



Optimalisatie eiwitgehalte brouwgerst

Resultaten onderzoek 2017-2019

R.D. Timmer | J.A. Booij & W. van den Berg

Optimalisatie eiwitgehalte brouwgerst

Resultaten onderzoek 2017-2019

R.D. Timmer, J.A. Booij en W. van den Berg¹

¹ Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van de Brancheorganisatie Akkerbouw uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), Business unit Open Teelten.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, februari 2020

Rapport WPR-826

Timmer, R.D., Booij, J.A., Berg, W. van den, 2020. *Optimalisatie eiwitgehalte brouwgerst; Resultaten onderzoek 2017-2019*. Wageningen Research, Rapport WPR-826.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/517399>

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat Wageningen Plant Research heeft uitgevoerd in opdracht van:

Brancheorganisatie Akkerbouw



© 2020 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; 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-826

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Ervaringen met N-bijmesting bij brouwergerst	9
	2.1 Onderzoek N-tester 1995-2000	9
	2.2 Nibem rassenonderzoek kleigrond	9
	2.3 Nibem rassenonderzoek zand- en dalgrond	11
3	Opzet van het onderzoek	13
	3.1 Schema	13
	3.2 Metingen	13
	3.3 Analyse	15
	3.4 Praktijkpercelen	16
4	Resultaten 2017	19
	4.1 Lelystad 2017	19
	4.2 Valthermond 2017	20
	4.3 Uithuizermeeden 2017	22
5	Resultaten 2018	25
	5.1 Lelystad 2018	25
	5.2 Valthermond 2018	26
	5.3 Uithuizermeeden 2018	28
	5.4 Wijnandsrade 2018	30
6	Algemeen beeld N-proeven 2017-2018	33
	6.1 Weer gedurende het groeiseizoen	33
	6.2 Effect N-gift op korrelopbrengst	33
7	Resultaten reflectiemetingen	35
	7.1 Correlaties reflectiemetingen met eiwitgehalte	35
	7.2 Relaties vegetatie-indexen en eiwitgehalte	35
	7.3 Rassenproeven 2017-2018	39
	7.4 Verschillen in eiwit tussen rassen	41
	7.5 Conclusies 2017-2018	41
	7.6 Praktijkpercelen 2019	41
	7.7 Conclusies	46



Samenvatting

Het eiwitgehalte is een belangrijk kwaliteitscriterium voor brouwergerst. Het optimale gehalte voor de mouterij en de brouwerij ligt tussen 10 en 11 procent, maar gerst tussen de 9.5% en 11.5% wordt geaccepteerd als brouwergerst. Toch is het in de praktijk niet zo eenvoudig om een acceptabel eiwitgehalte te bereiken en blijft dit vaak steken op een niveau tussen 8.5% en 9.5%.

Wat de stikstofbemesting betreft zou een verruiming van de N-gebruiksnorm een belangrijk hulpmiddel kunnen zijn om meer gerst aan de eisen te laten voldoen. Met name een N-bijbemesting van 30-40 kg N/ha op het moment dat de gerst in de aar komt, kan gunstig zijn voor zowel het eiwitgehalte als de korrelopbrengst. Echter welke percelen wel en welke percelen geen bijbemesting nodig hebben is al langere tijd een onderwerp van onderzoek.

Er bestaat al een apparaat, de zgn. N-tester, waarmee de stikstoftoestand van het gewas kan worden bepaald door meting van het gehalte bladgroen/chlorofyl. Op basis daarvan kunnen adviezen over een eventuele aanvullende N-bemesting worden gegeven. De methode is echter vrij bewerkelijk en de betrouwbaarheid hangt sterk samen met de homogeniteit van een perceel. Met de opkomst van steeds meer precisielandbouwtechnieken rijst de vraag of gewasopnames met een drone, die zeer snel te maken zijn, vergelijkbare informatie zouden kunnen leveren over de gewasopnames als die van de N-tester. In 2017 en 2018 zijn daarom N-proeven uitgevoerd door Wageningen Plant Research in opdracht van de Brancheorganisatie Akkerbouw. In deze proeven zijn met een drone gewasopnames gemaakt (reflectiemetingen) en ook met de N-tester zijn metingen gedaan. Vervolgens is er getracht een relatie op te stellen tussen de reflectiemetingen, N-tester en het eiwitgehalte van de korrel. Doel was om te komen tot een advisering over het al dan niet bijbemesten van individuele brouwergerstpercelen.

Het eiwitgehalte van brouwergerst op kleigronden is veelal laag tot zeer laag. Een N-bijbemesting pakt hier vrijwel altijd positief uit zowel voor het eiwitgehalte als voor de opbrengst. Daarbij is het risico dat het eiwitgehalte doorschiet tot boven de 11.5% erg klein. Deze ervaring die al eerder werd opgedaan in het rassenonderzoek werd in de recente bemestingsproeven op klei bevestigd. Een bijbemesting rond het in aar komen van de gerst met 30-40 kg N zorgt voor een ca 1% hoger eiwitgehalte. Op zand/dalgrondpercelen is het eiwitgehalte ook meestal laag maar minder laag dan op kleigronden en in sommige jaren zelfs vrij hoog (en ook hoger dan de bovengrens van 11.5% eiwit). Op deze zand/dalpercelen lijkt een voorspelling van het eiwitgehalte en een advies voor het wel/niet bijbemesten (plaatsspecifiek of op perceelsniveau) op basis van biomassabeelden zinvol.

De vegetatie-index WDVI had in het onderzoek een nauwe relatie met het eiwitgehalte en bleek bij een voorspelling het meest betrouwbaar en bruikbaar. Het moment van het maken van de gewascan is wel van invloed op de uitkomst. De opname dient zo dicht mogelijk bij het moment van in aar komen te worden gemaakt. Voor een vroegere of latere scan kan op dit moment nog geen correctiefactor worden berekend. Hiervoor dient nader onderzoek uitgevoerd te worden. Ook het ras heeft invloed op de uitkomst. De WDVI tussen rassen is weliswaar heel klein maar rassen verschillen van nature in eiwit. Op basis van resultaten van rassenproeven kan hiervoor worden gecorrigeerd. Het advies is om bij WDVI waarden lager dan 0.35 een N-bijbemesting uit te voeren.

Vanwege een kostenefficiënte uitvoering is in 2019 nagegaan of een WDVI meting ook via een satellietbeeld kan worden vastgesteld. Met ca €1/ha zijn deze beelden een stuk goedkoper dan de dronebeelden met ca €32/ha. In de periode juni van 2019 waren er voldoende satellietbeelden beschikbaar maar er is geen betrouwbaar verband gevonden tussen de WDVI van de dronebeelden en de WDVI van de satellietbeelden. Mogelijke oorzaken zijn het gewasstadium (het in aar komen van de gerst), maar ook verschil in techniek (sensor), correcties voor atmosfeer en tijdstip van meten (hoek van de zon). Er is geen standaardisatie tussen aanbieders van satellietbeelden en drones. Het lijkt er dus op dat satellietbeelden niet of minder goed te gebruiken zijn voor het bepalen van een te laag eiwitgehalte. Het onderzoek is echter te beperkt geweest om deze conclusie te trekken.

Omdat satellietbeelden aanzienlijk goedkoper zijn en op steeds grotere schaal beschikbaar komen, is het aan te bevelen om afstemming over standaardisatie en kalibratie te zoeken met aanbieders van drone- en satellietbeelden met als doel om gewasindexen van verschillende aanbieders vergelijkbaar te krijgen. De Brancheorganisatie Akkerbouw zou een rol kunnen spelen bij het initiëren van deze standaardisatie. Met het gebruik van betrouwbare satellietbeelden komt het namelijk voor veel meer boeren binnen financieel bereik om hun percelen te monitoren.

1 Inleiding

Het eiwitgehalte is een belangrijk kwaliteitscriterium voor brouwgerst. Het optimale gehalte voor de mouterij en de brouwerij ligt tussen 10 en 11 procent maar gerst tussen de 9.5% en 11.5% wordt geaccepteerd als brouwgerst. In de praktijk is dit gehalte echter niet zo eenvoudig te bereiken en blijft het vaak steken op een niveau tussen 8.5% en 9.5%. Een van de oorzaken daarvan is dat er wettelijke beperkingen zijn gesteld aan de maximale stikstofbemesting. Vaker dan in het verleden ligt het eiwitgehalte dan ook onder de gewenste minimumnorm i.p.v. erboven. Bij de Nederlandse mouterijen is er zeker belangstelling om Nederlandse brouwgerst te gebruiken maar dan dient deze wel aan de gestelde eisen te voldoen.

Wat de stikstofbemesting betreft zou een verruiming van de N-gebruiksnorm een belangrijk hulpmiddel kunnen zijn om meer gerst aan de eisen te laten voldoen. Daarnaast is het de uitdaging om met toepassing van moderne technieken de N-bemesting zodanig te optimaliseren dat alleen daar waar nodig, bijsturing plaatsvindt. Er bestaat al een apparaat, de zgn. N-tester, waarmee de stikstoftoestand van het gewas kan worden bepaald door meting van het gehalte bladgroen/chlorofyl. Op basis daarvan kunnen adviezen over een eventuele aanvullende bemesting worden gegeven. De methode is echter vrij bewerkelijk en de betrouwbaarheid hangt sterk samen met de homogeniteit van een perceel (egale N-voorziening of rijke en schrale plekken; zie ook paragraaf 2.1).

Met de opkomst van steeds meer precisielandbouwtechnieken rijst de vraag of gewasopnames met een drone, die zeer snel te maken zijn, vergelijkbare informatie zou kunnen leveren over de gewastoeestand als die met de N-tester verkregen. Door met een drone het gehele perceel te meten/in kaart te brengen (i.p.v. pleksgewijs met een N-tester) kan vermoedelijk een meer betrouwbare voorspelling gedaan worden van de bemestingstoestand van het gewas en het eiwitgehalte bij de oogst. Op basis van de opnames met de drone zou dan besloten kunnen worden om al dan niet een extra stikstofbemesting te geven en zo het eiwitgehalte te optimaliseren. Een optimalisatie van het eiwitgehalte van brouwgerst kan een teler financieel voordeel geven aangezien de premie voor gerst in de gewenste eiwitrange hoger is.

In 2017 en 2018 zijn daarom N-proeven uitgevoerd door Wageningen Plant Research in opdracht van de Brancheorganisatie Akkerbouw. Deze proeven zijn aangelegd op de proefbedrijven van Wageningen University & Research in Lelystad (klei) en Valthermond (dalgrond). Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met coöperatie Agrifirm die zelf ook in beide jaren een N-proef heeft uitgevoerd op één van hun demolocaties in het noorden van het land (Uithuizermeeden). In alle N-proeven zijn wel en geen bijbemestingen uitgevoerd en met een eBee zijn gewasopnames gemaakt van de N-proef en veelal ook nabijgelegen rassenproeven. Ook met de N-tester zijn metingen gedaan aan het gewas en vervolgens is er getracht een relatie op te stellen tussen eBee-metingen, meting met N-tester en het eiwitgehalte van de korrel.

In het voorliggende rapport zijn de resultaten van de proeven van 2017 en 2018 weergegeven en zijn conclusies getrokken t.a.v. de bruikbaarheid van dronebeelden bij de beslissing om een brouwgerstperceel wel/geen bijbemesting te geven en zo het eiwitgehalte te optimaliseren. In 2019 zijn aanvullende metingen gedaan op 15 praktijkpercelen zomergerst in de Veenkoloniën om te kijken of de resultaten van 2017 en 2018 vertaald konden worden naar een praktijktoepassing met drone- of satellietbeelden.

Daarnaast geeft dit rapport een actueel beeld van de N-behoefte van een brouwgerstgewas. Dit kan van nut zijn in discussies met de overheid over de hoogte van de N-gebruiksnorm en het N-advies bij brouwgerst.

2 Ervaringen met N-bijmesting bij brouwgerst

2.1 Onderzoek N-tester 1995-2000

Van 1995 t/m 2000 is er door het PAV (inmiddels WUR Open teelten) en coöperatie ACM (inmiddels Agrifirm) onderzoek uitgevoerd naar de toepassingsmogelijkheden van de N-tester bij de teelt van brouwgerst. De N-tester, ook wel chlorophylmeter genoemd, is een apparaat waarmee de kleur (mate van groenheid, stikstoftoestand) van een gewas kan worden gemeten. Aan de hand van de kleur van het gewas is een voorspelling te doen over het eiwitgehalte van de korrel bij de oogst. Deze informatie zou telers de mogelijkheid bieden om zo nodig gedurende het seizoen hun perceel gerst bij te sturen via een bijbemesting. Doel van het onderzoek was na te gaan of er een betrouwbaar verband bestaat tussen gewaskleur en eiwitgehalte.

Niet alleen in de afzonderlijke proeven werd een sterk verband gevonden tussen de N-tester en het eiwitgehalte bij de oogst, ook gemiddeld over de locaties en over de jaren heen werd een duidelijk verband vastgesteld. Op basis van de verkregen resultaten in N-proeven en rassenproeven is een tabel opgesteld welke gebruikt kan worden bij het voorspellen van het eiwitgehalte bij de belangrijkste zomergestrassen.

Een toetsing van het systeem aan de hand van meetgegevens van Agrifirm van een groot aantal praktijkpercelen leverde in grote lijn hetzelfde beeld op. Echter de relatie was veel minder sterk (veel meer spreiding rondom de trendlijn) en het eiwitgehalte op de praktijkpercelen bleek systematisch hoger te zijn dan je op basis van de N-tester zou mogen verwachten.

Een bruikbare relatie tussen chlorophylwaarde en eiwitgehalte van de korrel bij brouwgerst lijkt weliswaar aanwezig, maar verschillende versturende factoren maken dat de methode niet zonder meer op grote schaal te gebruiken is. In overleg met de betrokken partijen bij het onderzoek is in 2000 daarom besloten de resultaten van het onderzoek niet op brede schaal naar buiten te brengen. Standaardtekst Standaardtekst

2.2 Nibem rassenonderzoek kleigrond

Bij het onderzoek naar de brouwkwaliteit van (nieuwe) zomergestrassen wordt al enige jaren ervaring opgedaan met het toepassen van een N-bijbemesting. Bij dit kwaliteitsonderzoek, dat wordt gefinancierd door het Nibem, worden korrelmonsters verzameld en geanalyseerd van rassenproeven en zogenaamde 5-are velden. Speciaal voor dit onderzoek worden de reguliere CGO-rassenproeven in Lelystad en Westmaas de laatste jaren uitgebreid met een extra herhaling (3^e herhaling) waarop de bijbemesting wordt uitgevoerd. De beide andere herhalingen krijgen deze bijbemesting niet.

Omdat al verscheidene jaren deze bijbemesting wordt uitgevoerd kan nagegaan worden wat het effect tot nu toe is geweest van het uitvoeren van een extra N-gift. Deze N-gift is steeds 30-40 kg N/ha geweest en is gegeven rondom het moment dat het gewas in de aar komt/staat. Eerder onderzoek naar N-deling bij zomergerst heeft laten zien dat een tweede N-gift niet in een eerdere gewasfase moet worden gegeven. Stikstofgiften tijdens de strekkingsfase hadden in veel gevallen een sterke doorwasvorming tot gevolg. Doorwasvorming wil zeggen dat het gewas opnieuw (zij)spruiten gaat vormen die later afrijpen dan de eerst gevormde spruiten/aren en tijdens de oogst voor groene stengels en groene korrels zorgen. Dit kan de oogst bemoeilijken en de kwaliteit van het oogstproduct negatief beïnvloeden. Bovendien heeft extra stikstof tijdens de strekkingsfase een negatief effect op de stevigheid van het gewas en neemt de kans op (ernstige) legering toe.

Voor de gegevens in tabel 2.1 is gebruik gemaakt van de gemiddelde opbrengstcijfers van de CGO-rassenproeven "met ziektebestrijding" waarbij er 2 herhalingen waren met de standaard N-bemesting en 1 herhaling met de N-bijbemesting. Het opbrengst- en eiwitcijfer is gebaseerd op het gemiddelde van een elk jaar verschillend aantal rassen (14-27 rassen) in de rassenproeven.

Tabel 2.1 Effect van een N-bijmesting bij zomergerst op de opbrengst, het eiwitgehalte en de hoeveelheid stikstof opgenomen (en afgevoerd) via de korrelopbrengst; kleilocaties Lelystad en Westmaas, 2012-2018.

