar. De stikstof die niet opgenomen wordt door mais kan bij veel regenval in het groeiseizoen al uitspoelen. Maisrassen die meer stikstof opnemen verkleinen de kans op uitspoeling van stikstof en houden deze in de kringloop. Deze 100% garantie is er bij het door het vanggewas opgenomen stikstof niet. Ook is er geen garantie dat een vanggewas slaagt. Het belang van het verschil in stikstofopname van maisrassen lijkt meer impact op de uitspoeling van stikstof te hebben dan de stikstofopname door een vanggewas. Beide spelen echter een rol om uitspoeling te voorkomen.

De extra stikstof die mais in veel gevallen boven de via bemesting gegeven stikstof opneemt, is met name afkomstig uit mineralisatie van organische stof. De inzet van een groenbemester (vanggewas) is daarom,

naast stikstof vangen, extra belangrijk om deze organische stof weer aan te vullen. Niet alleen voor deze extra stikstof in de komende jaren, maar ook voor een betere algemene bodemvruchtbaarheid en vochtvoorziening. Dit garandeert betere groeiomstandigheden, hogere opbrengsten en stikstofopname voor nu en in de toekomst.

Bij een evenwichtige bemesting, minimaliseert de kans op stikstofuitspoeling door een juiste maisrassenkeuze en de juiste inzet van een groenbemesters. Stikstofopname zou daarom een eigenschap op de Aanbevelende Rassenlijst moeten zijn. Telers, die mais telen op meer uitspoelingsgevoelige percelen, kunnen dan rassen kiezen met een hogere stikstofopname.

Hoewel mais niet wordt gezien als eiwitgewas, komt de eiwitproductie per ha afhankelijk van de groeiomstandigheden overeen met die van 3 tot 4 sneden gras of te wel gemiddeld 1250 tot 1700 kg eiwit per ha. Waarbij er ook rasverschillen in eiwitproductie zijn, die overeenkomen met de eiwitproductie van een halve tot een hele snede gras, te weten 200 tot 450 kg eiwit. Verder heeft mais een eiwitgehalte van circa 7%. Er zijn echter rasverschillen in eiwitgehalte, die gemiddeld overeenkomen met 1.5%. Zowel in het kader van het 65% zelfvoorzienend zijn op bedrijfsniveau en het streven naar een lager eiwitgehalte in het rantsoen, wellicht interessant om deze verschillen beter te bestuderen.

De resultaten van dit onderzoek hebben geleid tot nieuwe vragen voor vervolgonderzoek.

- Waar in het groeiseizoen treden de rasverschillen in stikstofgehalte en stikstofopname op en wat is de eventuele oorzaak hiervan? Neemt een ras in het voorjaar al meer stikstof op of gaat een ras ook na de bloei langer door met stikstof opnemen? Wat is de rol hierbij van locatie en het wortelstelsel qua omvang en gezondheid? Speelt genetisch verschil in droogtestress en stikstofefficiëntie ook een rol?
- Stikstof bemestingsadvies is veelal afgeleid van resultaten van onderzoek rond 1990, toen maisrassen per hectare circa 30% minder produceerden. Wat is tegenwoordig de meest optimale stikstofbemesting voor maximale stikstofbenutting en opbrengst, waarbij rekening gehouden wordt met mestsoorten/producten, tijdstip en plaatsing van de mest en wellicht locatie effecten?
- Kan er op stikstofgehalte veredeld worden, zonder dat dit te veel ten koste gaat van andere ras eigenschappen?
- Deskstudie naar het belang van rasverschillen in eiwitgehalte op rantsoenniveau en eiwitopbrengst op bedrijfsniveau.

1 Inleiding

In het debat rond stikstof speelt de stikstofbenutting van gewassen ook een rol. Specifiek bij de teelt van mais gaat het hier voor een belangrijk deel over de uitspoeling in de herfst en winter van niet opgenomen stikstof.

De regelgeving is hier reeds op ingespeeld. Om de stikstof uitspoeling bij de teelt van mais op zandgrond te beperken is het verplicht vóór 1 oktober een stikstof-vanggewas in te zaaien. Bij een geslaagd vanggewas is de algemene norm dat er circa 30 kg stikstof door het vanggewas wordt opgenomen. Deze 30 kg blijft dan in het systeem (kringloop) en kan dan niet uitspoelen gedurende de winter en het voorjaar.

De datum 1 oktober geeft in de praktijk nog wel eens een probleem, omdat de mais vóór die datum niet altijd het gewenste droge stofgehalte bereikt heeft. Enerzijds omdat de weersomstandigheden niet altijd meewerken of omdat er een te laat maisras is gekozen.

In plaats van nazaai van het vanggewas is het echter ook mogelijk tijdens het groeiseizoen bepaalde grassen als vanggewas onder de mais te zaaien. Dit kan als directzaai, dus tegelijk met de inzaai van de mais, maar dit kan ook rond het 5 bladstadium van de mais. Directzaai geeft nu en dan wat complicaties met de beheersing van deze onderzaai als ook bij de onkruidbestrijding. Onderzaai rond het 5 bladstadium geeft de nodige complicaties qua werkorganisatie bij met name loonwerkers rond dat tijdstip, als ook bij het aanslaan en voldoende ontwikkeling van de grasonderzaai.

Deze complicaties veroorzaken in de praktijk veelal geen geslaagd vanggewas en de opname norm van 30 kg stikstof in het vanggewas, wordt dan ook meestal niet gehaald.

Wellicht is het qua beperking van de uitspoeling wel interessanter om te kijken naar een ander spoor, het maisras. Hoeveel stikstof neemt de mais gedurende het groeiseizoen op en in hoeverre zijn hier verschillen tussen rassen. Het is bekend dat stikstofgehalte, maar met name opbrengsten van maisrassen van elkaar verschillen. Dit veroorzaakt verschil in stikstofopname tussen rassen. De eerste vraag is hoe groot zijn deze verschillen en hoe interessant zijn deze verschillen om de stikstof uitspoeling na de mais teelt te beperken. Dit ook bezien in relatie tot het hierboven beschreven effect van vanggewassen op de beperking van deze stikstofuitspoeling.

Een andere (politiek) gewenste norm is het 65% zelfvoorzienend zijn voor de eiwitbehoefte op een veebedrijf. Voor de eiwit voorziening van de veestapel wordt met name gekeken naar gras. Mais wordt meer gezien als het gewas dat de energie levert (VEM/kg ds en zetmeelgehalte). In dit onderzoek naar stikstofbenutting van maisrassen, is het stikstofgehalte afgeleid van het ruw eiwitgehalte. Omdat we deze info beschikbaar hadden hebben we ook gekeken naar de verschillen tussen rassen in ruw eiwitgehalte en ruw eiwitopbrengst. De tweede vraag is zijn de rasverschillen in eiwitproductie per hectare interessant genoeg om een rol te kunnen spelen in de zelfvoorzienend zijn in eiwitbehoefte.

In dit onderdeel van de PPS – Ruwvoer, Bodem, Kringlooplandbouw is getracht een antwoord te vinden op deze 2 vragen. Het antwoord zal iets zeggen over de praktijkwaarde van de gevonden verschillen. Mogelijk kan dan via gerichte rassenkeuze de N-benutting in de maisteelt worden verhoogd.

2 Materiaal en Methoden

Om de vragen te beantwoorden zijn de resultaten van 2019 t/m 2022 van 2 sets van rassenproeven gebruikt. Het zijn blokkenproeven met sub-blokken. Eén set (set 1) met een relatief laag opbrengstniveau, veroorzaakt door relatief vroege rassen en minder optimale groeiomstandigheden (weer en vruchtbaarheid/bouwvoordikte). De tweede set (set 2) met een relatief hoog opbrengstniveau, veroorzaakt door relatief late rassen en meer optimale groeiomstandigheden.

Voor set 1 zijn in totaal 11 proeven gebruikt, waarbij 60 rassen in 3 herhalingen met elkaar zijn vergeleken. Voor set 2 zijn in totaal 8 proeven gebruikt, waarbij 46 rassen in 3 herhalingen met elkaar zijn vergeleken. Op alle proeven is de stikstofbemesting afgestemd op de gebruiksnorm van 140 kg werkzame N per ha.

Bij rassenproeven vallen elk jaar de slechtste rassen af en komen nieuwe rassen in onderzoek, waardoor niet alle rassen alle 4 jaar in beproeving hebben gelegen. Om toch een uitspraak te kunnen doen over alle geteste rassen, is voor de vergelijking het resultaat omgewerkt naar een relatieve waarde per jaar, waarbij de 100 waarde per jaar gevormd wordt door de rassen, die alle 4 jaar in de proeven hebben gelegen. Op basis hiervan kan een zeer goede indicatie worden gegeven over de waarde van de rasverschillen (paragraaf 3.1).

Per proef is per herhaling de verse opbrengst gewogen en een monster genomen, dat door Eurofins is geanalyseerd op droge stofgehalte (klassiek-oven) en vervolgens op diverse parameters geanalyseerd met NIRS. Hierbij is naast VEM/kgds, zetmeelgehalte, suikergehalte, celwandgehalte ook het ruw eiwitgehalte bepaald. Uit het ruw eiwitgehalte is het stikstofgehalte berekend door deze te delen door 6,25.

De droge stofopbrengst is berekend uit verse opbrengst en het droge stofgehalte. De stikstof opbrengst (N-opname) en de ruw eiwit opbrengst per hectare zijn berekend door de droge stofopbrengst te vermenigvuldigen met respectievelijk het stikstofgehalte en het ruw eiwitgehalte. In paragraaf 3.2 zijn de rasverschillen in stikstofgehalte en stikstofopname weergegeven.

Naast de beoordeling van de rasverschillen is er in paragraaf 3.3 ook gekeken naar verbanden tussen eigenschappen. Dit is beoordeeld op basis van correlatiecoëfficiënten van lineaire regressielijnen.

Om meer te kunnen zeggen over de betrouwbaarheid van de meerjarige verschillen zijn in paragraaf 3.4 de resultaten van de rassen die in het laatste jaar van onderzoek (2022) lagen per jaar verwerkt via Genstat (jaar gemiddelden verkregen via ANOVA met sub-blokcorrectie). De rassen, die in de loop van de jaren zijn afgevallen werden niet meegenomen in deze vergelijking. Uiteindelijk zaten er in 2022 in set 1 28 rassen en in set 2 19 rassen.

3 Resultaten

3.1 Niveau rassensortiment

Om een indruk te krijgen van het niveau van en de range in het beoordeelde sortiment van rassen is in tabel 3.1 per eigenschap het niveau en de range in rasverschillen weergegeven.