Jaar	Locatie	N-min (0-60)	Basis N-gift	Opbrengst t/ha	Eiwit- %	N_ zaad	Extra N-gift	Opbrengst t/ha	Eiwit- %	N_ zaad
2018	Lelystad	18	100	8.06	8.4	92	+30 N	9.11	9.0	113
	Westmaas	15	103	7.05	9.3	89	+30 N	7.16	9.0	88
2017	Lelystad	29	90	9.36	8.3	105	+30 N	9.98	9.2	125
	Westmaas	42	72	8.30	8.0	85	+30 N	8.50	9.9	108
2016	Lelystad	24	90	8.46	7.9	92	+30 N	8.80	9.0	107
	Westmaas	12	95	7.62	9.5	98	+30 N	7.93	10.5	113
2015	Lelystad	24	100	9.24	9.0	113	+40 N	9.42	10.7	138
	Westmaas	24	81	8.23	7.4	83	+40 N	9.05	8.9	110
2014	Lelystad	24	100	9.52	8.7	113	+40 N	9.55	10.5	137
	Westmaas	35	85	9.78	10.5	135	+40 N	9.79	10.1	141
2013	Lelystad	28	90	8.28	7.1	80	+40 N	9.00	9.0	110
	Westmaas	15	108	8.20	8.0	89	+40 N	9.02	9.1	111
2012	Lelystad	31	90	8.75	9.6	115	+40 N	8.99	10.2	124
	Westmaas	21	95	7.78	7.9	84	+40 N	8.32	9.7	110
gem		24	93	8.47	8.5	98	36 N	8.89	9.6	117

*Rode cijfers: eiwitgehalte valt niet binnen de gewenste range van 9.5%-11.5%

De basis-N-gift die gemiddeld werd gegeven aan de rassenproeven op deze beide kleilocaties lag met 93 kg N/ha boven de N-gebruiksnorm van 80 kg N/ha en ook ruim boven de N-adviesgift. (Bij aantoonbare gemiddelde opbrengsten van boven de 7 t/ha is er een verruiming mogelijk van 30 kg N/ha). Het N-advies voor brouwergerst op klei is 90 kg-bodemvoorraad (0-60cm). Dit zou gemiddeld over deze jaren een N-gift betekenen van 66 kg N/ha. Op de proeflocaties wordt meestal 115 tot 120 kg N/ha-bodemvoorraad gehanteerd aangezien de ervaring leert dat zowel de N-gebruiksnorm als het N-advies onvoldoende hoog is voor een goede opbrengst en een eiwitgehalte dat voldoet aan de gestelde norm.

Ondanks basis-N-giften boven de gebruiksnorm was het eiwitgehalte gemiddeld niet meer dan 8.5%. Dit is voor de mouterij, waar een ondergrens geldt voor eiwit van 9.5%, veel te laag. In 11 van de 14 gevallen was het eiwitgehalte onvoldoende hoog bij alleen een basis N-gift (tabel 2.1, getallen rood). Door een extra N-gift bij het in aar komen werd het eiwitgehalte gemiddeld met ruim een procent verhoogd tot 9.6% en voldeed daarmee gemiddeld aan de minimumnorm. Desalniettemin was het eiwitgehalte in 7 van de 14 gevallen nog steeds te laag. Maar het aantal proeven waarin het eiwitgehalte voldeed aan de minimumnorm nam wel toe van 3 naar 7. In geen van de gevallen was het eiwitgehalte te hoog (boven de 11.5%) na een N-bijbemesting.

De opbrengst bleek door de extra N-gift toe te nemen van gemiddeld 8.5 t/ha naar 8.9 t/ha.

Conclusie

Op basis van de ervaringen in rassenproeven in Lelystad en Westmaas in de periode 2012-2018 kan gesteld worden dat in alle gevallen een bijbemesting van 30-40 kg N/ha bij het in aar komen een positief effect heeft gehad op zowel het eiwitgehalte als de opbrengst. In geen enkel geval heeft de bijbemesting ervoor gezorgd dat het eiwitgehalte te hoog werd en de 11.5% werd overschreden. Dit effect van een bijbemesting werd behaald bij een basis-N-gift die hoger lag dan de N-gebruiksnorm. Dit wijst erop dat de N-gebruiksnorm (en ook het N-advies) onvoldoende hoog is om een acceptabel eiwitgehalte te halen en onvoldoende hoog is voor de hoogste opbrengst. Omdat er geen negatieve effecten zijn geconstateerd zou een N-bijbemesting voor zomergerst op kleigrond algemeen geadviseerd kunnen worden.

2.3 Nibem rassenonderzoek zand- en dalgrond

De basis-N-gift die gemiddeld werd gegeven aan vergelijkbare rassenproeven op twee zand(dal)-locaties (Marwijksoord/zand en Veenhuizen/dal) in dezelfde periode (2012-2018) lag met 96 kg N/ha ook boven de N-gebruiksnorm van 80 kg N/ha. Ook op deze beide locaties is de ervaring dat 80 kg N/ha onvoldoende is voor een goede opbrengst en een eiwitgehalte dat voldoet aan de gestelde norm.

Tabel 2.2 Opbrengst, eiwitgehalte en de hoeveelheid stikstof opgenomen (en afgevoerd) via de korrelopbrengst; zand-(Marwijksoord) en dalgrondlocatie (Veenhuizen), 2010-2018.

Jaar	Locatie	N-min (0-60 cm)	N-gift	Opbrengst	Eiwit-%	N_zaad
2018	Marwijksoord	10	110	6.97	10.4	99
	Veenhuizen	30	100	5.72	8.7	68
2017	Marwijksoord	10	100	6.57	11.3	101
	Veenhuizen	30	100	9.70	10.7	141
2016	Marwijksoord	10	95	7.16	8.6	84
	Veenhuizen	25	100	6.93	9.5	90
2015	Marwijksoord	10	100	7.64	9.5	99
	Veenhuizen	30	80	8.59	10.4	121
2014	Marwijksoord	10	90	7.66	8.3	86
	Veenhuizen	20	80	9.03	9.4	115
2013	Marwijksoord	10	90	6.38	8.6	75
	Veenhuizen	15	101	6.94	13.1	124
2012	Marwijksoord	10	95	6.57	8.3	74
	Veenhuizen	15	100	8.83	9.9	119
gem		17	96	7.48	9.8	100

*Rode cijfers: eiwitgehalte valt niet binnen de gewenste range van 9.5%-11.5%

Het N-advies voor zomergerst op zand is 120 kg-bodemvoorraad (0-60cm), maar op de proeflocaties wordt vaker 110 tot 115 kg-bodemvoorraad gehanteerd. Dit vanwege het feit dat het eiwitgehalte op zand- en dalgrond meestal wat hoger uitvalt dan op kleigrond. Dit blijkt ook uit de eiwitcijfers over de afgelopen 7 jaar; kleigrond gemiddeld 8.5% (tabel 2.1) en zandgrond 9.8% (tabel 2.2).

Het gemiddelde eiwitgehalte op de zanddal-locaties lag met 9.8% boven de ondergrens van 9.5%. Echter in 7 van de 14 gevallen was het eiwitgehalte resp. te laag (6 gevallen) of te hoog (1 geval). In het ene geval dat het eiwitgehalte te hoog was, was dit op de dalgrondlocatie.

Conclusie

Ervaringen met N-bijbemesting op zand- en dalgrond zijn er (in proeven) weinig terwijl de problematiek van te lage eiwitgehalten weliswaar iets minder groot is dan op kleigronden maar nog altijd vrij duidelijk aanwezig. De wens om tot een optimalisatie van het eiwitgehalte te komen op deze gronden is daarom vrijwel net zo groot. Maar omdat het eiwitgehalte gemiddeld wat hoger ligt en op deze gronden (met name de veenhoudende gronden) een sterke stikstofmineralisatie kan optreden die het eiwitgehalte tot over de bovengrens van 11.5% kan stuwen, is een algemeen advies om een N-bijbemesting uit te voeren, minder voor de hand liggend en weinig onderbouwd.

Opnames van het gewas met een drone zouden deze beslissing, om al dan niet een extra stikstofbemesting te geven en zo het eiwitgehalte te optimaliseren, kunnen onderbouwen.

N-tester



De N-tester is handsensor die op basis van reflectiemetingen in het gebied 650-940 nm het chlorofyl-gehalte of N-inhoud van gewassen kan schatten. Binnen een proefveldje zijn aan 30 random gekozen planten een meting gedaan aan het blad onder het vlagblad. Dit geeft een gemiddelde 'N-tester waarde' bij elke plot. Er zijn verschillende N-testers in gebruik, apparaten die waarden geven tussen de 25 en de 50 en apparaten die waarden geven in de range 400-700.

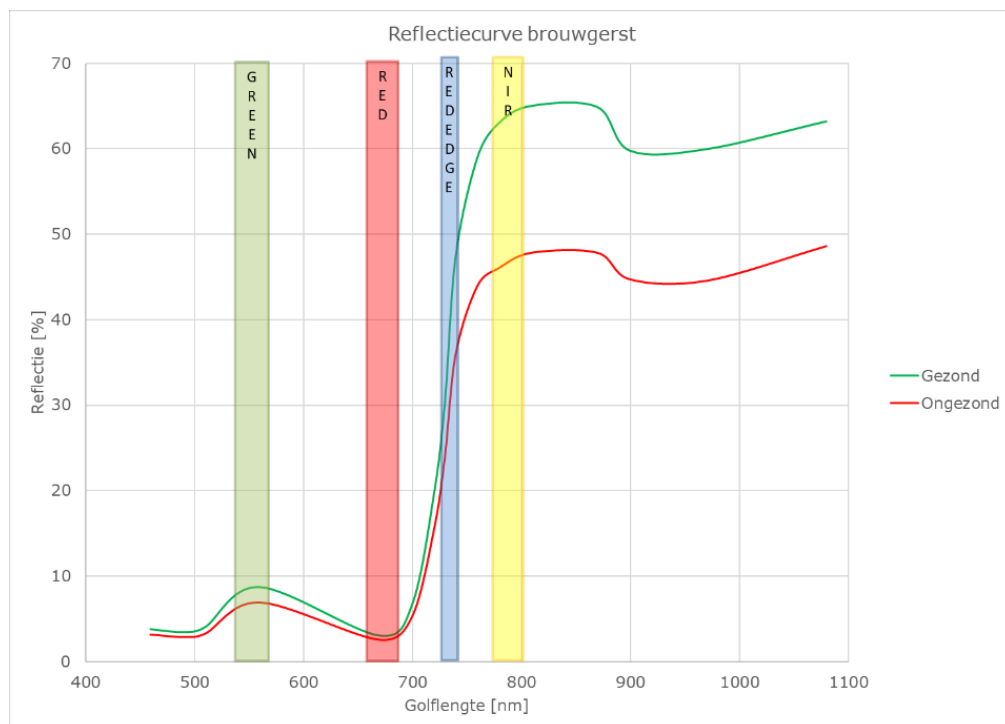
Opbrengst

Per proefveldje zijn bij de oogst het korrelveldgewicht en het vochtgehalte bepaald. Het bruto gewicht is vervolgens omgerekend naar een opbrengst in kg per ha bij 15% vocht.

Per veld zijn korrelmonsters opgestuurd naar Eurofins en geanalyseerd op het N-gehalte, waaruit het eiwitgehalte is berekend.

Dronebeelden

Per proefveld werden er twee tot drie dronebeelden gemaakt in de periode rondom het in aar komen van het gewas. Hierbij is gebruik gemaakt van de diensten van Dronewerkers. Dronewerkers gebruiken een fixed wing eBee drone in combinatie met een Multispec4C multispectrale gewascamera. Deze camera meet de lichtreflectie bij 550 nm (groen), 660 (rood), 735 (red edge) en 790 (nabij infrarood). In figuur 3.2 is een algemene reflectiecurve van brouwergerst weergegeven. Met balken is weergegeven in welke banden en bandbreedtes de gebruikte camera meet. Per band maakt de camera een foto. Over het gehele perceel worden continu foto's gemaakt met ca 80% overlap tussen de foto's. Elke locatie op het perceel is daarmee vanuit verschillende hoeken ongeveer 8 keer gefotografeerd. Deze beelden worden via een algoritme bij elkaar gezet, zodat er één perceelsvullend beeld ontstaat voor elke band. Dronewerkers leverde het eindresultaat, waarbij voor elke 12.5 x 12.5 cm grondoppervlak het reflectiepercentage per band of een gewasindex beschikbaar was.



Figuur 3.2 Reflectiecurve brouwergerst en meetbanden drone.

In tabel 3.1 staat per locatie vermeld van welke momenten er een dronebeeld beschikbaar was. Tijdstip 1 (T1) is ongeveer 7-10 dagen voor het in aar komen en tijdstip 2 (T2) is rondom het moment van in aar komen (en van het bijbemesten). Tijdstip 3 en 4 zijn resp. 1 en 2 weken na het in aar komen van de brouwgerst. Niet alle drone-opnamen waren bruikbaar. Bij Uithuizermeeden is er in 2018 op 20 juni gevlogen met de eBee maar dit beeld was helaas niet bruikbaar vanwege te veel vervorming (drone door de wind te veel bewogen).

Tabel 3.1 Tijdstippen dronebeelden per locatie.

	Lelystad 2017	Valthermond 2017	Uithuizer- meeden 2017	Lelystad 2018	Valthermond 2018	Uithuizer- meeden 2018
T 1	13-06-2017	25-05-2017	10-06-2017			
T 2	26-06-2017	06-06-2017	22-06-2017	15-06-2018	07-06-2018	20-6-2018
T 3		13-06-2017		26-06-2018	18-06-2018	27-6-2018
T 4				03-07-2018		

3.3 Analyse

Vegetatie-indexen

De dronebeelden met reflectiepercentages voor de verschillende golflengtes zijn omgezet naar vegetatie-indexen. Vegetatie-indexen geven een ratio tussen bijvoorbeeld de reflectie nabij infrarood en rood licht. Ze zeggen iets over de hoeveelheid biomassa, bladmassa, grondbedekking of stikstofinhoud van het gewas. De meest gangbare indexen zijn gebruikt binnen dit onderzoek.

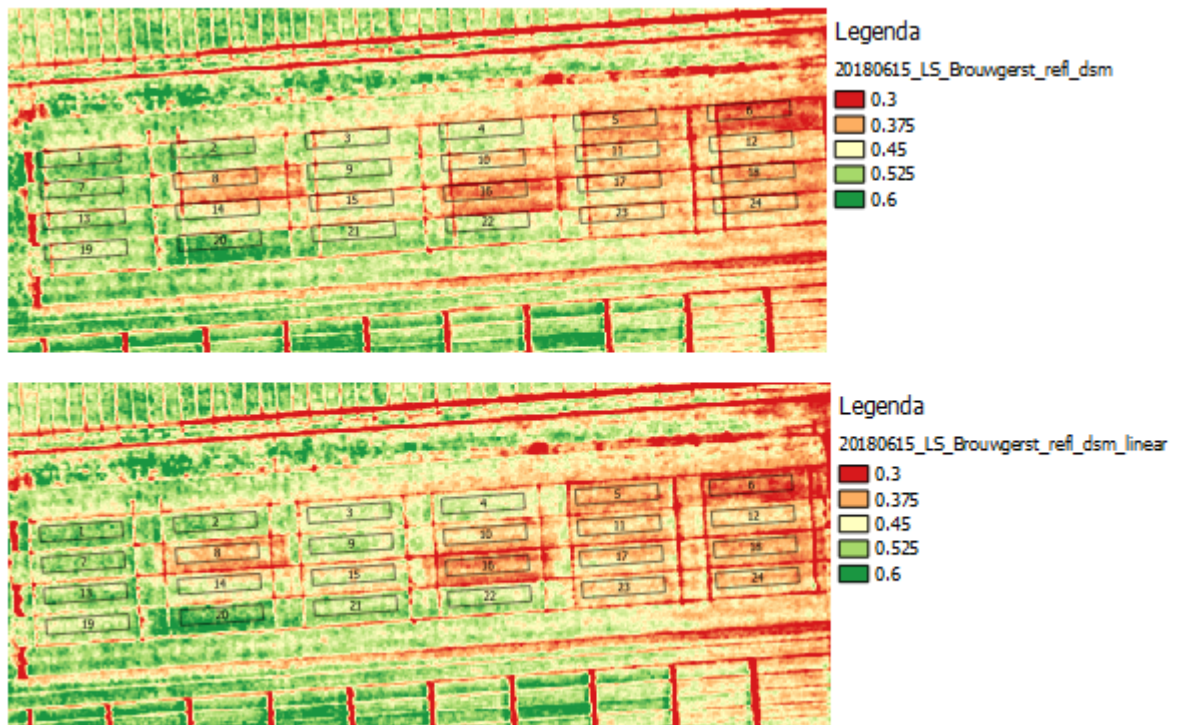
- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) = $(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$.
- Weighted Difference Vegetation Index (WDVI) = $\text{NIR} - c * \text{RED}$, waarbij c =een kale grond correctie. Dronewerkers gebruikt een vaste waarde van $c=1.8$.
- Normalized Difference Red Edge Index (NDRE) = $(\text{NIR} - \text{RE}) / (\text{NIR} + \text{RE})$.
- Chlorophyl Index Red (CIred) = $\text{NIR} / \text{RED} - 1$
- Canopy Chlorophyl Content Index (CCCI) = $\text{NDRE} / \text{NDVI}$

In 2017 leverde Dronewerkers de berekende vegetatie-indexen. Daardoor ontbrak in dat jaar de CIred-index. In 2018 leverde ze de ruwe reflectiewaarden en zijn de indexen zelf berekend. Dronewerkers blijft zich qua software-verwerking door ontwikkelen.

Koppeling drone-beelden aan proefvelden

Met het programma QGIS Desktop 2.18.22 zijn de dronebeelden ingeladen en zijn proefvelden handmatig ingetekend als polygon shapebestanden. Middels de functie Zonal Statistics zijn per plot de gemiddelde vegetatie-indexwaarde berekend. Deze gemiddelde VI-waarden per plot zijn gebruikt in de verdere analyses.

Soms was het nodig om de dronebeelden geografisch te verschuiven met de functie Georeferencer. De drone heeft op twee tot drie momenten per proefveld gemeten. Bij nadere inspectie bleek dan dat deze beelden niet precies boven elkaar lagen. De locatie van de gescande proefvelden lagen soms wel 1.5 meter uit elkaar. Met Georeferencer zijn de beelden zo verschoven dat zichtbare proefvelden weer boven elkaar lagen. Figuur 3.3 laat het resultaat van voor en ná verschuiving zien. Tevens zijn de ingetekende proefvelden te zien.



Figuur 3.3 NIR-reflectie brouwgerst op 15-06-2018 te Lelystad. Boven: voor de verschuiving, onder: na de verschuiving.

3.4 Praktijkpercelen

In 2019 zijn op 15 praktijkpercelen in de regio Veenkoloniën verificatie metingen gedaan. Per perceel is er rond 20 juni een gewasscan gemaakt met de eBee en tevens zijn er een aantal satellietbeelden (Sentinal-2a) gedownload. De satellietbeelden zijn door Wageningen Environmental Research aangeboden en via Akkerweb gedownload. De drone- en satellietbeelden zijn omgerekend naar WDWI en NDVI kaarten. De satellietbeelden hebben een resolutie van 10x10m, terwijl de dronebeelden een resolutie van 0.125x0.125m hebben. De dronebeelden zijn omgezet naar 10x10m voor een vergelijk met de satellietbeelden. Aan het einde van het seizoen is op basis van de afleverbonnen van de betreffende percelen een gemiddelde eiwitgehalte berekend. De gemiddelde WDWI waarde voor de drone en de satellietbeelden per perceel zijn vergeleken met het eiwitgehalte van het betreffende perceel.

Tabel 3.2 *Tijdstippen drone- en satellietbeelden per locatie.*

Perceel	Drone	Satelliet 1	Satelliet 2	Satelliet 3
1	20-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	
2	17-6-2019	17-6-2019		25-6-2019
3	20-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
4	19-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
5	18-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
6	19-6-2019		22-6-2019	25-6-2019
7	20-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
8	23-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
9	17-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
10	18-6-2019			25-6-2019
11	23-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
12	20-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
13	18-6-2019			25-6-2019
14	17-6-2019	17-6-2019	22-6-2019	25-6-2019
15	25-6-2019			25-6-2019

4 Resultaten 2017

4.1 Lelystad 2017

In 2017 werd op de WUR-proeflocatie in Lelystad een N-bemestingsproef aangelegd. Omdat de goedkeuring van het project pas later in het voorjaar voor elkaar kwam kon er geen proef meer gezaaid worden en werd besloten een proef uit te zetten in een wat later gezaaid praktijkperceel. Begin mei werd de proef aangelegd en de basisgiften werden kort daarna op 8 mei gegeven. Met de N-tester en met de Drone werd de waarde van het gewas gemeten op 13/15 juni en 26 juni, waarbij op het 1e tijdstip het gewas in de aar begon te komen en op 2e tijdstip het gewas volledig in de aar stond (tabel 4.1). Op 23 juni werden de bijbemestingen uitgevoerd.

Tabel 4.1 Overzicht teeltmaatregelen N-bemestingsproef; Lelystad 2017.

Ras	KWS Irina
Zaaidatum	half april
Grondsoort	klei
Voorvrucht	wintertarwe
N-mineraal (0-60cm)	24 kg N/ha
N-bemesting T1	8 mei (basisgift)
N-bemesting T2	23 juni (bijbemesting)
Drone-opname	13 juni en 26 juni
Oogstdatum	21 augustus

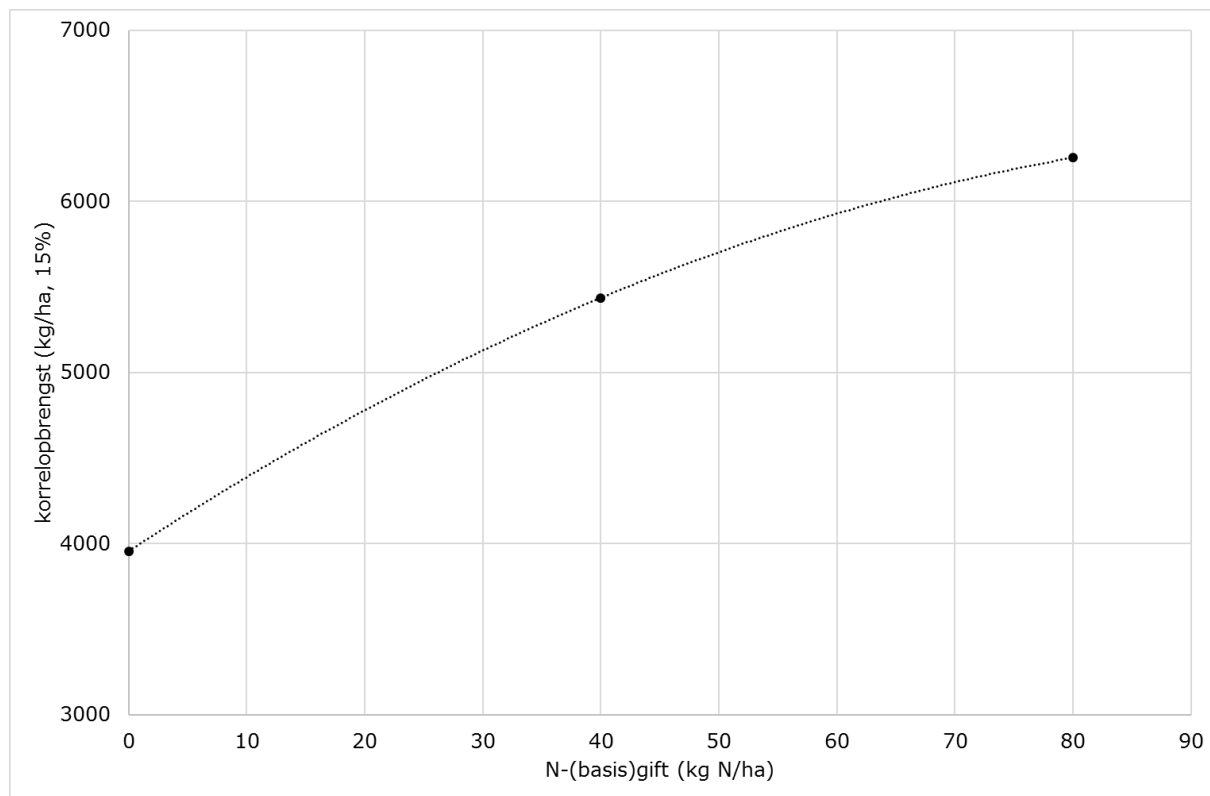
Het groeiseizoen van 2017 was warm en vooral heel droog. Van halverwege maart t/m halverwege mei viel er nauwelijks regen. Pas halverwege mei viel er één keer regen van betekenis (28mm). Daarna bleef het weer nagenoeg droog tot eind juni met alleen op 9 mei neerslag van betekenis (25mm). Een week na de N-bijbemesting op 23 juni viel er regen van betekenis wat de opnamemogelijkheid van de extra stikstofgift positief heeft beïnvloed. Het gewas had een gemiddelde lengte (60-75cm), en er trad geen legering van betekenis op.

Tabel 4.2 Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-bemestingsproef; Lelystad 2017.

Object	N-bemesting	N-tester	N-tester	Opbrengst	Eiwit-%		N in zaad
		15 juni	26-juni	15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	30.2	31.7	3957	63	9.8	33
B	40 kg N/ha	34.2	35.2	5437	87	10.0	46
C	80 kg N/ha	37.5	38.7	6255	100	10.4	88
D	80 + 30 kg N/ha			6436	103	11.3	99
	Lsd	1.8	2.3	302		0.6	7
	F pr.	0.003	0.02	<0.001		0.04	<0.001

Het opbrengstniveau was met een maximum van 6.4 t/ha relatief laag (tabel 4.2). Gemiddeld genomen zijn er in Lelystad opbrengsten mogelijk van 7-8 t/ha. Er bleek een vrij sterke reactie te zijn van de opbrengst op de hoogte van de N-gift. De opbrengst nam bijna rechtlijnig toe van 4.0 t/ha bij het nul-object tot 6.4 t/ha bij een gift van 80 kg N/ha (Figuur 4.1). De bijbemesting had slechts een gering positief effect op de opbrengst; het verschil met de standaardgift van 80 kg N/ha was niet significant (vergelijk object C en D). Dit geeft aan dat, vermoedelijk door het droge weer, de bijbemesting weinig tot z'n recht is gekomen. De hoeveelheid opgenomen stikstof in het zaad was ook erg laag. Bij het nul-object werd er iets meer dan 30 kg N/ha opgenomen en bij een basisgift van 80 kg N per ha was dit niet hoger dan 88 kg N per ha. Van de 30 kg N/ha bijbemesting werd slechts 11 kg teruggevonden

in het zaad. De stikstofopname vanuit de bodemvoorraad en de N-bemesting is dus beperkt geweest. Daar heeft de droogte vermoedelijk een belangrijke (negatieve) rol in gespeeld.



Figuur 4.1 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelopbrengst van zomergerst; Lelystad 2017.

De eiwitgehalten in de proef waren op het juiste niveau, toenemend van 9.8% bij het nul-object tot 10.4% bij de hoogste N-gift van 80 kg N/ha. Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 30 kg N per ha werd de opbrengst iets verhoogd maar nam met name het eiwitgehalte toe met 0.9% (vergelijk objecten C en D).

Was nu op basis van de N-tester en/of de drone sensorwaarden te voorspellen geweest dat het gewas zulke lage eiwitgehalten zou opleveren? Op basis van de N-tester lijkt er in deze proef een grenswaarde te zijn van ca. 35 waaronder het eiwitgehalte mogelijk te laag zou zijn en een bijbemesting zinvol. De verschillende gewas-sensorwaarden die met de drone zijn gemeten, zijn vergeleken met de N-tester en het uiteindelijke eiwitgehalte. De belangrijkste resultaten en conclusies hiervan staan in hoofdstuk 7.

4.2 Valthermond 2017

In 2017 werd op de WUR-proeflocatie 't Kompas in Valthermond een N-bemestingsproef aangelegd. Op 4 april werd de proef ingezaaid en de basisgiften werden op diezelfde datum gegeven. Met de N-tester werd de waarde van het gewas gemeten op 6 juni, het moment waarop het gewas in de aar begon te komen. De sensormetingen met de Drone en de bijbemesting werden in dezelfde week uitgevoerd (tabel 4.3).

Tabel 4.3 *Overzicht teeltmaatregelen N-bemestingsproef; Valthermond 2017.*

Ras	KWS Irina
Zaaidatum	4 april
Grondsoort	zanddal
Voorvrucht	zetmeelaardappelen
N-mineraal (0-30cm)	28 kg N/ha
N-bemesting T1	4 april (basisbemestng)
N-bemesting T2	9 juni (bijbemesting)
Drone-opname	25 mei, 6 juni. 13 juni
Oogstdatum	10 augustus

Het groeiseizoen was bijzonder warm en ook zeer droog. In de eerste 3 weken na het zaaien en de basisbemesting viel er net voldoende neerslag (28 mm) voor de kieming van het gewas en de eerste opname van de stikstof. Daarna viel er vanaf eind april tot begin juni slechts 20mm neerslag. Hierdoor ontstond een relatief kort (60-75cm) en wat open gewas. Kort na de bijbemesting viel er 17 mm neerslag wat de opname hiervan ten goede kwam. Daarna bleef het weer 2 weken droog. Pas vanaf 24 juni tot aan de oogst viel er met regelmaat regen van betekenis. Voor de groei van het gewas kwam dit te laat maar voor de productie was dit heel gunstig en heeft uiteindelijk geleid tot hele hoge opbrengsten. Legering van betekenis trad niet op; alleen bij de N-giften van 110 kg N per ha en hoger waren hier en daar wat kleine plekje hangend gewas te zien.

Er bleek een vrij sterke maar ook wisselende reactie te zijn van de opbrengst op de hoogte van de basis N-gift. De opbrengst nam toe van 6.3 t/ha bij het nul-object tot 9.1 t/ha bij een gift van 110 kg N/ha (tabel 4.4). Bij een N-gift van 80 kg N/ha was de opbrengst echter niet in lijn met de andere objecten (Figuur 4.2). Ook een N-bijbemesting leverde zeer wisselende resultaten in vergelijking tot de objecten zonder een bijbemesting (vergelijk objecten B en G, C en H, D en K).

Tabel 4.4 *Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-Bemestingsproef; Valthermond 2017.*

Object	N-bemesting	N-tester	Opbrengst	Eiwit-%		N in zaad
		6 juni	15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	482	6352	96	11.2	97
B	50 kg N/ha	550	7063	106	12.1	117
C	80 kg N/ha	578	6651	100	12.8	115
D	110 kg N per ha	577	9160	138	13.7	156
E	140 kg N per ha	602	8568	129	12.8	148
G	50 + 30 kg N per ha	534	6955	105	13.6	132
H	80 + 30 kg N per ha	559	8558	128	13.5	152
K	110 + 30 kg N per ha	589	8522	128	13.2	152
	Lsd	24	1285		0.7	29
	F pr.	<0.001	<0.001		<0.001	0.003

Het eiwitgehalte van het nul-object was al vrij hoog maar nam verder toe met de hoogte van de N-gift, tot 13.7% bij een N-gift van 110 kg N/ha. Door een N-bijbemesting nam in 2 van de 3 gevallen het eiwitgehalte toe (vergelijk objecten B en G, C en H, D en K).

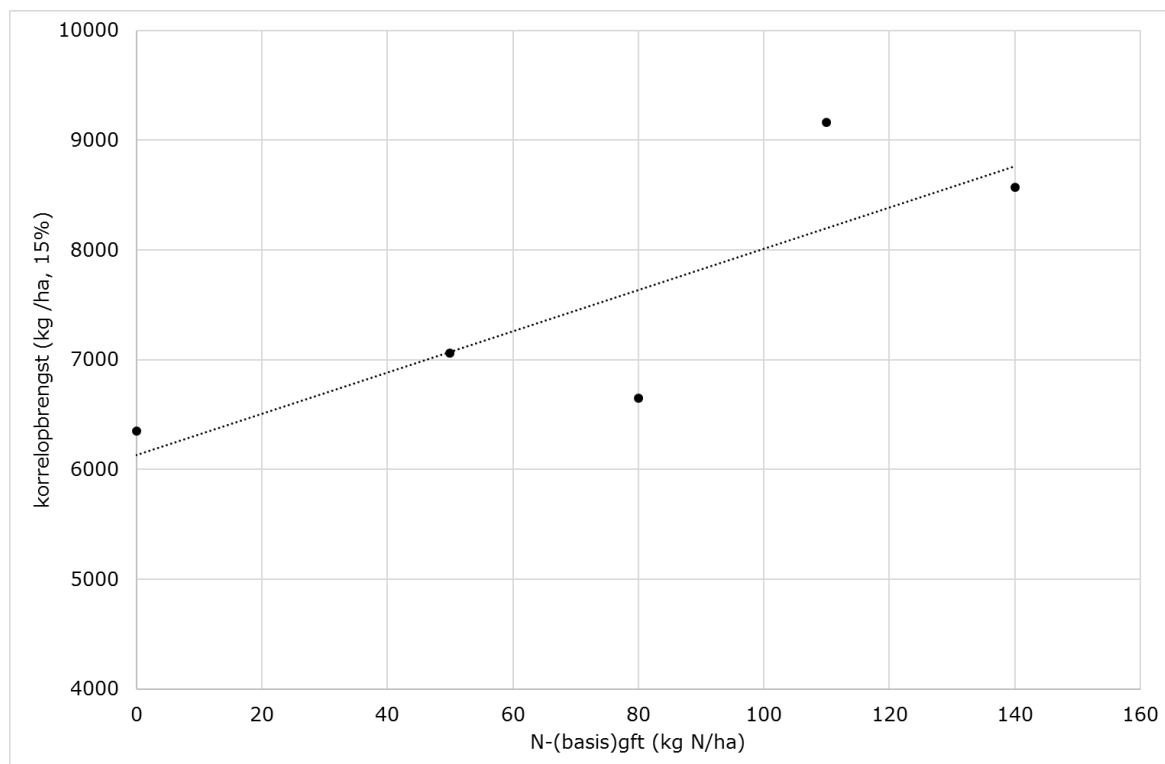
De N-gebruiksnorm voor zomergerst op zanddal is 80 kg N/ha. Bij deze gift werd niet de hoogste opbrengst gehaald maar dit object week erg sterk af van de andere objecten en de lijn der verwachting. Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 30 kg N per ha werd de opbrengst verhoogd met 1900 kg/ha en het eiwitgehalte verhoogd met 0.7% (vergelijk objecten C en H). Ook dit effect moet bezien worden in het licht dat de opbrengst van de 80 kg N-gift niet representatief was.

Een bijbemesting was in geen van de gevallen noodzakelijk om een acceptabel eiwitgehalte te verkrijgen. Het was zelfs zo dat alleen bij het nul-object voldaan werd aan de eiwitnorm. In alle andere situaties was deze (veel) te hoog.

Een bijbemesting was dus niet zinvol voor het eiwitgehalte, maar was dit op basis van de N-tester en/of de drone sensorwaarden te voorspellen geweest? Op basis van de N-tester lijkt er in deze proef

een geschatte waarde nodig te zijn van ca. 450 waarboven een bijbemesting voor verhoging van het eiwitgehalte niet zinvol is. Daaronder is dit mogelijk wel het geval.