Ter verduidelijking van de waarden, zullen deze toegelicht worden voor de eigenschap droge stofopbrengst. Bij set 1 is op proefniveau op de proef met de laagste range het verschil tussen de rassen 3.2 ton/ha en op de proef met de hoogste range 5.4 ton/ha. Bij het meerjarig gemiddelde heeft het ras met laagste opbrengst 15.9 ton/ha en het ras met de hoogste opbrengst 20.1 ton/ha. Bij set 2 is op proefniveau minimum range en maximum range respectievelijk 3.5 ton/ha en 5.9 ton/ha. Bij deze set met het hogere opbrengstniveau is in het meerjarig gemiddelde de minimale opbrengst 20.3 ton/ha en de maximale opbrengst 25.5 ton/ha. In set 1 is de gemiddelde droge stofopbrengst rond 18 ton/ha en bij set 2 rond 23 ton/ha.

Niveau van droge stofopbrengst op de proeven is goed te noemen. Wel goed te realiseren dat dit proefveld opbrengsten zijn. De praktijkopbrengsten liggen gemiddeld rond 10-20% lager (inschatting). De voederwaarde (VEM/kg ds) en zetmeelgehalte (ZMG) komen wel overeen met de waarden die in de praktijk gerealiseerd worden, waarbij er voor beide eigenschappen een vrij grootte range is. De range in vroegheid (droge stofgehalte) is vrij groot bij zowel set 1 als set 2, respectievelijk 14.9% en 9.6%. Dit alles geeft aan dat dat met beide sets een zeer breed scala aan rassen wordt vertegenwoordigd.

Tabel 3.1 Per eigenschap niveau en range in rasverschillen op niveau van proef en meerjarige resultaten.

	Per Set - Range in rasverschillen per proef (min en max) in linker kolom per set en over proeven en jaren, meerjarig gemiddelde (min-max en range) in rechterkolom per set.					
	Set 1			Set 2		
	Range proefniveau	Meerjarig gemiddelde		Range proefniveau	Meerjarig gemiddelde	
	min-max	min-max	range	min-max	min-max	range
Droge stofopbrengst	3.2-5.4	15.9-20.1	4.2	3.5-5.9	20.3-25.5	5.2
Stikstofgehalte	0.13-0.29	1-1.23	0.23	0.14-0.29	1.00-1.29	0.29
Stikstofopname	26-67	183-216	34	39-84	237-308	72
Ruw eiwitgehalte	0.78-1.84	6.24-7.66	1.45	0.89-1.78	6.24-8.04	1.8
Ruw eiwit-opbrengst	161-418	1141-1351	210	243-523	1479-1926	447
Droge stofgehalte	4.4-18.6	27.4-42.3	14.9	6.0-10.3	30.3-39.9	9.6
Zetmeelgehalte	55-215	296-433	136	92-283	249-428	179
Plantlengte	27-62	256-319	63	43-55	307-373	66
Bloei - dagen na zaai	4.0-15.0	72-87	15	5.0-8.0	84-92	8
VEM/kg ds	51-128	922-1014	92	69-105	912-1005	93

3.2 Rasverschillen in stikstofgehalte en stikstofopname

3.2.1 Set 1

Uit de resultaten van tabel 3.1 blijkt dat op proefniveau de range tussen ras met hoogste en laagste stikstofgehalte in set 1 minimaal 0.13 en maximaal 0.29 is. Het meerjarig gemiddelde over de 11 proeven is

voor ras met laagste stikstofgehalte 1.00% en voor ras met hoogste stikstofgehalte 1.23%. De range is dus 0.23 procentpunt, absoluut een klein verschil, maar wat relatief overeenkomt met ruim 20% verschil in stikstofgehalte tussen rassen.

Dit is ook terug te vinden in tabel 3.2, waar per proef tevens de 100=waarde, ras met laagste gehalte en ras met hoogste gehalte zijn weergegeven.

Wat opvalt is dat met name in het jaar 2021 het stikstofgehalte op proef N2101 en N2103 erg laag is en de proef N2002 in 2020 een erg hoog stikstofgehalte heeft.

Tabel 3.2 Set 1 - Stikstofgehalte per proef (linker kolommen) en meerjarig gemiddelde (2 rechter kolommen), 100= ; minimum/maximum; range.

	Stikstofgehalte in %												meerjarig relatief	meerjarig absoluut
	Proef													
	N1901	N1902	N1903	N2001	N2002	N2003	N2101	N2102	N2103	N2202	N2203			
100=	1.11	1.09	1.09	1.10	1.28	1.02	0.94	1.07	0.92	1.04	1.13	100	1.07	
Minimum	96	94	96	92	95	94	90	95	86	94	92	93	1.00	
Maximum	120	112	108	119	118	114	114	113	108	106	107	115	1.23	
Range	24	19	12	27	22	21	24	17	22	12	15	22	0.23	

Om de stikstofopname per ras te kunnen beoordelen wordt het stikstofgehalte vermenigvuldigd met de droge stofopbrengst per ha, waarvan het gemiddelde per proef en het meerjarig gemiddelde zijn weergegeven in tabel 3.3. Meerjarig gemiddeld is de waarde van het ras met de laagste opbrengst 15.9 ton/ha en die van het ras met de hoogste opbrengst 20.1 ton/ha. Dit betekent relatief een verschil van ruim 20%. Opvallend is de lage opbrengst op proef N2002 en N2203.

Tabel 3.3 Set 1 - Droge stofopbrengst per proef (linker kolommen) en meerjarig gemiddeld (2 rechter kolommen), 100=; minimum/maximum; range.

	Droge stofopbrengst in ton/ha												meerjarig relatief	meerjarig absoluut
	Proef													
	N1901	N1902	N1903	N2001	N2002	N2003	N2101	N2102	N2103	N2202	N2203			
100=	21.6	19.3	21.6	20.7	15.7	19.5	20.3	20.0	18.5	18.4	16.1	100	19.2	
Minimum	82	80	85	89	87	89	78	85	85	92	90	83	15.9	
Maximum	107	108	106	107	109	107	104	106	106	112	110	104	20.1	
Range	25	28	21	18	23	17	26	21	21	20	20	22	4.2	

In tabel 3.4 is de stikstofopname per proef en het meerjarig gemiddelde weergegeven. Uit tabel 3.1 blijkt dat het verschil tussen rassen op proefniveau varieert van minimaal 26 en maximaal 67 kg N per ha. Het meerjarig gemiddelde over de 11 proeven is voor ras met laagste stikstofopname 183 kg N/ha en voor ras met hoogste stikstofopname 216 kg N/ha. De range is dus 34 kg N/ha wat relatief overeenkomt met ruim 15%. Opvallend is de lage stikstofopname op proef N2103 en N2203 en wellicht ook op proef N2101 en N2202.

Omdat het stikstofgehalte is afgeleid van het ruw eiwitgehalte, zijn de relatieve waarden voor ruw eiwitgehalte gelijk aan die van het stikstofgehalte en die van ruw eiwitopbrengst gelijk aan die van stikstofopname. De absolute waarden verschillen wel. Voor het meerjarig gemiddelde zijn de volgende waarden van kracht voor het ruw eiwitgehalte. Het laagste meerjarig gemiddelde is 6.24 en het hoogste 7.66. Een absoluut verschil van 1.45%. Voor ruw eiwitopbrengst zijn deze waarden respectievelijk 1141, 1351 en 210 kg ruw eiwit/ha.

Tabel 3.4 Set 1 - Stikstofopname per proef (linker kolommen) en meerjarig gemiddelde (2 rechter kolommen). 100= ; minimum/maximum; range.

	Stikstofopname in kg per ha.												
	Proef											Meerjarig	Meerjarig
	N1901	N1902	N1903	N2001	N2002	N2003	N2101	N2102	N2103	N2202	N2203	relatief	absoluut
100=	240	211	235	227	200	199	193	214	170	192	183	100	206
Minimum	86	86	88	92	94	94	80	89	86	92	90	89	183
Maximum	114	114	107	108	110	107	107	110	110	108	112	105	216
Range	28	28	19	15	17	13	26	21	24	16	21	16	34

3.2.2 Set2

Uit de resultaten van tabel 3.1 blijkt dat op proefniveau de range tussen ras met hoogste en laagste stikstofgehalte in set 2 minimaal 0.14 en maximaal 0.29 is. Het meerjarig gemiddelde over de 8 proeven is voor het ras met het laagste stikstofgehalte 1.00% en voor het ras met het hoogste stikstofgehalte 1.29%. De range is absoluut 0.29 procentpunt wat relatief overeenkomt met bijna 30% verschil in stikstofgehalte tussen rassen.

Dit is ook terug te vinden in tabel 3.5, waar per proef tevens de 100=waarde, ras met laagste gehalte en ras met hoogste gehalte zijn weergegeven.

Tabel 3.5 Set 2 - Stikstofgehalte per proef (linker kolommen) en meerjarig gemiddelde (2 rechter kolommen), 100= ; minimum/maximum; range.

	Stikstofgehalte in %									
	Proef								Meerjarig	Meerjarig
	Z1901	Z1902	Z2001	Z2002	Z2101	Z2102	Z2201	Z2202	relatief	absoluut
100=	1.05	1.11	1.09	1.16	1.21	1.08	1.15	1.17	100	1.13
Minimum	98	98	97	95	90	87	98	97	89	1.00
Maximum	111	117	111	113	114	110	111	111	114	1.29
Range	14	19	14	18	24	23	13	14	26	0.29

Om de stikstofopname per ras te kunnen beoordelen wordt het stikstofgehalte vermenigvuldigd met de droge stofopbrengst per ha, waarvan gemiddelde per proef en meerjarig gemiddelde zijn weer gegeven in tabel 3.6. De meerjarig gemiddelde droge stofopbrengst over de 8 proeven is voor het ras met de laagste opbrengst 20.3 ton/ha en het ras met de hoogste opbrengst 25.5 ton/ha, dus een range van 5.2 ton/ha. Het opbrengstniveau in set 2 is daarmee ruim 5 ton/ha hoger dan die in set 1.

In tabel 3.7 is de stikstofopname per proef en het meerjarig gemiddelde weergegeven. Uit tabel 3.1 blijkt dat het verschil tussen rassen op proefniveau varieert van minimaal 39 en maximaal 84 kg N per ha. Het meerjarig gemiddelde over de 8 proeven is voor ras met laagste stikstofopname 237 kg N/ha en voor ras met hoogste stikstofopname 308 kg N/ha. De range is dus 72 kg N/ha wat relatief overeenkomt met ruim 25%. Opvallend is de hoge stikstofopname op proef Z2101.

Tabel 3.6 Set 2 –Droge stofopbrengst per proef (linker kolommen) en meerjarig gemiddelde (2 rechter kolommen), 100=; minimum/maximum; range.