De verschillende gewas-sensorwaarden die met de drone zijn gemeten, zijn vergeleken met de N-tester en het uiteindelijke eiwitgehalte. De belangrijkste resultaten en conclusies hiervan staan in hoofdstuk 7.



Figuur 4.2 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelopbrengst van zomergerst; Valthermond 2017.

4.3 Uithuizermeeden 2017

In 2017 werd door Agrifirm een N-bemestingsproef aangelegd op een praktijklocatie in het Noorden van het land (Uithuizermeeden).

Op 31 maart werd de proef ingezaaid en de basisgiften werden kort daarna op 4 april gegeven. Met de N-tester werd de waarde van het gewas gemeten op 8 juni, kort voor het gewas in de aar begon te komen. De 1^e sensormeting met de Drone werd in diezelfde periode uitgevoerd en de bijbemesting volgde een aantal dagen later (tabel 4.5). Een week na de bijbemesting werd voor een 2^e keer gevlogen.

Tabel 4.5 Overzicht teeltmaatregelen N-Bemestingsproef; Uithuizermeeden 2017.

Ras	KWS Irina
Zaaidatum	31 maart
Grondsoort	zavel
Voorvrucht	wintertarwe
N-mineraal (0-60cm)	n.b.
N-bemesting T1	4 april (basisgift)
N-bemesting T2	15 juni (bijbemesting)
Drone-opname	10 juni en 22 juni
Oogstdatum	15 augustus

Het groeiseizoen van 2017 was warm en ook zeer droog. Na het zaaien viel er tot halverwege mei niet meer dan 30-35mm in kleine buitjes. Van 12 tot 14 mei viel er bij elkaar ruim 30mm regen waarna het tot begin juni weer droog bleef. Na de N-bijbemesting op 15 juni viel er in de periode 23-30 juni enige regen maar daarna vrijwel niets meer tot aan eind juli. Deze regen van eind juni heeft de mogelijkheid tot opname van de extra stikstofgift enigszins positief beïnvloed maar over het geheel was het te droog voor een goede N-werking. Het gewas had verder een normale lengte (60-85cm) en er trad geen legering op.

Het opbrengstniveau was met een maximum van 10.3 t/ha erg hoog (tabel 4.6). Ondanks dat er bij het object zonder N-bemesting al een opbrengst werd behaald van ruim 7.5 t/ha was er een vrij sterk effect van de hoogte van de basis N-bemesting op de korrelopbrengst. De opbrengst nam toe van 7.6 t/ha bij het nul-object tot 10.3 t/ha bij een gift van 140 kg N/ha (Figuur 4.3). De bijbemesting had echter bij geen van de niveaus een positief effect op de opbrengst (vergelijk objecten B en G, C en H, D en K). Dit was vooral te wijten aan de beperkte hoeveelheid neerslag die er na de bijbemesting is gevallen. (Deze bijbemesting kwam pas tot werking tijdens de groei van de groenbemester die na de oogst is gezaaid. De veldjes met bijbemesting waren in de groenbemester duidelijk terug te vinden). Ook als de extra stikstofgift beschouwd wordt als een N-deling dan wordt duidelijk dat in alle gevallen de ongedeelde N-gift een hogere opbrengst opleverde dan de gedeelde gift. De hoeveelheid opgenomen stikstof in het zaad was erg hoog. Bij het object zonder stikstof was dit al 107 kg N per ha, en bij een basisgift van 140 kg N per ha was dit 149 kg N per ha. De stikstofopname vanuit de bodem is dus zeer hoog geweest. Daar heeft de vochtopleverende zavelgrond vermoedelijk een belangrijke (positieve) rol in gespeeld.

Tabel 4.6 Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-bemestingsproef; Uithuizermeeden 2017.

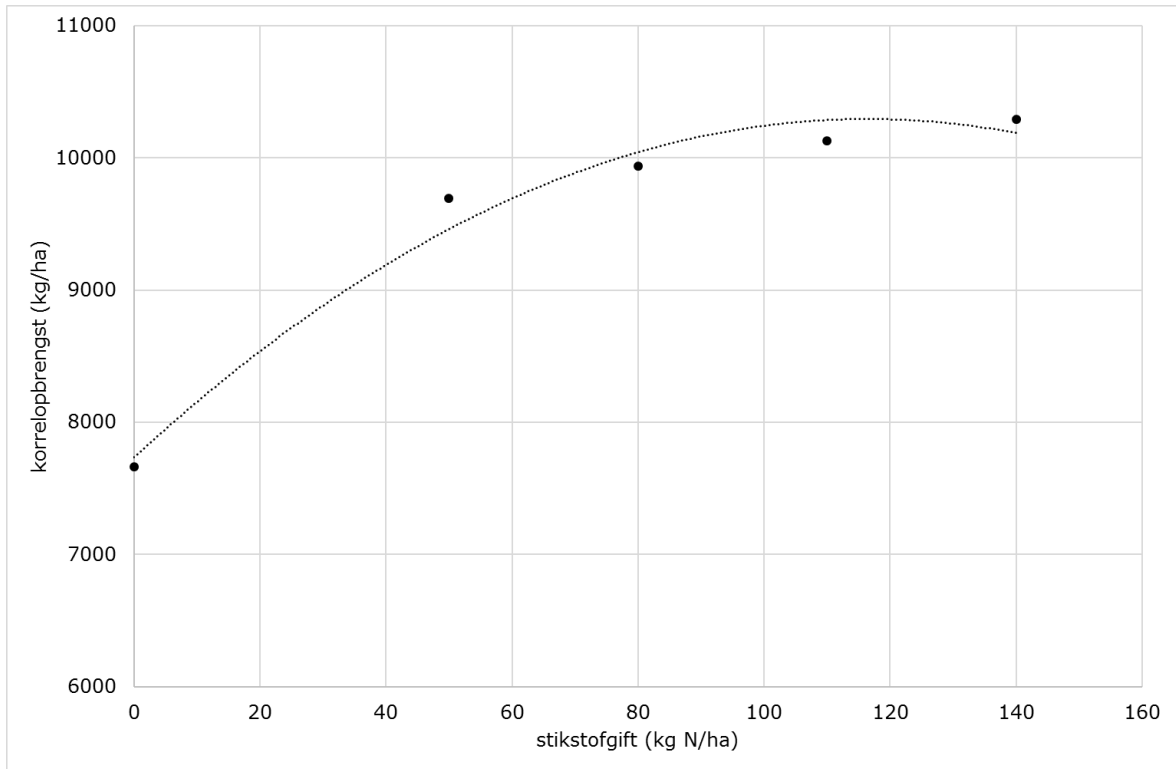
Object	N-bemesting	N-tester	Opbrengst	Eiwit-%		N in zaad
		8 juni	15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	439	7665	77	10.2	107
B	50 kg N/ha	475	9691	98	10.0	132
C	80 kg N/ha	506	9935	100	10.2	139
D	110 kg N per ha	520	10126	102	10.2	141
E	140 kg N per ha	535	10292	104	10.6	149
G	50 + 30 kg N per ha	484	9605	97	10.2	133
H	80 + 30 kg N per ha	499	9776	98	10.3	137
K	110 + 30 kg N per ha	521	9511	96	10.5	135
	Lsd	23	515		0.3	8
	F pr.	<0.001	<0.001		0.04	<0.001

De eiwitgehalten in de proef waren op het gewenste niveau, tussen de 10% en 11%. De hoogte van de N-gift had weinig effect op de hoogte van het eiwitgehalte. Ook een N-bijbemesting had nauwelijks effect op het eiwitgehalte (vergelijk objecten C en G, D en H, E en K).

De N-gebruiksnorm voor zomergerst op klei is 80 kg N/ha. (Bij aantoonbare gemiddelde opbrengsten van boven de 7 t/ha is er een verruiming mogelijk van 30 kg N/ha). Bij deze gift werd nagenoeg de hoogste opbrengst al gehaald en ook het eiwitgehalte voldeed aan de norm voor brouwergerst (tussen 10% en 11%). Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 30 kg N per ha werd de opbrengst niet verhoogd en nam ook het eiwitgehalte niet toe (vergelijk objecten C en H). Het beste resultaat in de proef werd verkregen bij een eenmalige (basis)gift van ca. 110 kg N per ha.

Was nu op basis van de N-tester en/of de drone sensorwaarden te voorspellen geweest dat het gewas een korrel met een voldoende hoog eiwitgehalte zou opleveren? Op basis van de N-tester was er in deze proef een waarde nodig van ca. 400 waarboven acceptabele eiwitgehalten te verwachten waren geweest. Hieronder zou een bijbemesting zinvol zijn.

De verschillende gewas-sensorwaarden die met de drone zijn gemeten, zijn vergeleken met het uiteindelijke eiwitgehalte. De belangrijkste conclusies hiervan staan in hoofdstuk 7.



Figuur 4.3 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelobbrengst van zomergerst; Uithuizermeeden 2017

5 Resultaten 2018

5.1 Lelystad 2018

In 2018 werd op de WUR-proeflocatie in Lelystad evenals in 2017 een N-bemestingsproef aangelegd. Op 17 april werd de proef ingezaaid en de basisgiften werden op 4 mei gegeven. Met de N-tester werd de waarde van het gewas gemeten op 15 juni, het moment waarop het gewas in de aar begon te komen, en later nog een keer op 25 juni. De sensormetingen met de Drone en de N-bijbemesting zijn in diezelfde periode uitgevoerd (tabel 5.1).

Tabel 5.1 Overzicht teeltmaatregelen N-bemestingsproef; Lelystad 2018.

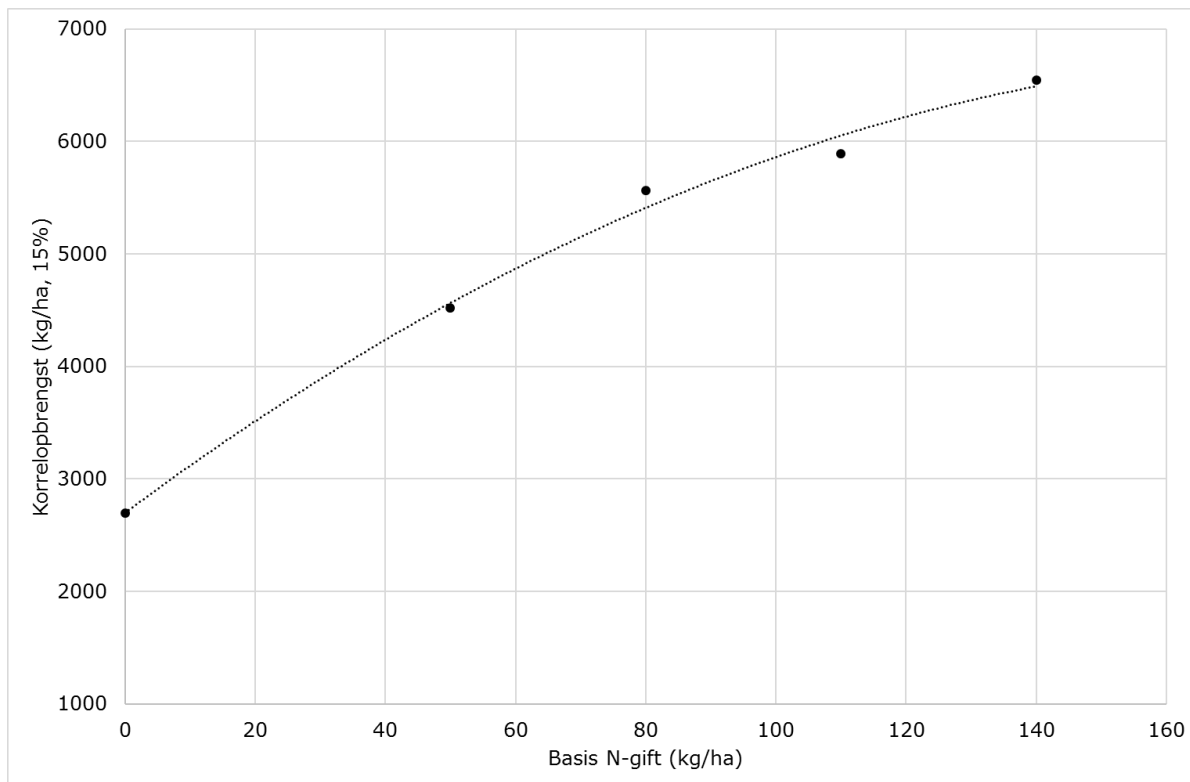
Ras	KWS Irina
Zaaidatum	17 april
Grondsoort	klei
Voorvrucht	uien
N-mineraal (0-60cm)	18 kg N/ha
N-bemesting T1	4 mei (basisgift)
N-bemesting T2	14 juni (bijbemesting)
Drone-opname	15 juni, 26 juni en 3 juli
Oogstdatum	31 juli

Het groeiseizoen van 2018 was bijzonder warm en ook zeer droog. Na de N-bijbemesting op 14 juni viel er pas begin augustus (na de oogst) weer enige regen van betekenis. Dit heeft de opname van de extra stikstofgift sterk beïnvloed. Maar ook daarvoor, in april en mei, was het erg droog. Het gewas bleef hierdoor erg kort (40-55cm), open en er trad geen legering op.

Het opbrengstniveau was met een maximum van 6.5 t/ha relatief laag (tabel 5.1). Gemiddeld genomen zijn er in Lelystad opbrengsten mogelijk van 7-8 t/ha. Er bleek een vrij sterk effect te zijn van de opbrengst op de hoogte van de N-gift. De opbrengst nam bijna rechtlijnig toe van 2.7 t/ha bij het nul-object tot 6.5 t/ha bij een gift van 140 kg N/ha (figuur 5.1). De bijbemesting had bij geen enkel niveau een (significant) effect op de opbrengst (vergelijk objecten B en G, C en H, D en K). Dit geeft aan dat door het extreme weer de bijbemesting totaal niet tot z'n recht is gekomen. De hoeveelheid opgenomen stikstof in het zaad was sowieso erg laag. Zelfs bij een basisgift van 140 kg N per ha was dit niet hoger dan 83 kg N per ha. De stikstofopname vanuit de bodemvoorraad en de N-bemesting is dus zeer beperkt geweest. Daar heeft de droogte vermoedelijk een belangrijke (negatieve) rol in gespeeld.

Tabel 5.2 Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-bemestingsproef; Lelystad 2018.

Object	N-bemesting	N-tester	N-tester	Opbrengst		Eiwit-%	N in zaad
		15 juni	25-juni	15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	27.3	22.2	2699	49	8.1	30
B	50 kg N/ha	35.0	30.4	4519	81	8.0	49
C	80 kg N/ha	37.8	32.1	5562	100	8.6	65
D	110 kg N per ha	40.0	35.1	5894	106	8.5	68
E	140 kg N per ha	42.5	35.6	6543	118	9.3	83
G	50 + 30 kg N per ha		29.9	4575	82	8.4	52
H	80 + 30 kg N per ha		33.7	5379	97	8.7	64
K	110 + 30 kg N per ha		36.4	5971	107	9.2	75
	Lsd	3.3	2.1	538		0.5	7
	F pr.	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001



Figuur 5.1 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelopbrengst van zomergerst; Lelystad 2018.

De eiwitgehaltenes in de proef waren zeer laag, toenemend van 8.7% bij het nul-object tot slechts 9.3% bij de hoogste N-gift van 140 kg N/ha. Dit bevestigt nogmaals de zeer beperkte opname van stikstof door het gewas. Bij een gedeelde N-bemesting was in geen van de 3 gevallen het eiwitgehalte hoger dan bij de eenmalige gift (vergelijk objecten C en G, D en H, E en K).

De N-gebruiksnorm voor zomergerst op klei is 80 kg N/ha. (Bij aantoonbare gemiddelde opbrengsten van boven de 7 t/ha is er een verruiming mogelijk van 30 kg N/ha). Bij deze gift werd niet de hoogste opbrengst gehaald en ook het eiwitgehalte voldeed bij lange na niet aan de norm voor brouwergerst (tussen 9.5% en 11.5%). Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 30 kg N per ha werd de opbrengst niet verhoogd en bleef ook het eiwitgehalte onveranderd (vergelijk objecten C en H). Dit had alles te maken met de zeer droge omstandigheden. Het beste resultaat werd nog verkregen met een eenmalige N-gift van 140 kg N per ha.

Was nu op basis van de N-tester en/of de drone sensorwaarden te voorspellen geweest dat het gewas zulke lage eiwitgehalten zou opleveren? Op basis van de N-tester lijkt er in deze proef een waarde nodig te zijn van 42-43 waarboven acceptabele eiwitgehalten te verwachten waren geweest.

Hieronder zou een bijbemesting zinvol zijn. Echter door de slechte N-opname door de droogte kwam het effect van de bijbemesting niet tot uiting.

De verschillende gewas-sensorwaarden die met de drone zijn gemeten, zijn vergeleken met de N-tester en het uiteindelijke eiwitgehalte. De belangrijkste resultaten en conclusies hiervan staan in hoofdstuk 7.

5.2 Valthermond 2018

In 2018 werd op de WUR-proeflocatie 't Kompas in Valthermond opnieuw een N-bemestingsproef aangelegd. Op 11 april werd de proef ingezaaid en de basisgiften werden op 10 april gegeven. Met de N-tester werd de waarde van het gewas gemeten op 8 juni, het moment waarop het gewas in de aar begon te komen. De sensormetingen met de Drone en de bijbemesting werden in dezelfde week uitgevoerd (tabel 5.3).

Tabel 5.3 *Overzicht teeltmaatregelen N-bemestingsproef; Valthermond 2018.*

Ras	KWS Irina
Zaaidatum	11 april
Grondsoort	zanddal
Voorvrucht	zetmeelaardappelen
N-mineraal (0-60cm)	22 kg N/ha
N-bemesting T1	10 april (basisbemesting)
N-bemesting T2	7 juni (bijbemesting)
Drone-opname	7 juni en 18 juni
Oogstdatum	25 juli

Het groeiseizoen was bijzonder warm en ook zeer droog. Na de N-bijbemesting viel er op 10 juni wel 15mm regen waardoor de stikstof in de bovengrond kon dringen, daarna viel er tot na de oogst geen regen van betekenis meer. Dit heeft de opname van de N-bijbemesting zeer waarschijnlijk beperkt. Er bleek een vrij sterk effect te zijn van de opbrengst op de hoogte van de basis N-gift. De opbrengst nam toe van 4.3 t/ha bij het nul-object tot bijna 7.5 t/ha bij een gift van 110 kg N/ha (tabel 5.4). Daarboven leek de opbrengst iets af te nemen (figuur 5.2) hoewel er geen legering in de proef optrad. Een gedeelde N-bemesting leverde bij alle niveaus een vergelijkbare opbrengst op als bij een eenmalige gift (vergelijk objecten C en G, D en H, E en K).

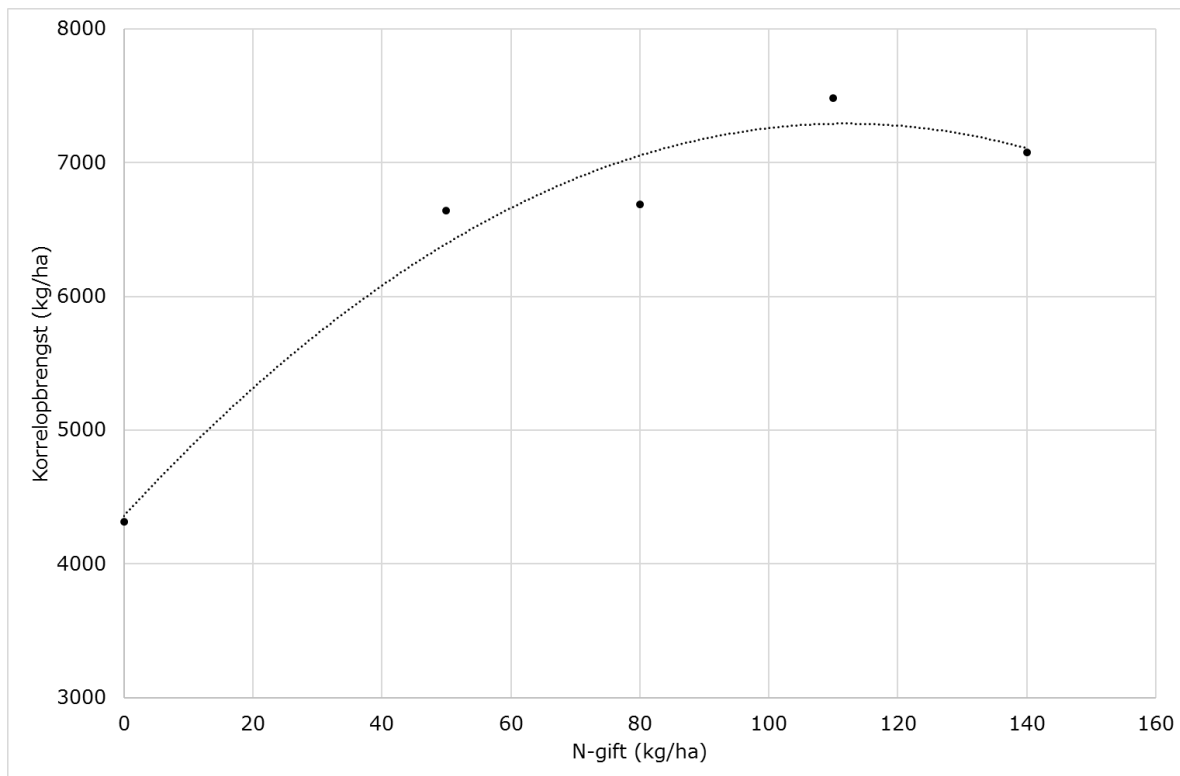
Tabel 5.4 *Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-bemestingsproef; Valthermond 2018.*

Object	N-bemesting	N-tester		Opbrengst		Eiwit-%	N in zaad
		8 juni	20-juni	15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	29.4	20.9	4316	65	8.7	52
B	50 kg N/ha	36.8	32.0	6643	99	9.3	84
C	80 kg N/ha	41.5	37.1	6686	100	9.8	89
D	110 kg N per ha	41.3	40.9	7483	112	11.2	115
E	140 kg N per ha	43.8	42.9	7075	106	11.8	114
G	50 + 30 kg N per ha		33.5	6561	98	10.3	92
H	80 + 30 kg N per ha		40.2	7348	110	11.5	115
K	110 + 30 kg N per ha		42.1	7187	107	11.8	116
	Lsd	2.5	4.2	881		1.0	16
	F pr.	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001

Het eiwitgehalte nam ook sterk toe met de hoogte van de N-gift, van 8.7% bij het nul-object tot 11.8% bij de hoogste N-gift van 140 kg N/ha. Bij een gedeelde N-bemesting was in 2 van de 3 gevallen het eiwitgehalte hoger dan bij de eenmalige gift (vergelijk objecten C en G, D en H, E en K).

De N-gebruiksnorm voor zomergerst op zanddal is 80 kg N/ha. Bij deze gift werd niet de hoogste opbrengst gehaald en ook het eiwitgehalte was iets aan de lage kant. Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 30 kg N per ha werd de opbrengst verhoogd met ruim 650 kg/ha (10%) en het eiwitgehalte verhoogd met 1.7% (vergelijk objecten C en H).

Deze bijbemesting lijkt dus heel zinvol te zijn geweest, maar was dit op basis van de N-tester en/of de drone sensorwaarden te voorspellen geweest? Op basis van de N-tester lijkt er in deze proef een waarde nodig te zijn van 41-42 waarboven een bijbemesting niet zinvol is. Daaronder lijkt dit wel het geval. De verschillende gewas-sensorwaarden die met de drone zijn gemeten, zijn vergeleken met de N-tester en het uiteindelijke eiwitgehalte. De belangrijkste resultaten en conclusies hiervan staan in Hoofdstuk 7.



Figuur 5.2 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelopbrengst van zomergerst; Valthermond 2018.

5.3 Uithuizermeeden 2018

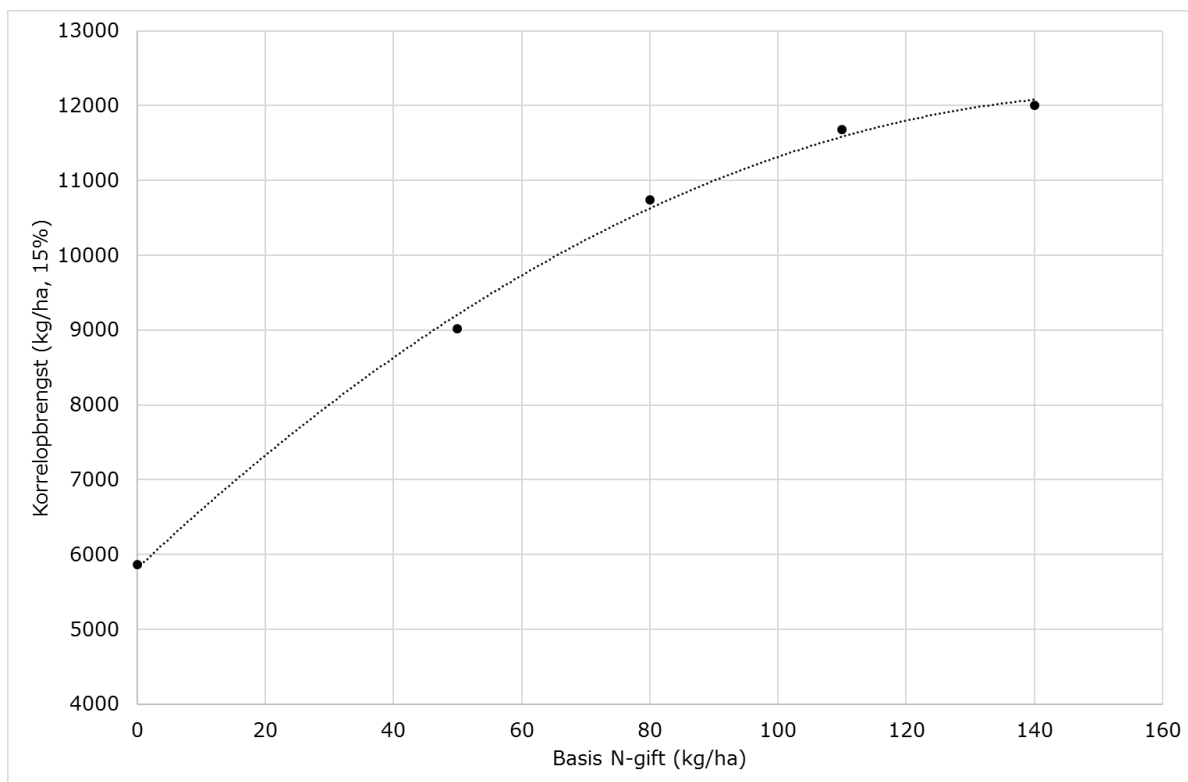
In 2018 werd door Agrifirm een N-bemestingsproef aangelegd op een praktijklocatie in het Noorden van het land (Uithuizermeeden).

Op 12 april werd de proef ingezaaid en de basisgiften werden op 18 april gegeven. De sensormetingen met de Drone werden 2^e helft juni uitgevoerd (tabel 5.5). De eerste meting kon helaas niet gebruikt worden door teveel beweging van de drone door wind.

Tabel 5.5 Overzicht teeltmaatregelen N-bemestingsproef; Uithuizermeeden 2018.

Ras	KWS Irina
Zaaidatum	12 april
Grondsoort	zavel
Voorvrucht	aardappelen
N-mineraal (0-60cm)	n.b.
N-bemesting T1	18 april (basisgift)
N-bemesting T2	5 juni (bijbemesting)
Drone-opname	(20 juni en) 27 juni
Oogstdatum	6 augustus

Het groeiseizoen van 2018 was bijzonder warm en ook zeer droog. Na de N-bijbemesting op 5 juni viel er pas op 9 augustus (na de oogst) weer regen van betekenis. Dit heeft de opname van de extra stikstofgift sterk beïnvloed. Maar ook daarvoor, in april en mei, was het erg droog. Het gewas bleef hierdoor relatief kort (30-70cm) en er trad geen legering op.



Figuur 5.3 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelopbrengst van zomergerst; Uithuizermeeden 2018

Het opbrengstniveau was met een maximum van 12 t/ha zeer hoog (tabel 5.6). Niet eerder werden er in proeven zulke hoge opbrengsten bij zomergerst behaald. Er bleek een sterk effect te zijn van de hoogte van de basis N-bemesting op de korrelopbrengst. De opbrengst nam toe van 5.8 t/ha bij het nul-object tot 12.0 t/ha bij een gift van 140 kg N/ha (Figuur 5.3). De bijbemesting had bij alle niveaus een positief effect op de opbrengst (vergelijk objecten B en G, C en H, D en K). Dit geeft aan dat ondanks het zeer droge weer de bijbemesting door het gewas kon worden opgenomen en heeft geleid tot een hogere productie. De hoeveelheid opgenomen stikstof in het zaad was sowieso erg hoog. Bij het object zonder stikstof was dit al 74 kg N per ha, en bij een basisgift van 140 kg N per ha was dit 155 kg N per ha. De stikstofopname vanuit de bodem en de N-bemesting, is dus zeer hoog geweest. Daar heeft de vochtopleverende zavelgrond vermoedelijk een belangrijke (positieve) rol in gespeeld.

Tabel 5.6 Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-bemestingsproef; Uithuizermeeden 2018.

Object	N-bemesting	Opbrengst		Eiwit-%	N in zaad
		15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	5871	55	9.2	74
B	50 kg N/ha	9016	84	8.4	103
C	80 kg N/ha	10741	100	8.1	118
D	110 kg N per ha	11681	109	9.0	143
E	140 kg N per ha	12008	112	9.5	155
G	50 + 30 kg N per ha	10959	102	9.2	138
H	80 + 30 kg N per ha	11490	107	9.3	145
K	110 + 30 kg N per ha	11841	110	9.9	160
	Lsd	432		0.9	14
	F pr.	<0.001		0.01	<0.001

De eiwitgehalten in de proef waren erg laag en wisselend, tot maximaal 9.5% bij de hoogste N-gift van 140 kg N/ha. Een gedeelde N-bemesting gaf in alle gevallen een hoger eiwitgehalte dan bij de eenmalige gift (vergelijk objecten C en G, D en H, E en K).

De N-gebruiksnorm voor zomergerst op klei is 80 kg N/ha. (Bij aantoonbare gemiddelde opbrengsten van boven de 7 t/ha is er een verruiming mogelijk van 30 kg N/ha) Bij deze gift werd lang niet de hoogste opbrengst gehaald en ook het eiwitgehalte voldeed bij lange na niet aan de norm voor brouwergerst (tussen 9.5% en 11.5%). Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 30 kg N per ha werd de opbrengst verhoogd met 750 kg/ha en nam het eiwit toe van 8.1% naar 9.3% (vergelijk objecten C en H). Het beste resultaat in de proef werd echter verkregen bij een basisgift van 110 kg N per ha gevolgd door een bijbemesting van 30 kg per ha bij het in aar komen.

Was nu op basis van de N-tester en/of de drone sensorwaarden te voorspellen geweest dat het gewas zulke lage eiwitgehalten zou opleveren? Op basis van de N-tester lijkt er in deze proef een waarde nodig te zijn van 42-43 waarboven acceptabele eiwitgehalten te verwachten waren geweest.

Hieronder zou een bijbemesting zinvol zijn. Echter door de slechte N-opname door de droogte kwam het effect van de bijbemesting niet tot uiting.

De verschillende gewas-sensorwaarden die met de drone zijn gemeten, zijn vergeleken met het uiteindelijke eiwitgehalte. De belangrijkste conclusies hiervan staan in hoofdstuk 7.

5.4 Wijnandsrade 2018

In 2018 werd op de WUR-proeflocatie in Wijnandsrade een N-bemestingsproef uitgevoerd in opdracht van telersvereniging Triligran en Gulpener bier. Deze proef maakte officieel geen onderdeel uit van het onderzoek voor BO-Akkerbouw maar had wel een vergelijkbare opzet. Omdat de proef interessante resultaten heeft opgeleverd zijn deze, met toestemming van de opdrachtgevers, in dit rapport meegenomen.

Op 8 april werd de proef ingezaaid en de basisgiften werden op 19 april gegeven. Met de Trimble GreenSeeker handsensor werd de waarde van het gewas (NDVI) gemeten op 24 mei, kort voor het moment waarop het gewas in de aar begon te komen en de bijbemesting werd uitgevoerd (tabel 5.7).

Tabel 5.7 Overzicht teeltmaatregelen N-bemestingsproef; Wijnandsrade 2018.

Ras	KWS Irina
Zaaidatum	8 april
Grondsoort	löss
Voorvrucht	suikerbieten
N-mineraal (0-60cm)	29 kg N/ha
N-bemesting T1	19 april (basisgift)
N-bemesting T2	30 mei (bijbemesting)
Sensormeting	24 mei
Oogstdatum	18 juli

Het groeiseizoen van 2018 was in het algemeen bijzonder warm en ook zeer droog. Na het zaaien en de basisbemesting viel er echter zowel eind april als in de tweede helft van mei regen van betekenis (25-30mm). In de dagen na de N-bijbemesting viel er ook 10 mm regen. Dit heeft de opname van de extra stikstof bevorderd. Daarna is er tot na de oogst geen regen meer gevallen.

Het gewas had een gemiddelde lengte en er trad geen legering op.

Het opbrengstniveau was met een maximum van 10 t/ha heel hoog (tabel 5.8). De opbrengst reageerde sterk op de hoogte van de N-gift en nam van 5.0 t/ha bij het nul-object tot 10.0 t/ha bij een gift van 120 kg N/ha (Figuur 5.4). De N-bijbemesting had een (niet significante) meeropbrengst van ruim 400 kg/ha tot gevolg (vergelijk objecten C en E) en de hoeveelheid opgenomen stikstof in het zaad nam door de bijbemesting toe van 112 tot 131 kg N/ha. Dit geeft aan dat ondanks de zeer beperkte hoeveelheid neerslag de bijbemesting (in ieder geval deels) ter beschikking is gekomen van het gewas. De stikstofopname vanuit de bodemvoorraad en de N-bemesting is ook goed geweest. Bij het nul-object werd al 56 kg N/ha opgenomen in het zaad en deze nam toe tot ruim 130 kg N/ha bij het hoogste N-object.