	Droge stofopbrengst in ton/ha								Meerjarig relatief	Meerjarig absoluut
	Proef									
	Z1901	Z1902	Z2001	Z2002	Z2101	Z2102	Z2201	Z2202		
100=	24.3	23.7	22.7	23.3	25.8	24.3	25.2	21.9	100	23.9
Minimum	86	82	84	84	83	88	95	95	85	20.3
Maximum	109	100	106	107	106	108	115	111	107	25.5
Range	22	18	21	23	23	20	20	16	22	5.2

Tabel 3.7 Set 2 - Stikstofopname per proef (linker kolommen) en meerjarig gemiddelde (2 rechter kolommen). 100= ; minimum/maximum; range.

	Stikstofopname in kg N/ha								Meerjarig relatief	Meerjarig absoluut
	Proef									
	Z1901	Z1902	Z2001	Z2002	Z2101	Z2102	Z2201	Z2202		
100=	255	265	246	270	312	263	289	256	100	270
Minimum	93	86	90	91	88	88	94	95	88	237
Maximum	108	103	112	118	115	115	122	116	114	308
Range	15	16	22	27	27	27	28	21	27	72

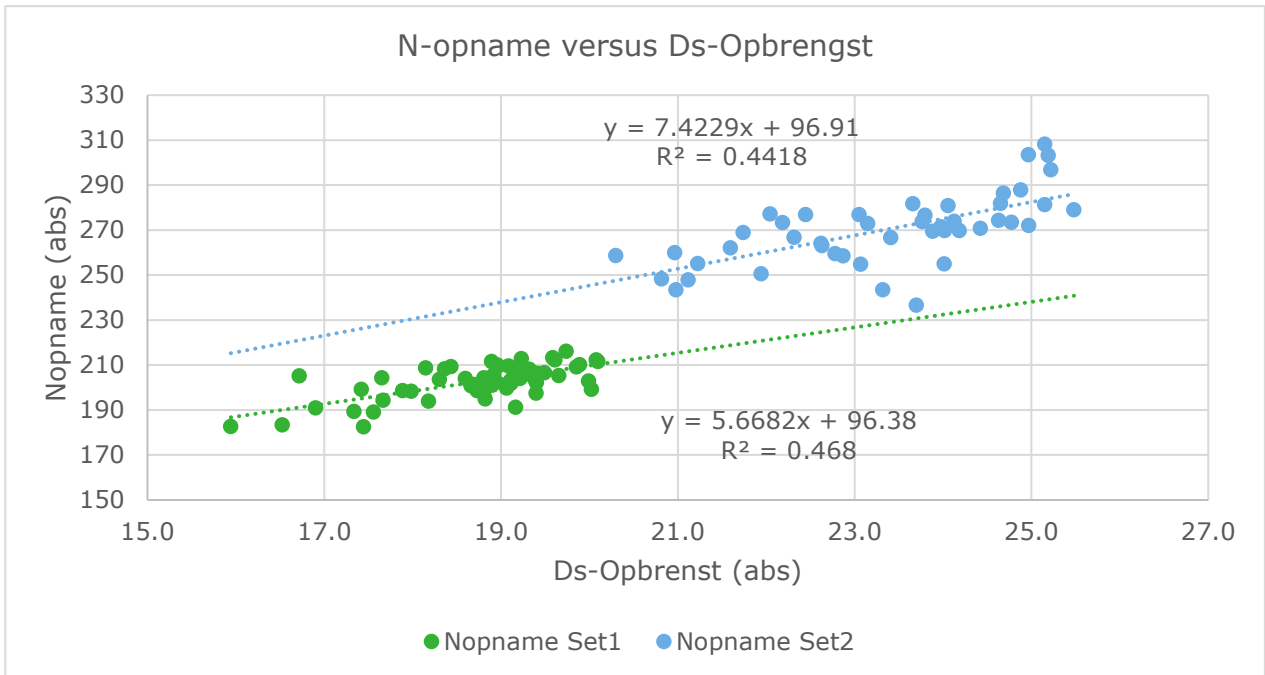
Omdat het stikstofgehalte is afgeleid van het ruw eiwitgehalte, zijn de relatieve waarden voor ruw eiwitgehalte gelijk aan die van het stikstofgehalte en die van ruw eiwitopbrengst gelijk aan die van stikstofopname. De absolute waarden verschillen wel. Voor het meerjarig gemiddelde zijn de volgende waarden van kracht voor het ruw eiwitgehalte. Het laagste meerjarig gemiddelde is 6.24 en het hoogste 8.04. Een absoluut verschil van 1.8%. Voor ruw eiwitopbrengst zijn deze waarden respectievelijk minimaal 1479, maximaal 1926 en een verschil van 447 kg ruw eiwit/ha.

3.3 Correlaties tussen eigenschappen

Het is van belang te weten welke eigenschappen met elkaar gecorreleerd zijn. Dit zou een mogelijke verklaring kunnen geven voor de geconstateerde verschillen. Hoe zijn droge stofopbrengst en stikstofgehalte gecorreleerd met de stikstofopname? Hebben langere rassen een lager stikstofgehalte of hebben rassen met een hoog zetmeelgehalte een hoger stikstofgehalte of hebben laat bloeiende rassen een hoger stikstofgehalte en/of stikstofopname? Wellicht geeft dit onderzoek daar ook enig inzicht in.

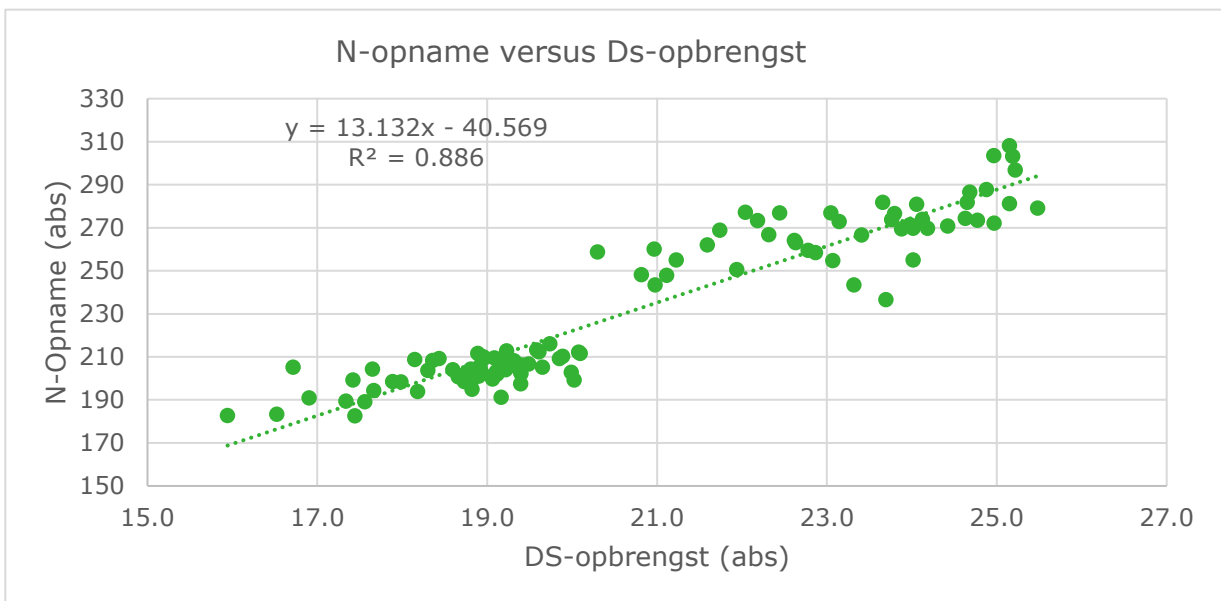
3.3.1 Relatie stikstofopname en droge stofopbrengst

In eerste instantie is de vraag hoe de stikstofopname, afgeleide van de droge stofopbrengst en het stikstofgehalte, correleert met deze 2 eigenschappen. In figuur 3.1 is voor set 1 en 2 de stikstofopname uitgezet tegen de droge stofopbrengst.



Figuur 3.1 Set 1 en 2, weergave stikstofopname uitgezet tegen de droge stofopbrengst.

Voor een agronomische vergelijking zijn de correlaties redelijk hoog. Met voor set 1 $r=0.68$ en voor set 2 $r=0.66$ lijkt de N-opname toe te nemen bij hoger droge stofopbrengst. Bij extrapolatie van de lijnen lijkt er een niveau verschil te zijn tussen set 1 en set 2.

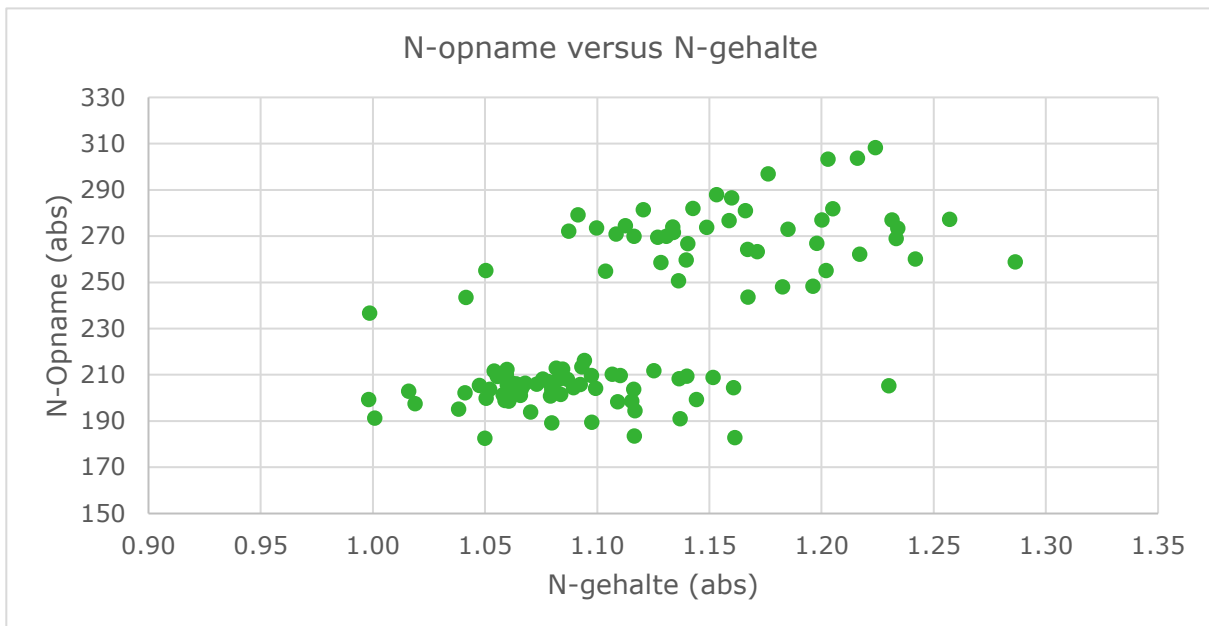


Figuur 3.2 Gekoppelde sets 1 en 2, weergave stikstofopname uitgezet tegen droge stofopbrengst.

Hoewel het in principe niet mag om set 1 en set 2 aan elkaar te koppelen, omdat deze beproefd zijn op verschillende percelen en ook de rassen afwijkend zijn is het toch interessant om beide sets aan elkaar te koppelen, omdat waar het niveau in opbrengst bij set 1 ophoudt, deze bij set 2 ongeveer op dat niveau begint. In figuur 3.2 is dat uitgewerkt voor de relatie tussen N-opname en droge stofopbrengst. Dit is in principe een oneigenlijk verband, omdat de basis voor de resultaten ongelijk is. De correlatie tussen stikstofopname en droge stofopbrengst lijkt nu wel veel hoger met $r=0.94$ en een inschatting van de stikstofopname zou te berekenen zijn uit de droge stofopbrengst met de vergelijking $N\text{-opname} = 13.13 * \text{droge stofopbrengst ton/ha} - 40\text{kgN}$.

3.3.2 Relatie stikstofgehalte en stikstofopname

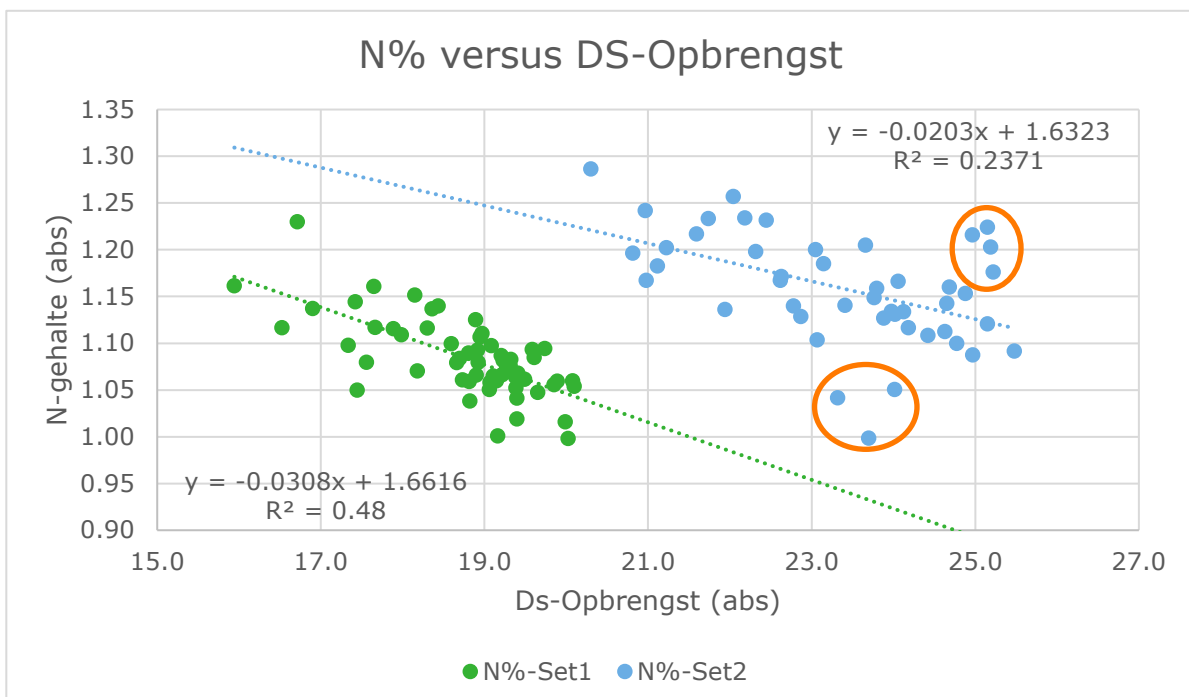
In figuur 3.3 is voor zowel set 1 als set 2 het verband tussen N-opname en het stikstofgehalte af te lezen. Binnen de sets lijkt er geen verband te bestaan. Wel loopt de range in set 1 veel meer van 1 tot 1.15 en in set 2 veel meer van 1.1 tot 1.25 te lopen. Dus bij beide een range van 15%.



Figuur 3.3 Voor set 1 (lager niveau N-opname) en set 2 stikstofopname uitgezet tegen stikstofgehalte.

3.3.3 Relatie stikstofgehalte en droge stofopbrengst

In figuur 3.4 is het verband tussen droge stofopbrengst en stikstofgehalte weergegeven. In set 1 is er een redelijk negatieve correlatie te zien met $r = -0.69$. Stikstofgehalte neemt af bij hogere opbrengst (het verdunningseffect). In set 2 is deze negatieve correlatie in mindere mate aanwezig, met $r = -0.49$. In set 2 lijken er een aantal rassen af te wijken. Een aantal rassen heeft bij een hoge droge stofopbrengst toch ook een relatief hoger stikstofgehalte. Waar er ook een aantal rassen bij een gemiddelde droge stofopbrengst een relatief laag stikstofgehalte lijken te hebben. In figuur 3.1 en 3.2 zijn deze rassen ook telkens terug te vinden (oranje omcirkeld).

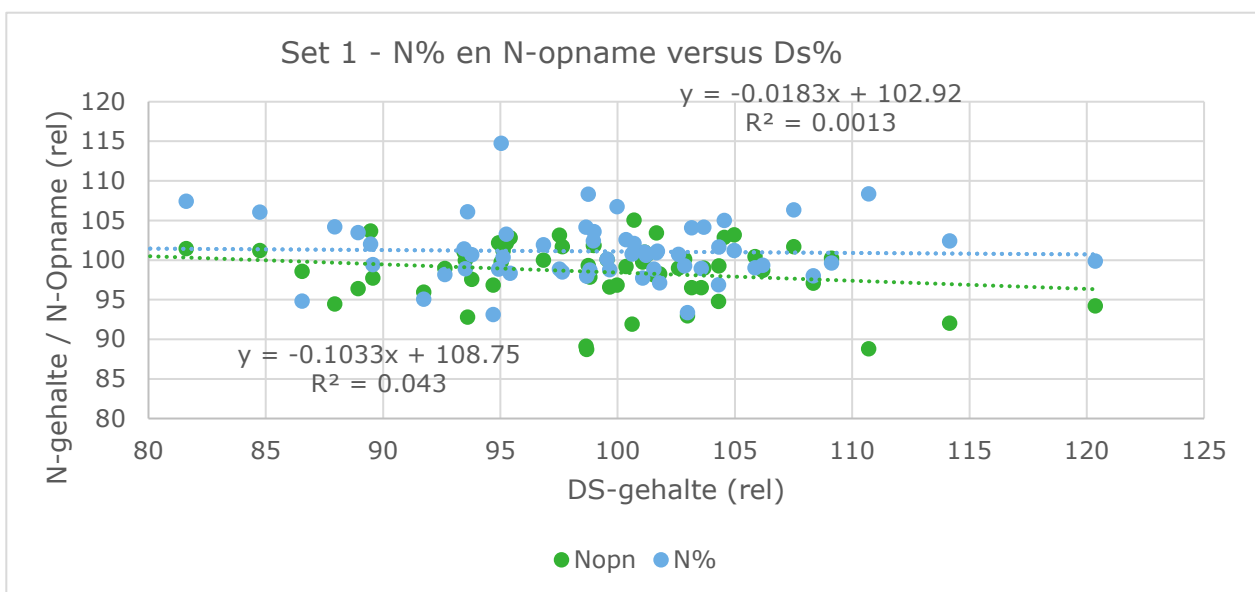


Figuur 3.4 Voor set 1 en 2 stikstofgehalte uitgezet tegen de droge stofopbrengst.

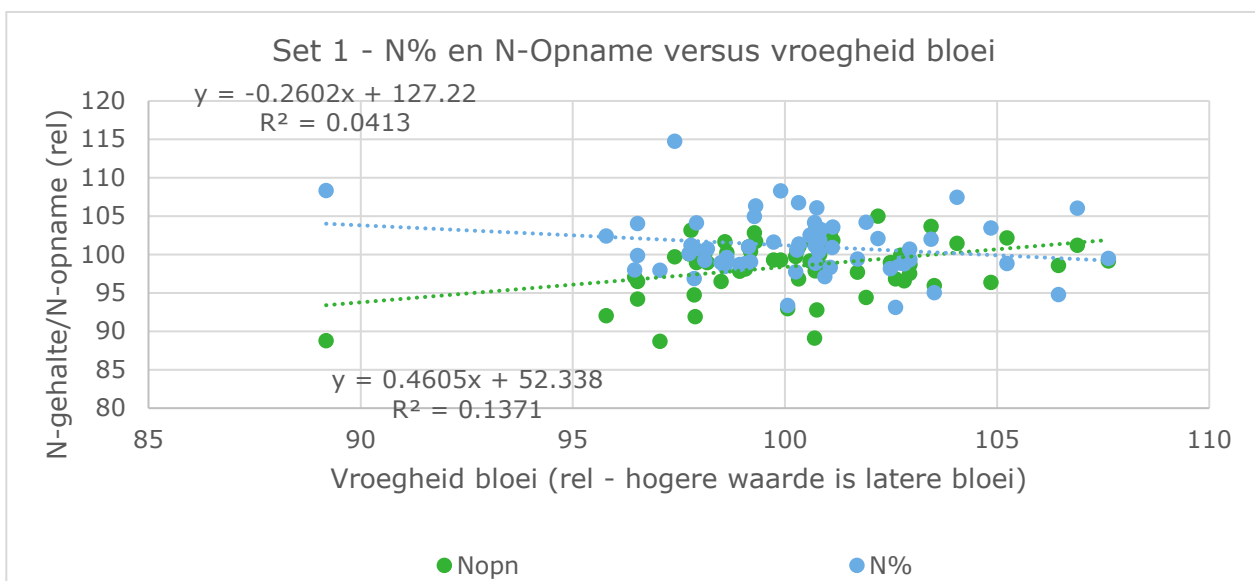
3.3.4 Relatie stikstofopname en vroegheid (ds-gehalte), vroegheid van bloei, plantlengte, zetmeelgehalte.