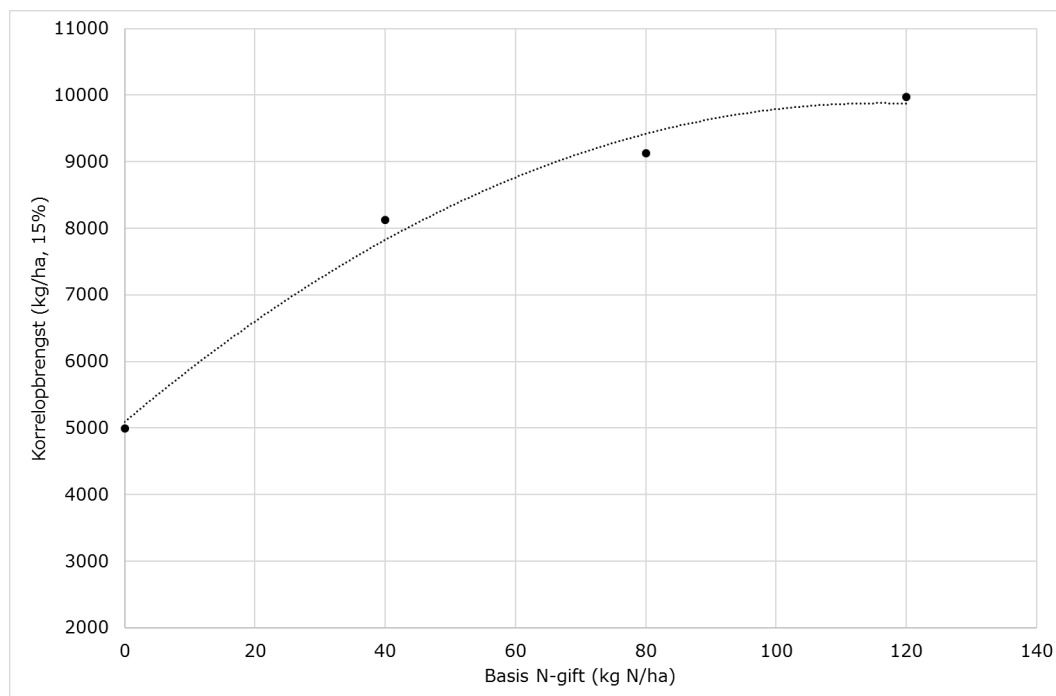
Tabel 5.8 Opbrengst, eiwitgehalte en sensorwaarden N-bemestingsproef; Wijnandsrade 2018.

Object	N-bemesting	NDVI 24 mei	Opbrengst		Eiwit-%	N in zaad
			15% vocht	Rel.		
A	0 kg N/ha	0.63	4996	55	8.3	56
B	40 kg N/ha	0.79	8121	89	8.4	93
C	80 kg N/ha	0.85	9124	100	9.1	112
D	120 kg N per ha	0.86	9972	109	9.8	133
E	80 + 40 kg N per ha		9541	105	10.1	131
	Lsd	0.02	747		0.4	10
	F pr.	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001

De eiwitgehaltenes in de proef waren laag, toenemend van 8.3% bij het nul-object tot 9.8% bij de hoogste basis N-gift van 120 kg N/ha. De N-gebruiksnorm voor zomergerst op löss is 80 kg N/ha. (Bij aantoonbare gemiddelde opbrengsten van boven de 7 t/ha is er een verruiming mogelijk van 30 kg N/ha). Bij deze gift werd niet de hoogste opbrengst gehaald en ook het eiwitgehalte niet aan de norm voor brouwergerst (tussen 9.5% en 11.5%). Door een bijbemesting uit te voeren bij het in aar komen van 40 kg N per ha werd de opbrengst met ruim 400 kg/ha verhoogd en nam het eiwitgehalte toe van 9.1% naar 10.1% (vergelijk objecten C en E).

Achteraf gezien werd het beste resultaat bereikt met een basisgift van 120 kg N per ha; dit gaf de hoogste opbrengst en een acceptabel eiwitgehalte. Maar een strategie waarbij de gebruiksnorm wordt gevolgd en het gewas een bijbemesting kreeg gaf ook een hoge opbrengst en een goed eiwitgehalte.

Was nu op basis van de sensormeting te voorspellen geweest dat het gewas een te laag eiwitgehalte zou opleveren en een bijbemesting zinvol was? Op basis van de handsensor was er in deze proef een NDVI-waarde nodig van meer dan 0.85 om een acceptabel eiwitgehalte te verwachten. Hieronder zou een bijbemesting zinvol zijn geweest. Omdat de NDVI in deze proef met een andere sensor is gemeten dan in de overige proeven, zijn deze niet 1 op 1 met elkaar te vergelijken, en komen de resultaten niet terug in hoofdstuk 7.



Figuur 5.4 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelopbrengst van zomergerst; Wijnandsrade 2018

6 Algemeen beeld N-proeven 2017-2018

6.1 Weer gedurende het groeiseizoen

Uiteraard verschilden de weersomstandigheden regionaal en plaatselijk sterk maar in het algemeen kan gesteld worden dat het groeiseizoen van 2017 zich kenmerkte zich door een zeer droog (april-mei) en warm (mei) voorjaar en een zeer warme junimaand (tabel 6.1). Dit zeer warme en droge weer heeft invloed gehad op de N-opname en daarmee op de reactie van het gewas op de N-giften.

Tabel 6.1 Globale weerskenmerken groeiseizoen 2017 (bron: KNMI).

Maand	Temperatuur	Zon	Neerslag
April	vrij koud	vrij zonnig	droog
Mei	extreem warm	zonnig	zeer droog
Juni	zeer warm	zonnig	gemiddeld
Juli	normaal	normaal	zeer nat

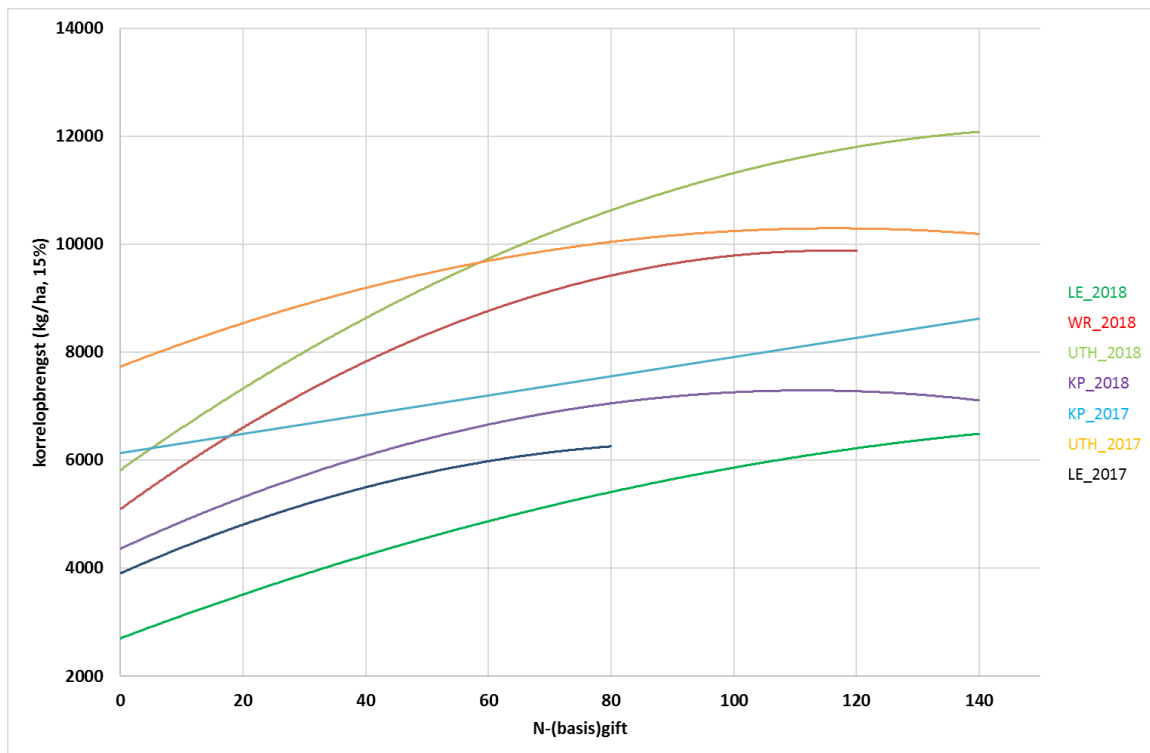
Hetzelfde kan gesteld worden van 2018. Uiteraard verschilden de weersomstandigheden regionaal en plaatselijk weer sterk maar ook 2018 kenmerkte zich door een zeer droog (mei-juli) en zeer warm (mei-juli) groeiseizoen (tabel 6.2). Dit heeft een sterke invloed gehad op de N-opname en de reactie van het gewas op de N-giften.

Tabel 6.2 Globale weerskenmerken groeiseizoen 2018 (bron: KNMI).

Maand	Temperatuur	Zon	Neerslag
April	zeer zacht	normaal	zeer nat
Mei	record warm	zeer zonnig	aan de droge kant
Juni	zeer warm	normaal	zeer droog
Juli	zeer warm	record zonnig	record droog

6.2 Effect N-gift op korrelopbrengst

In figuur 6.1 zijn alle grafieken van de uitgevoerde 7 proeven in 2017 en 2018 samengevat. Hieruit is op te maken dat in alle gevallen de opbrengst toe nam met de hoogte van de N-gift of een plafond bereikte bij een bepaalde N-gift. In geen van de gevallen nam de opbrengst af bij hogere N-giften. Dit heeft te maken met de relatief korte en stevige gewassen die zich in beide jaren hebben ontwikkeld. Legering van enige betekenis trad niet op, ook niet bij de hoogste basisgiften van 140 kg N/ha. De zeer droge perioden in het voorjaar en in juni hebben effect gehad op de opneembaarheid van de gegeven basisgiften en bijbemestingen. Soms bleef het effect van een bijbemesting op de opbrengst en/of het eiwitgehalte geheel uit omdat door de droogte de stikstof niet kon worden opgenomen. Deze toch wel bijzondere weersomstandigheden moeten in acht worden genomen bij het interpreteren van de resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek.



Figuur 6.1 Effect van de hoogte van de N-(basis)bemesting op de korrelobbrengst van zomergerst; 7 proeven 2017-2018

7 Resultaten reflectiemetingen

7.1 Correlaties reflectiemetingen met eiwitgehalte

In Lelystad en Valthermond zijn er behalve metingen met de drone ook metingen met de N-tester uitgevoerd. Net als in de periode 1995-2000 is er in de proeven van 2017 en 2018 een goede correlatie gevonden tussen de waarde van de N-tester en het eiwitgehalte van de korrel bij de oogst (tabel 7.1).

Tabel 7.1 Correlaties (R^2) tussen N-tester, opbrengst, eiwitgehalte, N_korrel, WDVI en NDVI.

	LE_2017	LE_2018	KP_2017	KP_2018
N-tester-1 en opbrengst	0.97			
N-tester-2 en opbrengst	0.94	0.90	0.50	0.76
N-tester-3 en opbrengst		0.96		0.84
N-tester-1 en eiwit%	0.61			
N-tester-2 en eiwit%	0.58	0.71	0.67	0.78
N-tester-3 en eiwit%		0.62		0.80
N-tester-1 en WDVI-2	0.42			
N-tester-2 en WDVI-2	0.32	0.78	0.58	0.93
N-tester-3 en WDVI-2		0.86		0.96
N-tester-1 en NDVI-2	0.34			
N-tester-2 en NDVI-2	0.25	0.91	0.57	0.90
N-tester-3 en NDVI-2		0.97		0.92
N-tester-1 en N_korrel	0.98			
N-tester-2 en N_korrel	0.95	0.90	0.67	0.82
N-tester-3 en N_korrel		0.92		0.87
WDVI-2 en eiwit%	0.27	0.65	0.65	0.77
NDVI-2 en eiwit%	0.29	0.60	0.48	0.68

Daarnaast waren er ook hoge correlaties tussen de N-tester-waarden en de WDVI en de NDVI. En ook tussen WDVI en eiwit%, en NDVI en eiwit% werden in de individuele proeven goede correlaties gevonden. Dit wijst erop dat een N-tester meting aan het gewas in veel gevallen vergelijkbaar is met een NDVI of WDVI meting met een drone.

7.2 Relaties vegetatie-indexen en eiwitgehalte

Voor het opstellen van een ijklijn tussen eiwitgehalten en reflectiemetingen met een N-tester en/of een drone is een brede range aan eiwitgehalten van belang. Dit blijkt voornamelijk het geval te zijn voor de proeven in Valthermond 2017 en 2018, met een verschil tussen de hoogste en het laagste eiwitgehalte (range) van resp. 2.5% en 3.1% (tabel 7.2). De range in eiwitgehalten in de proeven op de locaties Lelystad en Uithuizermeeden blijken te klein voor het opstellen van een goede ijklijn. Daarom gaat dit hoofdstuk alleen in op de resultaten uit Valthermond.

Tabel 7.2 Overzicht eiwitgehalte N-Bemestingsproeven 2017 en 2018.

N-gift	LE_2018	KP_2018	UTH_2018	WR_2018	LE_2017	KP_2017	UTH_2017	GEM
0	8.1	8.7	9.2	8.3	9.8	11.2	10.2	9.4
50	8.0	9.3	8.4	8.4	10.0	12.1	10.0	9.5
80	8.6	9.8	8.1	9.1	10.4	12.8	10.2	9.9
110	8.5	11.2	9.0	9.8		13.7	10.2	10.4
140	9.3	11.8	9.5			12.8	10.6	10.8
50+30	8.4	10.3	9.2			13.6	10.2	10.3
80+30	8.7	11.5	9.3	10.1	11.3	13.5	10.3	10.7
110+30	9.2	11.8	9.9			13.2	10.5	10.9
Range	1.3	3.1	1.4	1.5	0.6	2.5	0.6	1.4

*Lelystad (LE), Valthermond (KP), Wijnandsrade (WR) en Uithuizermeeden (UTH).

*Rode cijfers: eiwitgehalte valt niet binnen de gewenste range van 9.5%-11.5%.

De figuren 7.1 t/m 7.6 geven de relatie weer tussen het eiwitgehalte en enkele gewasindexen voor Valthermond op het moment van in aar komen van de gerst (T2). Het meest betrouwbaar en bruikbaar lijken de NDVI, WDVI en CIred. De CIred is echter alleen van 2018 bekend. Bij deze vegetatie-indexen zijn verschillen in te hoog eiwitgehalte (die dus geen bijbemesting behoeven) en laag eiwitgehalte (waar bijbemesting nuttig is) goed te onderscheiden van elkaar.

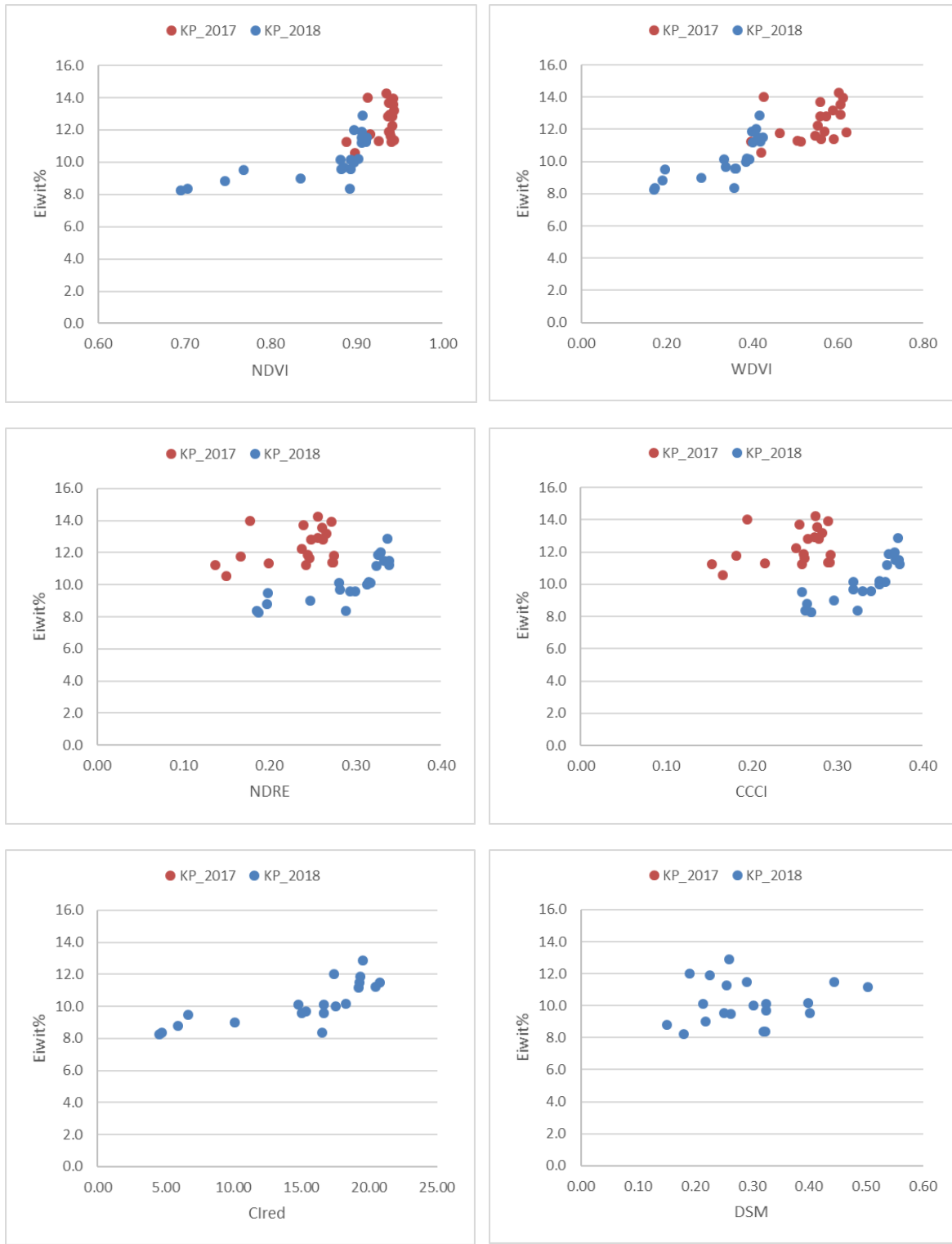
De NDVI en CIred lijken met een broken-stick model goed benaderd te kunnen worden. De WDVI met een lineair model (figuren 7.7 t/m 7.9).