De theorie is dat mais met name stikstof opneemt tot aan de bloei. Na de bloei wordt in mindere mate stikstof opgenomen. Dit zou kunnen betekenen dat vroeg bloeiende rassen minder stikstof zouden opnemen dan laat bloeiende rassen en wellicht in het algemeen dat vroege rassen minder stikstof opnemen dan late rassen. Tijdens het groeiseizoen wordt de stikstof eerst in de plant opgeslagen, later als na de bloei de korrel wordt gevormd vindt er verplaatsing plaats van stikstof uit de plant naar eiwit in de korrel. Aansluitende vraag is dan hoe verhoudt zich stikstofgehalte en stikstofopbrengst van langere rassen of rassen met hoger korrelaandeel (zetmeelgehalte) ten opzichte van kortere rassen of rassen met laag korrelaandeel. Dit is voor beide sets uitgewerkt. Omdat de resultaten per set niet afwijken, is dit hier alleen weergegeven voor set 1.

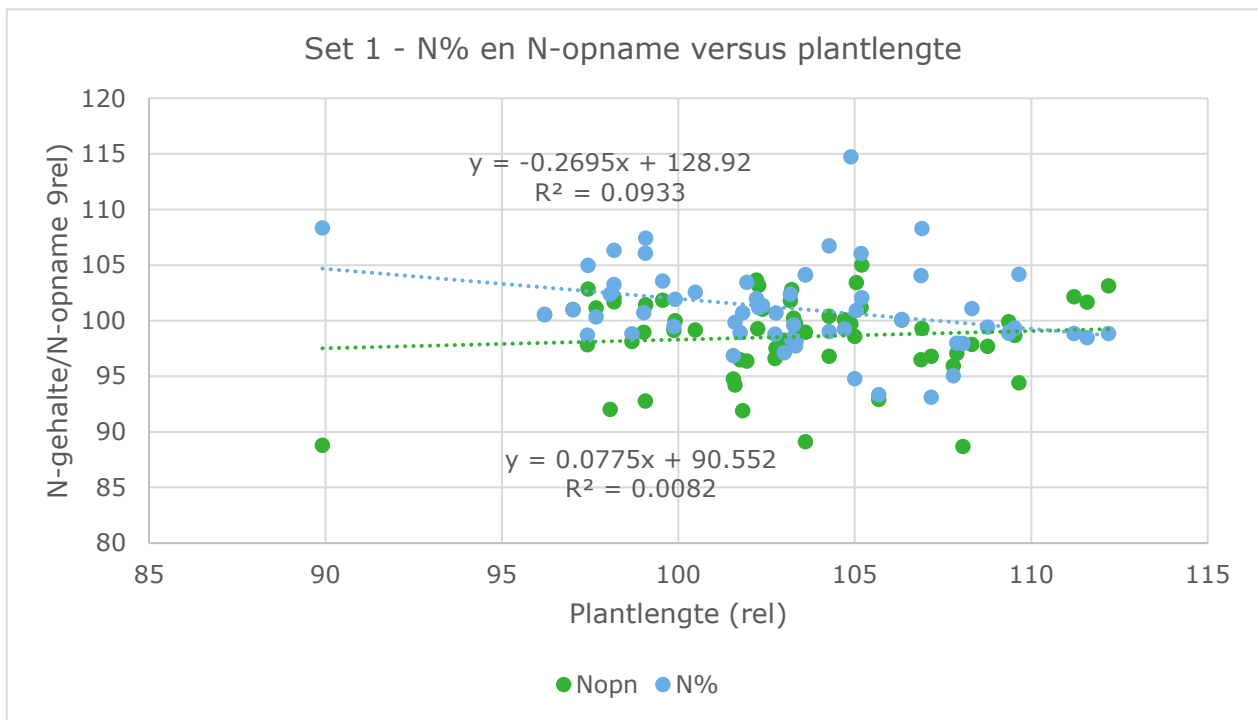
Uit figuur 3.5 blijkt dat er geen correlatie is tussen stikstofgehalte of stikstofopname met de vroegheid (droge stofgehalte) van een ras. Uit figuur 3.6 blijkt dat er ook geen correlatie is tussen stikstofgehalte en stikstofopname en de vroegheid van bloei. Uit figuur 3.7 blijkt dat er ook geen correlatie is met de plantlengte en uit figuur 3.8 blijkt dat deze correlatie er ook niet is met het zetmeelgehalte.



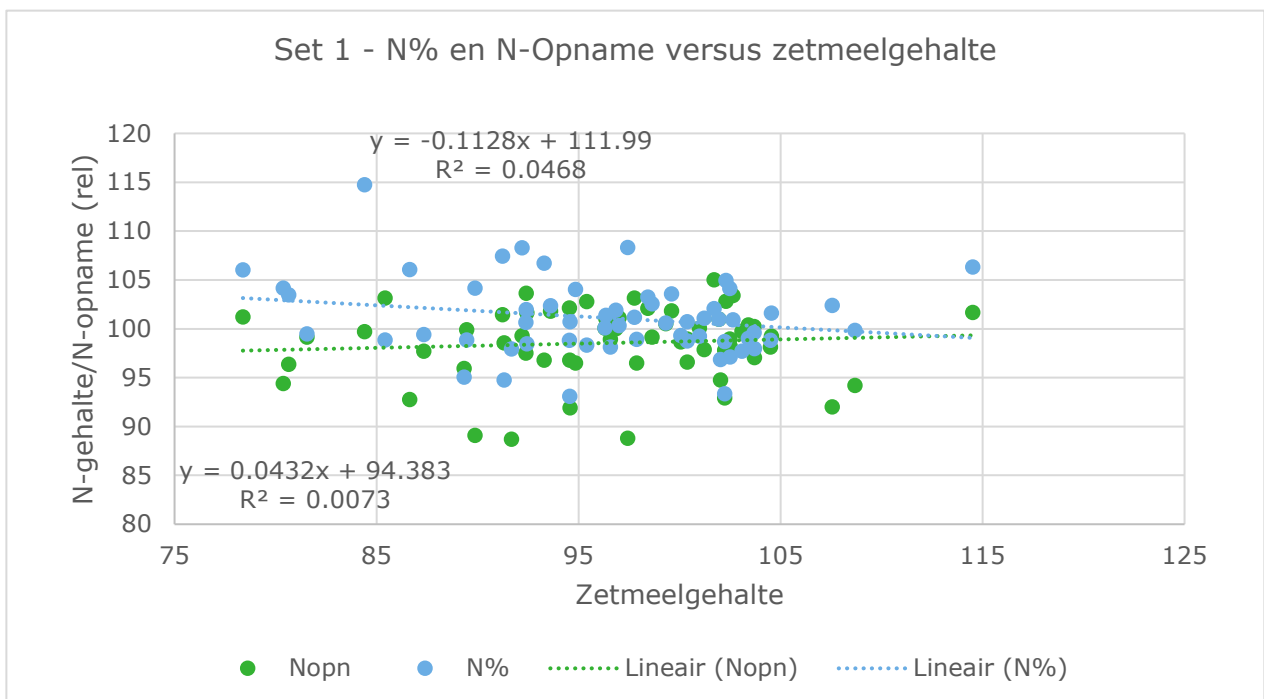
Figuur 3.5 Set 1 - stikstofgehalte en stikstofopname uitgezet tegen de vroegheid (ds-gehalte).



Figuur 3.6 Set 1 - stikstofgehalte en stikstofopname uitgezet tegen vroegheid van bloei.



Figuur 3.7 Set 1 – stikstofgehalte en stikstofopname uitgezet tegen plantlengte.



Figuur 3.8 Set 1 – stikstofgehalte en stikstofopname uitgezet tegen zetmeelgehalte.

3.4 Significantie van gevonden verschillen

Om meer te kunnen zeggen over de betrouwbaarheid van de meerjarige verschillen zijn de resultaten van de rassen die in het laatste jaar van onderzoek (2022) lagen per proef verwerkt met Genstat, ANOVA met sub-blok correctie, waaruit vervolgens jaar en meerjarig gemiddelde zijn berekend. De rassen, die in de loop van de jaren zijn afgefallen werden niet meegenomen in deze vergelijking. Uiteindelijk zaten er in 2022 in set 1 28 rassen en in set 2 19 rassen. Dit is dus een beperktere set van rassen, waarbij voor set1 wel meer jaren zijn meegenomen, 6 jaar (2017 t/m 2022) in plaats van 4.

3.4.1 Set 1

Bij set 1 gaat het om de gemiddelde waarde voor stikstofgehalte en stikstofopname over 6 jaar van onderzoek, waarbij er per jaar 3 proeven zijn aangelegd en de rassen lagen in 3 herhalingen. Niet alle rassen hebben alle jaren in onderzoek gelegen. In 2022 lagen er nog 28 rassen in onderzoek, die in deze analyse zijn meegenomen.

Tabel 3.8 Set 1 – Gemiddelde stikstofgehalte en stikstofopname per ras over de jaren 2017 t/m 2022 geanalyseerd met Genstat, ANOVA met sub-blokcorrectie.

Ras	Stikstofgehalte (2017-2022)		Ras	Stikstofopname (2017-2022)	
	rasgem[abs]	rasgem[rel]		rasgem[abs]	rasgem[rel]
Ras6	1.127	105.29	Ras22	225.20	104.68
Ras16	1.119	104.57	Ras4	222.84	103.58
Ras19	1.100	102.79	Ras14	222.34	103.35
Ras22	1.095	102.32	Ras15	221.63	103.02
Ras15	1.086	101.48	Ras6	220.35	102.42
Ras3	1.077	100.62	Ras24	219.49	102.02
Ras5	1.076	100.50	Ras18	218.87	101.74
Ras7	1.075	100.45	Ras7	218.13	101.39
Ras2	1.075	100.40	Ras5	215.96	100.38
Ras17	1.073	100.27	Ras17	215.94	100.37
Ras21	1.071	100.08	Ras10	215.87	100.34
Ras13	1.064	99.38	Ras13	215.28	100.07
Ras11	1.063	99.35	Ras11	214.75	99.82
Ras24	1.062	99.24	Ras8	214.41	99.66
Ras4	1.062	99.22	Ras19	214.13	99.53
Ras14	1.061	99.15	Ras16	213.82	99.39
Ras27	1.061	99.15	Ras25	213.80	99.38
Ras10	1.060	99.00	Ras28	213.28	99.14
Ras9	1.058	98.86	Ras2	211.85	98.47
Ras18	1.055	98.59	Ras9	211.31	98.22
Ras1	1.054	98.50	Ras3	211.10	98.12
Ras25	1.051	98.21	Ras26	210.12	97.67
Ras26	1.051	98.21	Ras1	209.95	97.59
Ras8	1.047	97.81	Ras23	209.81	97.52
Ras12	1.040	97.18	Ras27	209.12	97.20
Ras20	1.019	95.22	Ras20	207.87	96.62
Ras28	1.014	94.75	Ras12	205.00	95.29
Ras23	0.997	93.17	Ras21	204.88	95.23
100 =	1.070		100 =	215.14	
lsd 5%	0.023	2.1	lsd 5%	7.76	3.61
vc %	1.816		vc %	3.29	
F.pr	<0.001		F.pr	<0.001	

Er zijn zowel significante rasverschillen in stikstofgehalte en stikstofopname. Het gemiddelde stikstofgehalte zit tussen 0.997% en 1.127%. Dat betekent een range van 0.13%. De gemiddelde stikstofopname per ras zit tussen 204.9 en 225.2 met dus een range van ruim 20kg/ha (bijna 10%).

3.4.2 Set 2

Bij set 2 gaat het om de gemiddelde waarde voor stikstofgehalte en stikstofopname over 4 jaar van onderzoek, waarbij er per jaar 2 proeven zijn aangelegd en de rassen lagen in 3 herhalingen. Niet alle rassen hebben alle jaren in onderzoek gelegen. In 2022 lagen er nog 19 rassen in onderzoek.

Tabel 3.9 Set 2 – Gemiddelde stikstofgehalte en stikstofopname per ras over de jaren 2019 t/m 2022 geanalyseerd met Genstat.

	Stikstofgehalte (2019-2022)			Stikstofopname (2019-2022)	
	rasgem[abs]	rasgem[rel]		rasgem [abs]	rasgem [rel]
Ras37	1.225	107.44	Ras37	309.18	111.04
Ras45	1.217	106.77	Ras45	295.19	106.02
Ras39	1.173	102.86	Ras35	294.61	105.81
Ras35	1.173	102.84	Ras31	285.15	102.41
Ras47	1.165	102.21	Ras41	280.45	100.73
Ras31	1.164	102.07	Ras49	279.85	100.51
Ras32	1.163	101.98	Ras43	279.60	100.42
Ras40	1.153	101.15	Ras42	278.20	99.92
Ras49	1.152	101.07	Ras32	275.66	99.01
Ras41	1.146	100.53	Ras34	274.14	98.46
Ras34	1.133	99.37	Ras47	273.66	98.29
Ras33	1.127	98.82	Ras38	272.14	97.74
Ras44	1.126	98.79	Ras40	272.09	97.72
Ras43	1.124	98.60	Ras36	270.49	97.15
Ras46	1.110	97.39	Ras33	269.52	96.80
Ras36	1.107	97.09	Ras46	266.87	95.85
Ras48	1.101	96.60	Ras39	262.31	94.21
Ras42	1.095	96.02	Ras44	249.90	89.75
Ras38	1.086	95.28	Ras48	246.30	88.46
100 =	1.140		100 =	278.43	
lsd 5%	0.031	2.75	lsd 5%	10.43	3.75
vc %	1.80		vc %	2.46	
F.pr	<0.001		F.pr	<0.001	

Ook in deze set zijn zowel significante rasverschillen in stikstofgehalte als in stikstofopname. Het gemiddelde stikstofgehalte zit tussen 1.09% en 1.23%. Dat betekent een range van 0.14%. De gemiddelde stikstofopname per ras zit tussen 246.3 en 309.2 met dus een verschil van ruim 60kg/ha (25%).

3.5 Eiwitgehalte en eiwitopbrengst

In dit onderzoek ligt de focus op stikstofbenutting. Het stikstofgehalte is hier afgeleid van het ruw eiwitgehalte. Wel goed om de rasverschillen in eiwitgehalte en eiwitopbrengst hier te benoemen.

In dit onderzoek variëren rasverschillen in ruw eiwitgehalte in set1 gemiddeld van 6.24% tot 7.69% en in set2 van 6,43% tot 8.00%. Een gemiddeld verschil tussen rassen van circa 1.5%.

Verder zien we in dit onderzoek gemiddelde rasverschillen in eiwitopbrengst in set1 van 1141 tot 1351 kg eiwit per ha en in set2 van 1479 tot 1926 kg eiwit per ha. In set1 een verschil van 210 kg eiwit per ha en in set2 van 447 kg eiwit per ha.

4 Discussie

Om een indicatie te kunnen geven van de rasverschillen in stikstofefficiëntie bij mais, is in dit onderzoek gekeken naar de verschillen in stikstofgehalte en stikstofopname, waarbij de basisgift van 140kg N per ha voor alle rassen gelijk was. Hierbij zijn de resultaten van 2 sets van rassenproeven over de jaren 2019 tot en met 2022 beoordeeld. Set 1 bestond uit 11 proeven met in totaal 60 rassen en set 2 uit 8 proeven met in totaal 46 rassen.

4.1 Beoordeling van de gebruikte sets van rassen

In eerste instantie is bepaald wat de range is van de waargenomen eigenschappen, met name vroegheid, opbrengst, voederwaarde, dit om de relevantie voor de praktijk te beoordelen. Omdat niet alle rassen alle jaren in onderzoek lagen, is gewerkt met relatieve waarden per proef, waarbij de 100-waarde bij elke proef gebaseerd was op dezelfde rassen. Voor het geven van een indicatie van de rasverschillen een juiste methodiek.

De range in de diverse eigenschappen bleek groot. Het droge stofgehalte varieerde van 27% tot ruim 40%, de droge stofopbrengst van 16 tot 25 ton per ha, het zetmeelgehalte van 250 tot 425 gr/kg ds en de VEM/kgds van ruim 900 tot ruim 1000. Op basis van deze waarden, kan gesteld worden, dat de beoordeelde sets van rassen een goede weerspiegeling geven van de rassen die ook in de praktijk worden geteeld.

4.2 Stikstofgehalte

In www.handboeksnijmais.nl wordt bij berekening van de stikstofonttrekking gerekend met een stikstofgehalte van circa 1.16%. In dit onderzoek zien we echter dat er relatief gezien vrij grote rasverschillen in stikstofgehalte zijn.

Uit paragraaf 3.4 blijkt dat het meerjarig gemiddelde stikstofgehalte van de rassen, die in 2022 in onderzoek lagen, in set 1 loopt van 0.997% tot 1.127%, dus een range van 0.130% met een lsd5% van 0.023%. Bij set 2 is loopt de waarde van 1.086% tot 1.225%, dus een range van 0.139% met een lsd5% van 0.031%. Hieruit kunnen we concluderen dat er significante rasverschillen zijn ($F_{pr} < 0.001$). Bij beide sets een relatief verschil van 13%. Dit verschil is lager dan het hieronder geconstateerde verschil van 25% tussen alle rassen in de dataset. In paragraaf 3.4 is alleen gekeken naar rassen, die doorgaan in het onderzoek. Hier heeft dus een selectie plaats gevonden van de betere rassen. Beoordeling van alle rassen in onderzoek geeft een grotere range. Daarnaast vindt er een geringe nivellering plaatsvindt door het wegmiddelen van jaareffecten.

In de sets met alle rassen, die de laatste 4 jaar in onderzoek hebben gelegen, blijkt dat het gemiddelde stikstofgehalte per ras varieerde in set1 van 1.00 tot 1.23% en in set 2 van 1.00 tot 1.29%. Absoluut gezien een klein verschil, maar relatief toch rond de 25% verschil. Wat opviel was het lage percentage 0.94% en 0.92% op de proeven N2101 en N2103 en het hoge percentage 1.28% op proef N2002. Op de eerste 2 proeven is er in het begin van het groeiseizoen veel regen gevallen en is er vermoedelijk veel stikstof uitgespoeld. De mais kleurde ook lichter. De gemiddelde opbrengsten waren met 20.3 en 18.5 ton per ha uiteindelijk niet laag. Op de proef in N2002 is in het voorjaar normaal stikstof opgenomen, maar de gemiddelde opbrengst op deze proef is met 15.2 ton per ha relatief laag, waardoor het uiteindelijke stikstofgehalte hoger bleef. Waarschijnlijk speelt hier verdunning een rol. De met name voor de bloei opgenomen stikstof, wordt bij toenemende opbrengst verdeeld over een grotere massa. Hoe meer massa, hoe lager het uiteindelijke stikstofgehalte.

Deze verdunning werd ook geconstateerd in dit onderzoek bij de correlatie tussen de droge stofopbrengst en het stikstofgehalte. Mais neemt de meeste stikstof op tot aan de bloei. Na de bloei wordt de kolf gevormd,

die uiteindelijk ongeveer 40-60% van de totale droge stof uitmaakt. Hierdoor vindt er verdunning plaats en daarmee een afname van het stikstofgehalte.

Het stikstofgehalte neemt dus af bij hogere opbrengst, waarbij de correlatie met $r=0.69$ in set 1 beter is, dan in set 2 met $r=0.49$. Dat dit verband in set 2 lager is, lijkt ook te worden veroorzaakt door een aantal rassen met een relatief hoog stikstofgehalte bij een hoge droge stofopbrengst en een aantal rassen met een gemiddelde opbrengst en een relatief laag stikstofgehalte. Er zijn dus afwijkende rassen, wat veredelingstechnisch interessant is.

Als we het principe van verdunning hierop los laten, dan zouden de rassen met een hoog stikstofgehalte vóór de bloei wellicht meer stikstof opnemen dan rassen met een uiteindelijk laag stikstofgehalte. Oorzaken hiervan zouden dan een groter, dieper wortelstelsel kunnen zijn of een efficiënter of gezonder wortelstelsel. Los van dit onderzoek wordt op rassenproeven wel eens geconstateerd dat bepaalde genetica eerder begint met herverdeling van de stikstof. Dit is in de vegetatieve fase al te zien aan een lichtere kleur, maar ook aan stikstofgebrek in de onderste bladeren. Het lijkt dat deze rassen minder stikstof opgenomen hebben ten opzichte van andere genetica. De stikstof uit de onderste bladeren is dan nodig, om de bovenste bladeren te vormen.

Of zou het kunnen zijn dat de rassen met uiteindelijk een hoger stikstofgehalte na de bloei langer doorgaan met stikstof opnemen. Wellicht interessant door op diverse momenten in het groeiseizoen het stikstofgehalte van de rassen met een hoog en een laag stikstofgehalte te bepalen, waarbij ook gekeken wordt naar bodemvoorraad. Daarnaast is een beoordeling van het wortelstelsel van deze rassen wellicht ook interessant, waarbij gekeken moet worden naar omvang en ziekten, zoals bv. wortelverbruining. Interessante onderwerpen voor vervolgonderzoek.

Er lijken dus rasverschillen te zijn, die niet 100% aan verdunningseffect gekoppeld kunnen worden. Als principes hier achter duidelijker zijn dan is het advies aan veredelaars om dit ook mee te nemen in hun selectieprogramma.