De determinatie coëfficiënten hierbij zijn $R^2_{adj}=0.65$ voor NDVI met een RSME van 0.97 eiwit%, $R^2_{adj}= 0.64$ voor CIred met een RMSE van 0.65 eiwit% en een $R^2_{adj}= 0.67$ voor WDVI met een RMSE van 0.91 eiwit%. In dit rapport wordt verder ingegaan op de resultaten bij de WDVI, aangezien bij de CIred er maar één jaar aan data onder ligt en er bij de NDVI het onderscheidend vermogen bij hogere eiwitgehalten maar gering is (het merendeel van de metingen zit tussen een NDVI van 0.88 en 0.94).

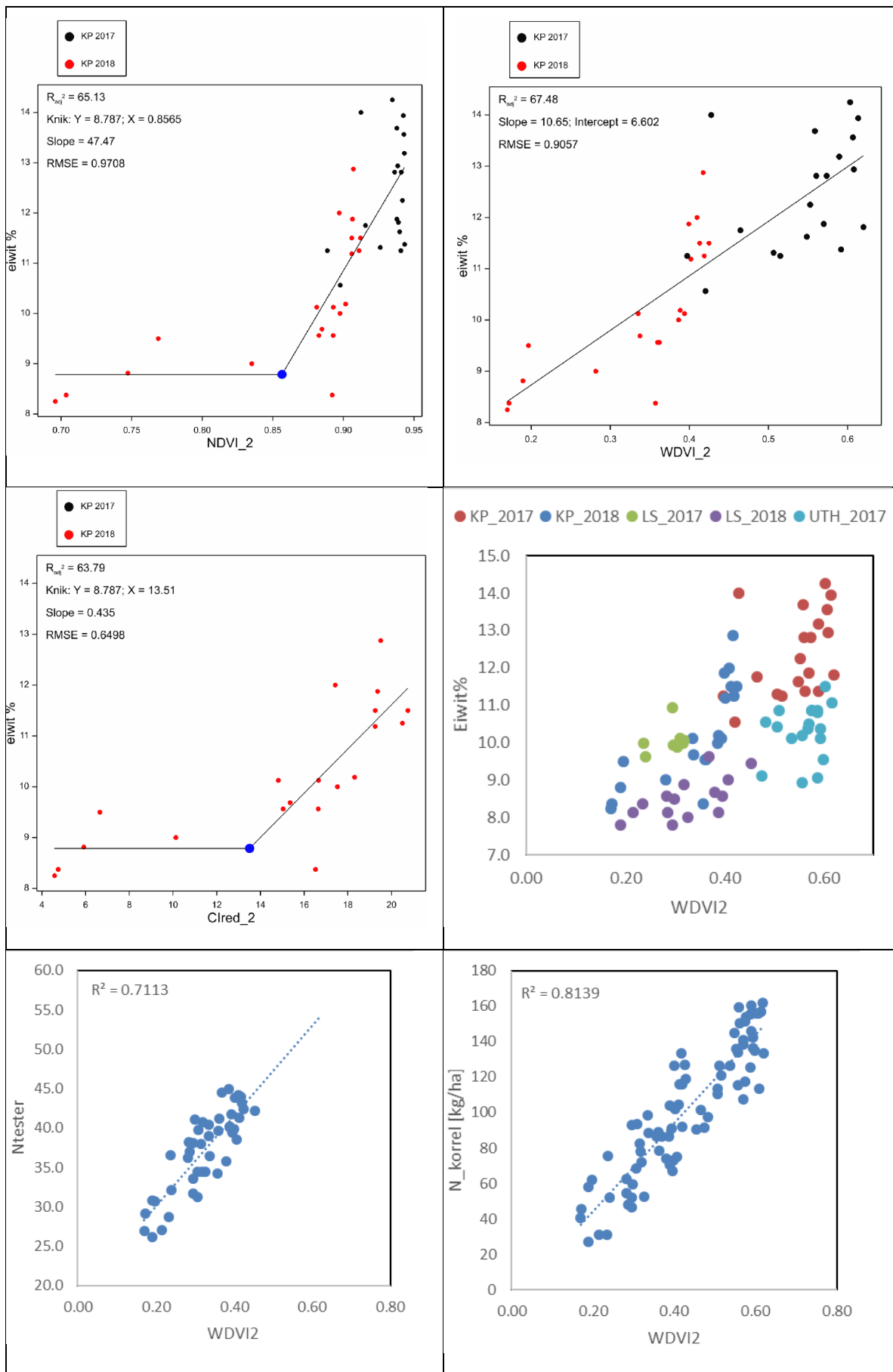
In figuur 7.10 zijn de data van Lelystad 2017 en 2018 en Uithuizermeeden 2017 toegevoegd. De determinatie coëfficiënt gaat dan van $R^2 = 0.65$ naar $R^2=0.40$. Uit deze figuur is tevens te zien dat de WDVI-waarden voor Lelystad 2017 en 2018 vergelijkbaar zijn, terwijl de gemiddelde hoogte van het eiwitgehalte voor 2018 beduidend lager lag dan in 2017. Het lijkt er dus op dat met de dronemeting dit verschil niet te onderscheiden was. Helaas ontbreekt het in Lelystad aan hoge eiwitgehalten in beide jaren. Hierdoor is het moeilijk om te bepalen of er een goede relatie is tussen WDVI en eiwitgehalte, en om een betrouwbare voorspelling te doen over de hoogte van het eiwit.

Daarnaast is te zien dat de WDVI-waarden van Uithuizermeeden 2017 vrij hoog zijn en vergelijkbaar zijn met Valthermond 2017, terwijl de eiwitgehalten beduidend lager waren dan in Valthermond 2017. Het ontbreekt helaas aan data op T2 in Uithuizermeeden 2018, waardoor er niet aangegeven kan worden of er met de drone ingeschat kan worden of het eiwitgehalte te hoog of te laag is. De metingen voor Lelystad en Uithuizermeeden (klei) komen in ieder geval niet overeen met de ijklijn voor Valthermond (zand/dalgrond).

Tussen de WDVI en de N-tester waarden, respectievelijk WDVI en de "N-korrel" bestaat een hoge correlatie (figuren 7.11 en 7.12). De N-korrel is de hoeveelheid stikstof die opgenomen is door het gewas in de korrel; deze wordt berekend door de drogestofopbrengst te vermenigvuldigen met het N-gehalte van de korrel. Zowel tussen de N-tester en WDVI ($R^2=0.71$) als N-korrel en WDVI ($R^2=0.81$) is een sterk tot zeer sterk verband.



Figuur 7.1 t/m 7.6 Relatie gewasindexen en eiwitgehalten op moment van in aar komen.

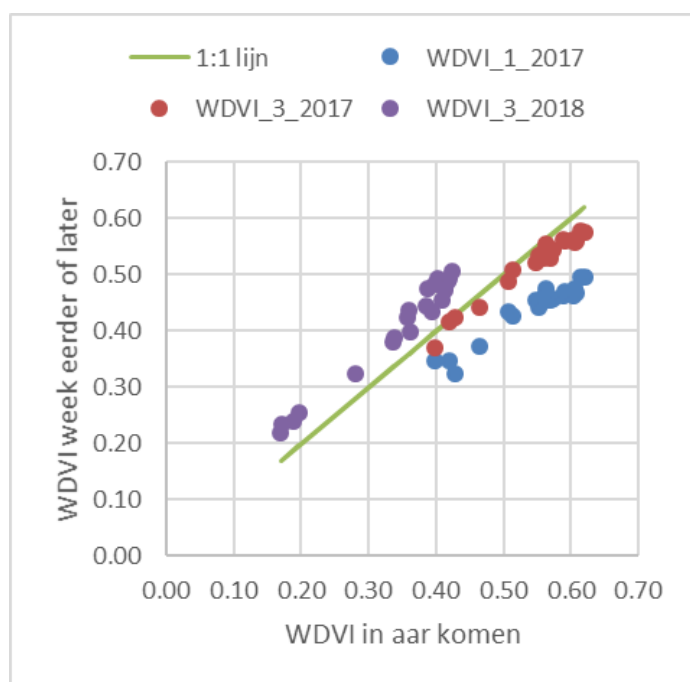


Figuur 7.7 t/m 7.12 Relatie gewasindexen en eiwitgehalten op moment van in aar komen.

Op het tijdstip T2 zijn er dus bruikbare correlaties gevonden tussen N-tester, reflectiemetingen en het eiwitgehalte van de korrel. Vraag is nu in hoeverre het tijdstip van meten met de drone van invloed is op het voorspellen van de eiwitgehalte. Met andere woorden, moet er dichtbij het moment van in aar komen worden gemeten of kan dit ook een week daarvoor of daarna worden gedaan?

Figuur 7.13 toont de relatie voor Valthermond tussen de WdVI een week voor het in aar komen (WdVI-1) en de WdVI een week na het in aar komen (WdVI-3) tov de WdVI op het moment van in aar komen (WdVI-2 = groene lijn). Van 2018 is er geen scan beschikbaar voor T1.

De determinatie coëfficiënten tussen de momenten zijn hoog ($R^2 > 0.92$), voor zowel de WdVI als de NDVI. De grafiek voor NDVI is vergelijkbaar met figuur 7.13. Wat opvalt is dat scannen op T3 (WdVI_3) in 2017 een iets lagere waarde had dan op T2 en in 2018 juist een iets hogere waarde. De afwijking in WdVI lijkt groter op T1 dan op T3. Het eventueel naar beneden of naar boven bijstellen van de gewasindex om te corrigeren voor het moment van meten lijkt daarmee niet consequent te zijn. Als er vroeger of later gemeten wordt, dan kan de extra afwijking tot wel 1% eiwit bedragen. Corrigeren voor het moment van opnemen is dus noodzakelijk, echter in dit onderzoek zijn er onvoldoende gegevens om een dergelijke correctiefactor te berekenen. Hiervoor dient nader onderzoek uitgevoerd te worden. Tot die tijd blijft het noodzaak om zo dicht mogelijk bij T2 een meting uit te voeren voor een zo betrouwbaar mogelijk resultaat.

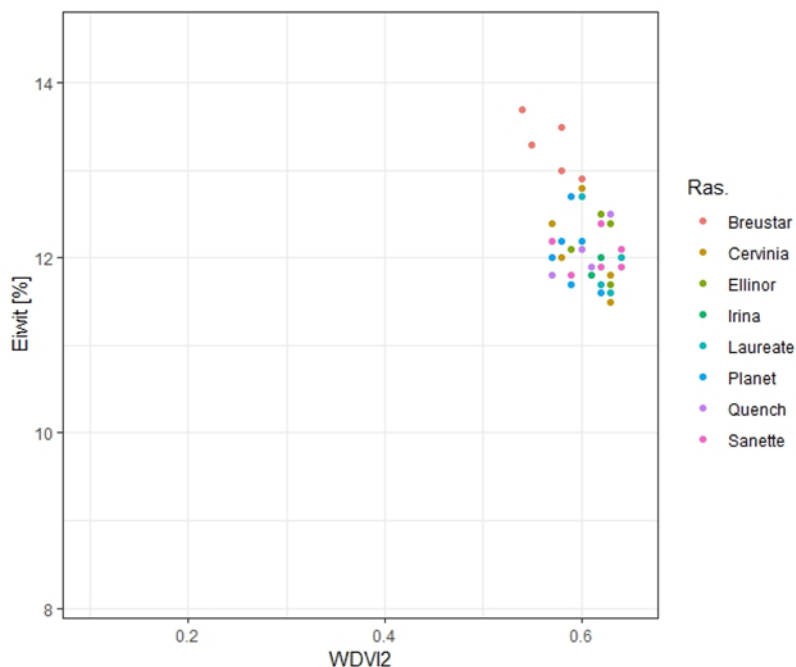


Figuur 7.13 Verschil in indexwaarde tussen tijdstippen van scannen; Valthermond.

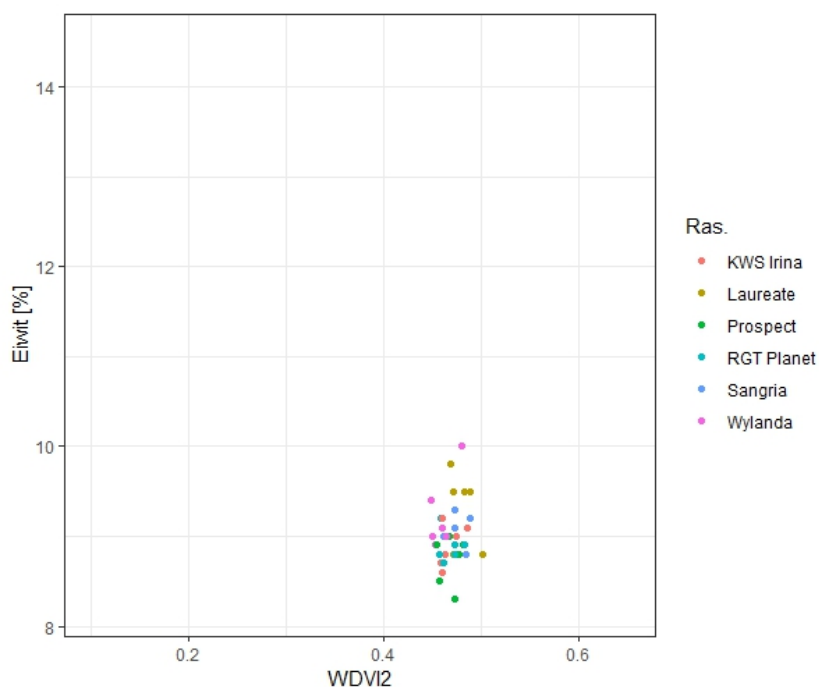
7.3 Rassenproeven 2017-2018

Naast de stikstofproeven zijn in Lelystad en Valthermond ook metingen verricht in verschillende rassenproeven. In deze paragraaf wordt ingegaan op de resultaten van metingen in de Agrifirm rassenproeven in Valthermond. De rassen in deze proeven lagen in 3 herhalingen met en 3 herhalingen zonder ziektebestrijding. Figuren 7.14 en 7.15 tonen het eiwitgehalte en de WdVI op T2, voor 2017 respectievelijk 2018. In de figuren is te zien dat de verschillen in WdVI tussen de rassen heel beperkt is, met voor 2017 een range van 0.54 tot 0.64 en voor 2018 van 0.45 tot 0.50. Dit terwijl het eiwitgehalte per ras wel sterk varieerde van 11.5% tot 13.7% (range van ruim 2% eiwit) voor 2017 en 8.3% tot 10.0% (range van 1.7 eiwit%) voor 2018. Het lijkt er dus op dat rassen wel (sterk) kunnen verschillen in eiwitgehalte maar dat dit niet of nauwelijks tot uiting komt in een drone meting. Dit betekent dat de voorspelling van het eiwitgehalte op basis van een sensormeting gecorrigeerd zal moeten worden per ras t.o.v. KWS Irina, het ras dat is gebruikt in alle stikstoftrappenproeven.

Verder valt met name de rassenproef uit 2018 op. In vergelijking met de stikstoftrappenproef ligt het eiwitgehalte bij deze WDWI-range (0.45-0.50) erg laag. Op basis van de ijklijn zou het eiwitgehalte bij die WDWI-range tussen de 10.5% en 12.5% moeten liggen maar dit is veel lager. Oorzaken hiervoor zouden kunnen zijn dat deze rassenproef op een ander perceel heeft gelegen dan de stikstoftrappenproef en dat het eiwitgehalte op basis van een NIR-bepaling gedaan is. Bij de stikstoftrappenproef is een chemische bepaling uitgevoerd (Eurofins). Dit betekent wel dat er nader onderzoek nodig is naar de rasverschillen bij de relatie eiwitgehalte en WDWI.



Figuur 7.14 Eiwitgehalte en WDWI (opT2) in een rassenproef in Valthermond 2017.



Figuur 7.15 Eiwitgehalte en WDWI (op T2) in een rassenproef in Valthermond 2018.