Het stikstofgehalte in set 1 ligt gemiddeld op een iets lager niveau, dan dat in set 2. Wellicht komt dit door het verschil in groeiomstandigheden (omgevingstemperatuur, bouwvoordikte, bodemvruchtbaarheid) op de locaties waarop set 1 en set 2 zijn beproefd en mogelijk ook door het verschil in vroegheid (lengte groeiseizoen) van de rassen die in beide sets zijn getest. Mocht het principe van verdunning spelen, dan is dit extra opmerkelijk, omdat het opbrengstniveau van set 1 beduidend lager ligt. Mocht er vervolgonderzoek komen naar stikstofgehalte in verschillende rassen op diverse momenten van het groeiseizoen, dan is het wellicht ook interessant dit op meerdere onderscheidende locaties te doen.

Uit dit onderzoek is verder niet gebleken dat er voor stikstofgehalte een correlatie is met vroegheid van bloei, vroegheid (ds%), plantlengte of zetmeelgehalte/voederwaarde.

4.3 Stikstofopname

Uit paragraaf 3.4 blijkt dat de range in meerjarig gemiddelde stikstofopname van de rassen, die in 2022 in onderzoek waren, in set 1 loopt van 205 kg N per ha tot 225 kg N per ha, dus een verschil van 20kg stikstof per ha met een lsd5% van 7.8 kg N. Bij set 2 is loopt de range van 246 tot 309 kg N per ha, dus een verschil van ruim 60kg N per ha met een lsd5% van 10.4 kg N. Hieruit kunnen we concluderen dat er significante rasverschillen zijn ($F.pr < 0.001$). Een relatief verschil van 25%. Dit verschil is lager dan het hieronder geconstateerde verschil tussen alle rassen in de dataset, omdat in het rassenonderzoek wordt geselecteerd en de minder interessante rassen jaarlijks afvallen, maar ook doordat er een geringe nivellering plaatsvindt door wegmiddelen van jaareffecten.

In de sets met alle rassen, die de laatste 4 jaar in onderzoek hebben gelegen, blijkt dat de gemiddelde stikstofopname per ras varieerde in set1 van 183 tot 216 kg N per ha en in set 2 van 237 tot 308 kg N per ha. Absoluut gezien een verschil van respectievelijk ruim 30 kg N per ha bij een opbrengstniveau van 16 tot 20 ton droge stof en 70kg N per ha bij een opbrengstniveau van 20 tot 25 ton droge stof per ha. Relatief bijna 20% en 30% verschil. Een verschil dat grotendeels veroorzaakt wordt door het opbrengstniveau, maar ook stikstofgehalte speelt een rol.

Alles is gerealiseerd bij proefveldopbrengsten. Praktijkopbrengsten liggen meer op het niveau van 15 tot 20 ton droge stof per ha. Dus rasverschillen in de praktijk zullen eerder rond 30 tot 50 kg N per ha liggen dan

rond 50-70 kg N per ha. Maar op percelen met hoge opbrengstpotentie zullen zeker verschillen tot 70 kg N per ha worden gerealiseerd.

Wetende dat een geslaagd vanggewas maximaal 30kg N per ha opneemt en beschikbaar stelt voor de volgteelt, zijn de geconstateerde verschillen in stikstofopname tussen maisrassen zeker zo interessant om ook rekening mee te houden. In de praktijk zien we veel vanggewassen niet slagen en de opname door een vanggewas zal dus veelal lager zijn dan die 30kg stikstof per ha. Daarnaast is timing van onderwerpen van het vanggewas en de weersomstandigheden ook van belang of de vastgehouden stikstof wel weer benut wordt door het volggewas. Mogelijk spoelt er daar toch nog weer wat uit. Bij de rasverschillen van 30 tot 70 kg N per ha, kan gesteld worden, dat wat opgenomen wordt door de mais zeker niet uitspoelt en beschikbaar blijft in de kringloop.

Rassenkeuze bij mais kan een groter en meer gegarandeerd effect hebben om de uitspoeling van stikstof te beperken dan de inzet van vanggewassen. Daarnaast brengt inzet van een vanggewas ook nog eens extra kosten met zich mee. Moeten we vanggewassen dan maar vergeten? Zeker niet. De keuze van het maisras heeft met name invloed op de opname van stikstof, die in mei tot en met augustus in de bodem beschikbaar is en die bij grote hoeveelheden regen in het groeiseizoen al kunnen uitspoelen. Het opname patroon van mais loopt niet synchroon met het patroon van stikstofmineralisatie. Het vanggewas moet de stikstof opnemen, die in september en oktober nog beschikbaar is of komt. Daarbij pakt mais in het algemeen ook stikstof dieper uit de bouwvoor en het vanggewas veelal boven uit de bouwvoor. Dus beide zijn complementair aan elkaar. Daarnaast is de productie van organische stof door het vanggewas of liever gezegd groenbemester wellicht nog belangrijker dan het vangen van stikstof, om de organische stofbalans van maisteelt meer in evenwicht te brengen.

In beide sets is er een positief verband tussen de droge stofopbrengst en de stikstofopname, met voor beide sets een correlatiecoëfficiënt van circa $r = 0.67$. De grote vraag is wel levert de hogere stikstofopname meer opbrengst op of levert meer opbrengst een hogere stikstofopname op. Mogelijk is de wortelactiviteit van bepaalde rassen beter, waardoor er meer stikstof wordt opgenomen en daardoor een hogere opbrengst wordt gerealiseerd.

Tussen beide sets lijkt er een niveauverschil in stikstofopname van circa 30 kg N/ha (figuur 3.1). Een deel hiervan wordt verklaard door een lager stikstofgehalte, maar wellicht is ook een verschil in groeiomstandigheden hier van belang. Daarbij valt te denken aan temperatuur en beschikbaarheid bodemvruchtbaarheid nutriënten en/of water.

Als we beide sets aan elkaar koppelen, wat onderzoekstechnisch niet verantwoord is, zou het verband tussen droge stofopbrengst en stikstofopname op een range van 15 tot 25 ton/ha droge stofopbrengst in de volgende indicatieve formule gegoten kunnen worden:

stikstofopname (kg/ha) = $13.1 * \text{droge stofopbrengst (ton/ha)} - 40 \text{ kg}$

Als indicatie voor de stikstofonttrekking door een maisgewas, zou voor de praktijk deze formule als vuistregel gebruikt kunnen worden. Maar omdat er rasverschillen zijn, is wegen en meten beter!

Bij alle proeven in dit onderzoek is de stikstofbemesting gericht op 140 kg werkzame N per ha. Indien dit gegeven wordt via 40 m³ rundveedrijfmest en 40 kg kunstmeststikstof in de rij, wordt er in totaal circa 200 kg N gegeven. Als we dan zien dat afhankelijk van groeiomstandigheden en ras 180 tot 310 kg stikstof wordt onttrokken, dan heeft mais dus veelal een negatieve stikstofbalans. De onttrekking is veelal hoger dan de gift. Op basis van de gevonden stikstofopnames zou in bepaalde situaties bij bepaalde rassen nog tot 20 kg stikstof kunnen uitspoelen, waarvoor de verplichte vanggewassen worden ingezet.

Wel opvallend dat onder percelen op zandgrond soms nog stikstofuitspoeling plaatsvindt. Dit heeft hoogstwaarschijnlijk te maken met de relatief hoge drijfmestgiften gedurende de afgelopen decennia. Dit in combinatie met het feit dat mais de meeste stikstof opneemt voor de bloei (rond 1 augustus) en de mineralisatie ook in augustus en september nog gewoon door gaat. Ook zou het kunnen komen door mindere groei- of weersomstandigheden. Daarbij valt te denken aan lage temperaturen en te veel of te weinig regen.

We kunnen dus stellen dat mais, zeker in combinatie met een geslaagd vanggewas voor stikstof geen uitspoelingsgevoelig gewas is. En ook, dat op meeste percelen waar overmatige stikstofuitspoeling optreedt de huidige bodemvruchtbaarheid en huidige bemesting nog niet in balans zijn met de behoefte van een maisgewas. Mocht dat in de toekomst wel zo zijn, dan moet de adviesbemesting wellicht op

onttrekkingsniveau worden gericht, welke dan sterk gecorreleerd is met de opbrengstpotentie van het perceel en het maisras. Interessant om in een vervolg onderzoek uit te zoeken of (op schrale gronden) bemesting op onttrekkingsniveau, 180 tot 300 kg stikstof per ha, noodzakelijk is voor de maximale opbrengst van een maisras of dat het huidige bemestingsadvies van 180kg N per ha ook al tot maximale opbrengsten leidt. Daar aan gekoppeld zou ook gekeken kunnen worden naar tijdstip en plaatsing van mest, die dan wellicht opgesplitst wordt in dunne en dikke fractie. Of alleen de dikke fractie, voor met name organische stoflevering en verder met kunstmeststikstof, die mogelijk beter benut kan worden. Volgens www.handboeksnijmais.nl is in huidig economisch optimaal advies de bemesting gericht op 180 kg N per ha, hierbij zou geen onderscheid in grondsoort of ras nodig zijn. Ook wordt gesteld dat alle mest aan het begin van het groeiseizoen aanwezig moet zijn. Bovenstaand onderzoek zou hier uitsluitel over kunnen geven of dit nog steeds geldt. Het advies is opgesteld in de jaren rond 1990, op dit moment ligt het opbrengstniveau van de rassen 30% hoger.

Voor een hoge stikstofopname (benutting) in een maisteelt is het realiseren van een hoge droge stofopbrengst dus een eerste vereiste. Elke stress, die een negatief invloed heeft op de opbrengst moet dus voorkomen worden. Dat begint al bij een goede zaaizaadkwaliteit en een goed en warm zaaibed voor de hoogste opkomst aan planten. Maar dat loopt ook door in een juiste, maar niet te zware mix voor een afdoende onkruidbeheersing en een juiste inzet van een eventueel onder gezaaid vanggewas. Dit om concurrentie tussen onkruid en vanggewas met mais te vermijden. Ook het beregenen van mais speelt een positieve rol bij de stikstofopname. Een beregeningsverbod werkt daarmee negatief voor stikstofopname en mogelijke stikstofuitspoeling. Tot slot moet op het juiste moment geoogst worden. De maximale opbrengst wordt veelal gerealiseerd bij het zwarte puntstadium van de korrel. Langer wachten heeft geen zin, dit levert eerder verliezen aan opbrengst op.

Een belangrijk punt is hierboven nog niet belicht, een juiste bemesting. Momenteel is de stikstofgebruiksnorm 140kg werkzame N of in sommige delen van Nederland slechts 112 kg werkzame N per ha. Voor een optimale opbrengst heeft mais rond 180 kg werkzame N per ha nodig. Zijn we met de aangegeven gebruiksnormen niet juist verkeerd bezig? Er wordt zeker bij 112 kg N/ha sub-optimaal bemest, waardoor de opbrengst en daarmee de stikstofopname mogelijk 10 tot 20% lager uitvallen. Mogelijk is het saldo gegeven stikstof en benutte stikstof wel gunstiger bij de optimale bemesting van 180 kg N/ha, omdat mais met een hoge opbrengst ook een groot deel van de gemineraliseerde stikstof opneemt, dat in mei tot en met augustus beschikbaar komt. Bij grote hoeveelheden regen in het groeiseizoen, zoals ook nu in 2^e helft juli en 1^e helft augustus van 2023 het geval is, kan deze beschikbare stikstof dan al uitspoelen. Dan helpt na zaai van een vanggewas niet meer.

Maar wellicht ook belangrijk te noemen, dat de praktijk mais niet overmatig moet bemesten. Momenteel vindt er, binnen de op bedrijfsniveau gestelde normen, vaak nog verschuiving plaats van drijfmest van grasland naar maisland. Het idee leeft nog steeds dat mais veel mest nodig heeft, maar hoewel overdaad niet direct schaad, geldt hier onder de huidige omstandigheden toch echt 180 kg N per ha is genoeg voor de maximale opbrengst. Hierbij heeft mais voor een goede start genoeg beschikbaar en de eventueel extra benodigde stikstof haalt mais wel uit wat door mineralisatie beschikbaar komt.

4.4 Eiwitgehalte en eiwitopbrengst

In dit onderzoek ligt de focus op stikstofbenutting. Het stikstofgehalte is hier afgeleid van het ruw eiwitgehalte. Nu is eiwitgehalte en eiwitproductie ook een belangrijk issue op veehouderij bedrijven. Zaken als 65% zelfvoorzienend zijn of verlaging van het eiwitgehalte in het rantsoen zijn actuele vraagstukken. Hoewel mais niet wordt gezien als eiwitgewas is, zouden verschillen tussen maisrassen hier dan toch een invloed kunnen hebben?

Mais heeft een gemiddeld stikstofgehalte van circa 7%, maar er zijn rasverschillen van 1.5%.

Ruwvoerspecialisten moeten beoordelen of het verschil tussen maisrassen van circa 1.5% op rantsoenniveau van belang is. Eventueel ook in de discussie om het ruw eiwitgehalte in het rantsoen te verlagen, door verschuiving van het aandeel gras naar het aandeel mais.

Een gemiddelde snede gras van 2.5 ton per ha met 17% eiwit, levert een eiwitopbrengst per snede van 425 kg per ha. In set1 produceert mais gemiddeld circa 1250 kg eiwit per ha, wat overeenkomt met ongeveer 3

sneden gras en in set 2 gemiddeld 1740 kg eiwit per ha, wat overeenkomt met ongeveer 4 sneden gras. Hiermee levert mais toch een aardige bijdrage aan de eiwitproductie op bedrijfsniveau. Het rasverschil in ruw eiwitopbrengst was in set1 gemiddeld 210 kg eiwit per ha, wat overeenkomt met een halve snede gras en in set 2 gemiddeld 447 kg eiwit per ha, wat overeenkomt met de eiwitproductie van een snede gras. Op bedrijfsniveau waarschijnlijk interessante verschillen in het kader van 65% zelfvoorzienend zijn.

5 Conclusies en aanbevelingen

De onderzochte sets van rassen geven een goede afspiegeling van de rassen die nu in Nederland geteeld worden. Bij mais zijn significante rasverschillen in stikstofgehalte en stikstofopname en daarmee in stikstofbenutting. Rasverschillen in stikstofopname worden hoofdzakelijk bepaald door verschillen in droge stofopbrengst, maar er blijkt ook een invloed van verschillen in stikstofgehalte.

Het gemiddelde stikstofgehalte per ras varieert van 1 tot globaal 1.25%. Absoluut een klein verschil, maar relatief toch 25%. Veel regen in het begin van het groeiseizoen kan tot lager stikstofgehalte leiden, terwijl lagere opbrengsten tot hogere stikstofgehalten kan leiden. Dit laatste heeft te maken met het verdunningseffect, in principe neemt het stikstofgehalte af bij hogere opbrengsten. Hier kunnen echter niet alle rasverschillen door verklaard worden.

Er is tot nu toe niet tot weinig bewust veredeld op de geconstateerde verschillen in stikstofgehalte. Het is aan te bevelen, dat veredelaars dit in hun veredelingsprogramma gaan opnemen, hoewel dat mogelijk negatieve effecten heeft op andere parameters. De kunst is het vinden van de juiste balans.

De gemiddelde stikstofopname per ras varieert globaal van 180 tot 310 kg stikstof per ha. Met een bemestingsgift van 140 kg werkzame N per ha, die gegeven wordt via 40 m³ rundveedrijfmest en 40 kg kunstmeststikstof in der rij, wordt in totaal circa 200 kg N per ha gegeven. Het blijkt dat mais in veel situaties een negatieve stikstofbalans heeft. Er wordt in die situaties meer onttrokken dan er gegeven wordt. Op basis van de gevonden stikstofopnames zou in bepaalde situaties bij bepaalde rassen nog tot 20 kg stikstof kunnen uitspoelen, waarvoor de verplichte vanggewassen worden ingezet.

Een enkel ras haalt zelfs tot 110 kg stikstof extra uit de bodem, stikstof die voornamelijk beschikbaar komt vanuit mineralisatie.

Mais, zeker in combinatie met een geslaagd vanggewas, is voor stikstof dus geen uitspoeling gevoelig gewas. Stikstofuitspoeling na mais, dat op bepaalde zandpercelen speelt, wordt met name veroorzaakt door het overmatig gebruik van drijfmest in het verleden en in sommige situaties tot nu aan toe.

Interessant kan vervolgonderzoek zijn aan een aantal uiteenlopende rassen, waarbij gekeken wordt naar de ontwikkeling van het stikstofgehalte en de stikstofopname gedurende het groeiseizoen. Dit om meer duidelijkheid te krijgen wanneer en eventueel waardoor de verschillen ontstaan. Het lijkt goed hierbij de gezondheid en grote van het wortelstelsel bij te betrekken. Ook invloed van locatie zou een rol kunnen spelen.

Stikstofopname zou bovendien als eigenschap op de rassenlijst moeten worden meegenomen, zodat boeren dit mee kunnen wegen in hun rassenkeuze, zeker als er mais geteeld wordt op uitspoelingsgevoelige gronden.

Uit dit onderzoek is niet gebleken dat er een verband bestaat tussen stikstofopname en andere ras eigenschappen, zoals bijvoorbeeld vroegheid, vroegheid van bloei, plantlengte of zetmeelgehalte/voederwaarde.

Om mogelijke uitspoeling te voorkomen, moet in de teelt alles er op gericht zijn de hoogste opbrengst en daarmee de hoogste stikstofopname te verwezenlijken. Belangrijk zijn dan een goed zaaizaad en zaaibed, een optimale bemesting, geen concurrentie met onkruid of onder gezaaid vanggewas, beregenen indien droogtestress en het oogsten in het zwarte puntstadium van de korrel.

Streven naar een optimale bemesting. Moeten de stikstof gebruiksnormen toch weer aangepast worden naar de optimale stikstofgift van 180 kg N per ha? Een gebruiksnorm van 112 of 140 kg N per ha is sub-optimaal en kost opbrengst. Saldo van gegeven stikstof en opgenomen stikstof is wellicht positiever bij optimale gift, omdat hoog opbrengende mais ook veel gemineraliseerde stikstof opneemt uit de laag 0 tot 60 cm in de periode mei tot en met half augustus. Die ook in die periode al kan uitspoelen en voor na gezaaide vanggewassen niet bereikbaar zijn.

Onderzoek naar het saldo van gegeven en opgenomen stikstof bij bovengenoemde stikstofgiften is aan te bevelen, dit om het optimum te vinden voor stikstofgift, stikstofopname en droge stofopbrengst.

Een stap verder is bemesten op onttrekking, dus mogelijk tot 300 kg N per ha. Dit gaat wellicht een stap te ver, omdat mais ongeveer de helft van de opgenomen stikstof verkrijgt uit mineralisatie. Voor de maximale opbrengst in de toekomst, moet de gemineraliseerde organische stof wel aangevuld worden, dit is een belangrijke reden om groenbemesters/vanggewassen in te zetten. Maar een basisgift van 180kg N per ha lijkt waarschijnlijk nog te voldoen.

Eventueel is het interessant om dit verder te onderzoeken. Waarbij niet alleen gekeken wordt naar bemesting op onttrekkingsniveau, maar ook naar tijdstip, plaatsing en fractie/soort mest. Huidig advies is nog steeds, dat alle mest aan het begin gegeven moet worden. Dit advies is opgesteld rond 1990, maar opbrengstniveau van huidige rassen ligt 30% hoger.

Voor stikstofopname (onttrekking) zou in de praktijk de volgende indicatie formule gebruikt kunnen worden: Stikstofopname (kg/ha) = 13 * droge stofopbrengst (ton/ha) – 40 kg N. Maar omdat er rasverschillen zijn, is wegen en meten beter.

Om de uitspoeling van stikstof in of na de maisteelt te beperken is het effect van het juiste ras (30 tot 70 kg N, opname vooral juni, juli, augustus) groter en meer gegarandeerd dan het effect van vanggewassen (maximaal 30 kg N, opname vooral augustus, september, oktober). Alle stikstof die de mais opneemt blijft in de kringloop zonder extra kosten. Maar vanggewassen moeten we zeker niet vergeten. Het effect op stikstofuitspoeling van het vanggewas is in de tijd en plaats (diepte) complementair aan het effect van het ras. Daarnaast zijn vanggewassen van groot belang voor een meer evenwichtige organische stof balans van mais en daarmee voor meer optimale groeiomstandigheden en gegarandeerde hogere opbrengst en stikstofopname in de toekomst.

Hoewel mais niet wordt gezien als eiwitgewas komt de eiwitproductie per ha overeen met die van 3 tot 4 sneden gras. Waarbij er ook rasverschillen in eiwitproductie zijn die overeenkomen met de eiwitproductie van een halve tot een hele snede gras. Verder heeft mais een eiwitgehalte van circa 7%, daarbij zijn er rasverschillen in eiwitgehalte, die gemiddeld overeenkomen met 1.5%.

Zowel in het kader van het 65% zelfvoorzienend zijn op bedrijfsniveau en het streven naar een lager eiwitgehalte in het rantsoen, wellicht interessant om deze verschillen beter te bestuderen.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-OT 1035

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