7.4 Verschillen in eiwit tussen rassen

Op basis van het jarenlange onderzoek dat het Nibem aan brouwerstrassen doet is vast te stellen wat de verschillen in eiwitgehalte zijn tussen rassen. De gemiddelde eiwitgehalten in tabel 7.3 zijn gebaseerd op een dataset van 2002 t/m 2017.

Tabel 7.3 gemiddelde eiwitgehalte van brouwerstrassen, periode 2002-2017.

Ras	Eiwit%
Reggae	10.3
Prestige	10.3
Quench	9.6
Tipple	9.6
Laureate	9.4
RGT Planet	9.3
Sanette	9.3
KWS Irina	9.2

De verschillen tussen de huidige veel geteelde rassen zoals KWS Irina, RGT Planet en Laureate zijn heel klein. Maar op basis van deze verschillen zou de voorspelling van het eiwitgehalte wel kunnen worden gecorrigeerd t.o.v. KWS Irina, het ras dat in de N-proeven van 2017 en 2018 is gebruikt. Verder is er een duidelijke tendens waar te nemen dat het eiwitgehalte van de belangrijkste rassen in de loop van de jaren is afgenomen. Rassen die 20 jaar geleden veel geteeld werden zoals Reggae en Prisma hadden een gemiddeld eiwitgehalte van 10.3% terwijl de huidige rassen rond de 9.3% eiwit hebben. Dit zou er op kunnen duiden dat het probleem met te lage eiwitgehalten verder toeneemt.

7.5 Conclusies 2017-2018

Het schatten van het eiwitgehalte met drones is het meest betrouwbaar gebleken op zand/dalgrond (Valthermond), vanwege een brede range in eiwitgehalten. Op deze grondsoort varieert het eiwitgehalte van jaar tot jaar en van perceel tot perceel ook het meest. Een voorspelling van het eiwitgehalte en een advies om wel/niet een N-bijbemesting uit te voeren is hier dan ook het meest nuttig.

Voor Valthermond zijn er sterke verbanden gevonden tussen het eiwitgehalte en de NDVI, WdVI en CIred. Daarnaast zijn er sterke tot zeer sterke verbanden tussen de WdVI en de N-tester waarden en de N-korrel. De WdVI lijkt op dit moment het meest bruikbaar bij de eiwitvoorspelling van brouwergerst, aangezien het onderscheidend vermogen in de hogere eiwitgehaltenes beter lijken dan de NDVI, en er bij CIred maar één jaar aan data is.

Het moment van meten met de drone (een week eerder of later dan het in aar komen van de gerst) is van invloed op de uitkomst en beïnvloed daarmee de betrouwbaarheid van de voorspelling. Hiervoor zou gecorrigeerd moeten worden, maar de resultaten tussen jaren zijn te inconsistent om een correctiefactor te berekenen.

Ook het ras is van invloed op de relatie tussen dronemeting en eiwitgehalte. Het geschatte eiwitgehalte zou naar boven of beneden bijgesteld kunnen worden op basis van gemiddelde eiwitgehalten bepaald in rassenproeven, ten opzichte van het ras Irina.

7.6 Praktijkpercelen 2019

In 2019 is een verificatie uitgevoerd van de WdVI-eiwit ijklijn, opgesteld op basis van drone metingen in 2017 en 2018, op 15 praktijkpercelen. Deze praktijkpercelen zijn geselecteerd door Agrifirm in het Veenkoloniaal gebied en waren deels op dalgrond en deels op zandgrond gelegen.

Naast een verificatie van de ijklijn is ook nagegaan of een meting van de WdVI met een drone vervangen kan worden door een WdVI-meting via satellietbeelden (kostenbesparing).

Tabel 7.4 Gemiddelde eiwitgehalte en drone WdVI-waarden van 15 praktijkpercelen zomergerst; Veenkoloniën 2019.

Perceel	Eiwit%	WdVI_ drone	Advies op basis drone meting	Beoordeling advies
1	11.6	0.67	niet bijbemesten	goed
2	10.9	0.54	niet bijbemesten	goed
3	10.9	0.67	niet bijbemesten	goed
4	11.1	0.45	niet bijbemesten	goed
5	8.9	0.64	niet bijbemesten	fout
6	12.2	0.50	niet bijbemesten	goed
7	12.2	0.72	niet bijbemesten	goed
8	12.3	0.58	niet bijbemesten	goed
9	11.3	0.49	niet bijbemesten	goed
10	?	0.45	niet bijbemesten	onbekend
11	13.1	0.49	niet bijbemesten	goed
12	13.2	0.54	niet bijbemesten	goed
13	11.1	0.54	niet bijbemesten	goed
14	13.0	0.57	niet bijbemesten	goed
15	12.4	0.43	niet bijbemesten	goed

Advisering op basis ijklijn

De ijklijn (figuur 7.8) geeft aan dat percelen met een WdVI-waarde (drone) van 0.35 of lager vermoedelijk te laag in eiwit zullen uitvallen en daarom moeten worden bijbemest. De WdVI-waarden met de drone op de 15 praktijkpercelen in 2019 lagen tussen de 0.43 en 0.72 (tabel 7.4). Geen van de telers zou dus het advies hebben gekregen om bij te bemesten. Maar was dit advies nu juist? De gemeten eiwitgehalten op de 15 praktijkpercelen na de oogst bleken relatief hoog te zijn: de meeste waarden lagen tussen de 11% en 13%. Dit betekent dat op deze percelen inderdaad geen bijbemesting nodig was geweest en dat het advies in vrijwel alle gevallen juist was. Alleen perceel 5 bleek een te laag eiwitgehalte te hebben van 9% en had moeten worden bijbemest. Het is onduidelijk waarom de drone een vrij hoge WdVI op dit perceel heeft gemeten of waarom alleen dit perceel een laag eiwitgehalte heeft.

Verder kon perceel 10 niet worden gecontroleerd omdat de gerst van dit perceel nog niet geleverd is (eigen opslag).

De drone WdVI heeft dus in 13 van de 14 gevallen een juist advies heeft gegeven om niet bij te bemesten.

Satelliet versus drone.

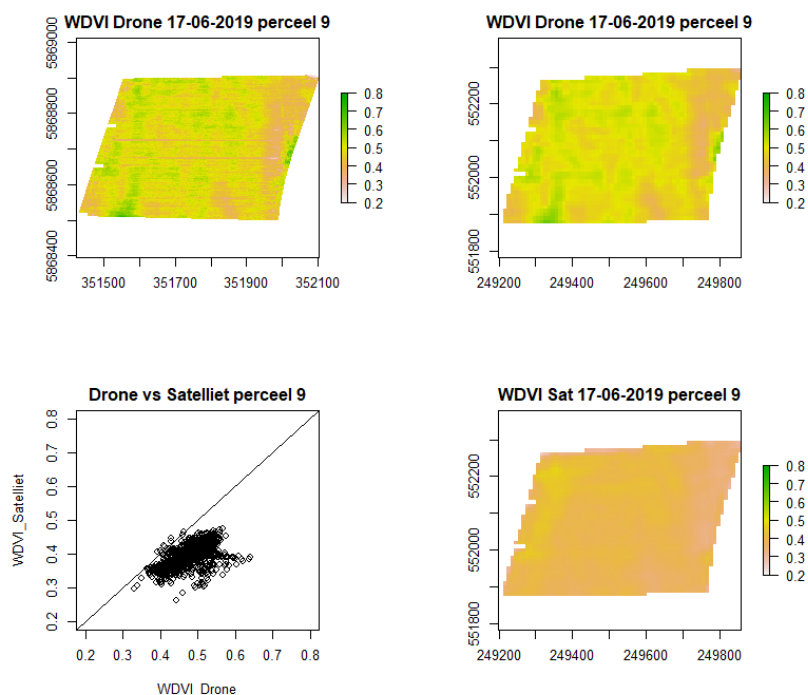
De percelen vertoonden variatie in de gewasontwikkeling en daarmee variatie in de reflectiewaarden over het veld. In tabel 7.5 is de gemiddelde drone en satelliet WdVI weergegeven en de variatie hierin op het veld. De waarden van de drone bleken stelselmatig hoger liggen dan de waarden van de satelliet. Ook nemen de waarden van de satelliet af in de tijd (17 juni vs 22 juni vs 25 juni). Dit kan verband houden met het in aar komen van het gewas (aren geven andere reflectiewaarde dan blad).

Tabel 7.5 Gemiddelde WdVI-waarden van drone en satelliet* van 15 praktijkpercelen zomergerst; Veenkoloniën 2019.

Perceel	WDVI_drone	WDVI_sat_T1	WDVI_sat_T2	WDVI_sat_T3
1	0.67 (0.55-0.77)	0.48 (0.41-0.52)	0.45 (0.40-0.49)	
2	0.54 (0.49-0.59)	0.46 (0.42-0.49)		0.41 (0.38-0.43)
3	0.67 (0.54-0.79)	0.43 (0.35-0.47)	0.42 (0.35-0.49)	0.39 (0.34-0.43)
4	0.45 (0.40-0.50)	0.41 (0.41-0.41)	0.49 (0.48-0.49)	0.41 (0.41-0.42)
5	0.64 (0.50-0.79)	0.39 (0.34-0.44)	0.38 (0.32-0.43)	0.34 (0.29-0.38)
6	0.50 (0.40-0.61)		0.47 (0.41-0.52)	0.42 (0.37-0.46)
7	0.72 (0.62-0.81)	0.49 (0.41-0.52)	0.47 (0.42-0.50)	0.40 (0.37-0.43)
8	0.58 (0.52-0.65)	0.46 (0.43-0.49)	0.46 (0.44-0.48)	0.39 (0.37-0.41)
9	0.49 (0.40-0.58)	0.40 (0.34-0.46)	0.37 (0.31-0.43)	0.34 (0.28-0.37)
10	0.45 (0.34-0.54)			0.33 (0.26-0.39)
11	0.49 (0.33-0.64)	0.33 (0.24-0.44)	0.33 (0.25-0.43)	0.30 (0.23-0.39)
12	0.54 (0.49-0.60)	0.42 (0.37-0.47)	0.43 (0.40-0.46)	0.36 (0.32-0.39)
13	0.54 (0.44-0.66)			0.32 (0.28-0.35)
14	0.57 (0.43-0.72)	0.49 (0.45-0.53)	0.47 (0.42-0.52)	0.41 (0.37-0.45)
15	0.43 (0.41-0.46)			0.42 (0.38-0.45)

*Satellietwaarden op 3 tijdstippen T1-T3 en tussen haakjes de variatie over het perceel.

De WdVI-waarde van een perceel is een gemiddelde van elke waarde per 0.125mx0.125m (Drone) of 10mx10m (satelliet). De percelen 9 en met name 11 vertonen een vrij grote spreiding over het veld in de WdVI-waarden, zowel bij de dronebeelden als bij de satellietbeelden. Hoe groot is nu de overeenkomst tussen beide op deze percelen? Hiervoor zijn een aantal stappen gezet om beide opnamen vergelijkbaar te maken. Deze stappen voor perceel 9 zijn weergegeven in de onderstaande figuren 7.16 t/m 7.19. Uiteindelijk gaat het om de relatie tussen de WdVI van de drone en de satelliet (figuur 7.18). Deze lijkt niet heel sterk.



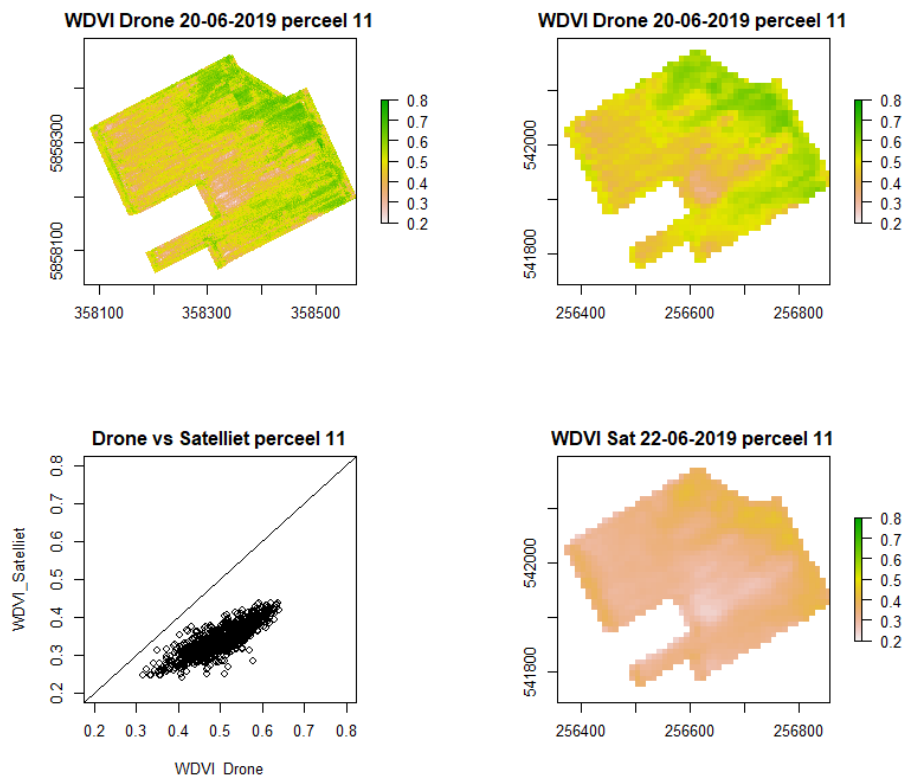
Figuur 7.16 WdVI-kaart van drone perceel 9, resolutie 0.125x0.125m.

Figuur 7.17 WdVI-kaart van drone perceel 9, resolutie 10x10m.

Figuur 7.18 WdVI-drone vs WdVI-satelliet van perceel 9.

Figuur 7.19 WdVI-kaart van satelliet van perceel 9, resolutie 10x10m

Figuren 7.20 t/m 7.23 tonen de WdVI-kaarten van perceel 11. De patronen in het veld zijn zowel op het satellietbeeld als op het dronebeeld te zien. Ook hier liggen de dronewaarden hoger dan de satellietwaarden maar lijkt de relatie tussen satelliet en dronebeeld voor dit perceel een stuk beter.



Figuur 7.20 WdVI-kaart van drone van perceel 11, resolutie 0.125x0.125m

Figuur 7.21 WdVI-kaart van drone van perceel 11, resolutie 10x10m

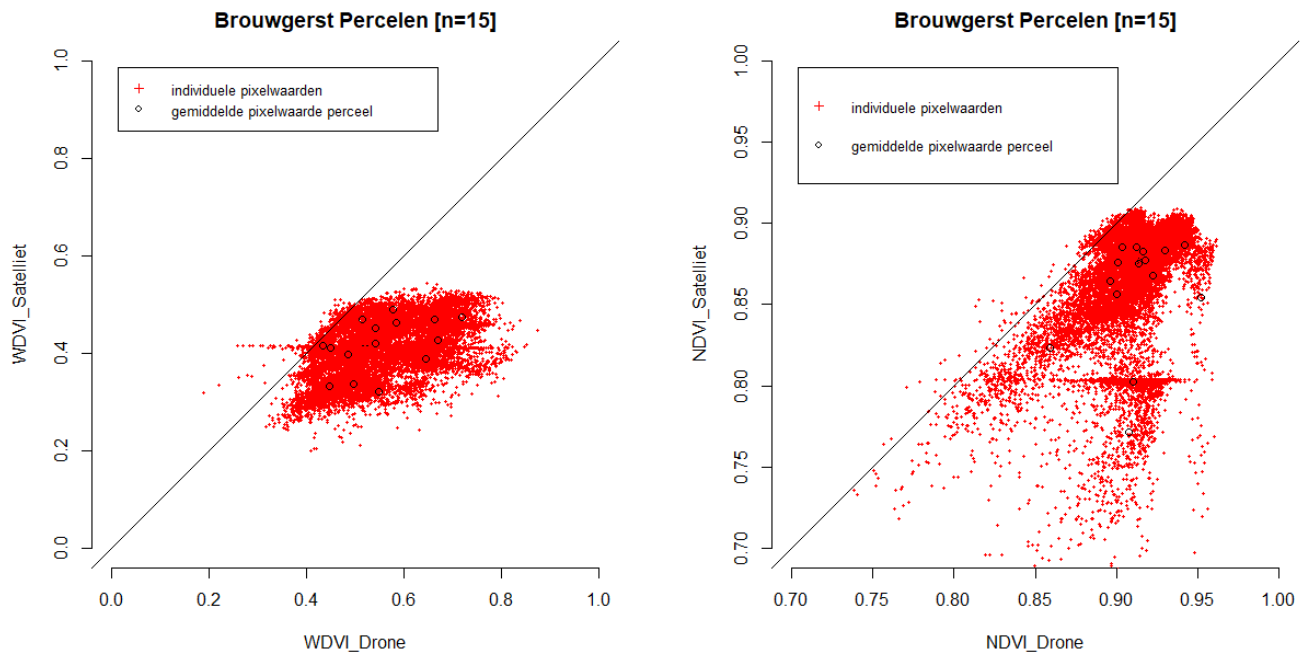
Figuur 7.22 WdVI-drone vs WdVI-satelliet van perceel 11.

Figuur 7.23 WdVI-kaart van satelliet van perceel 11, resolutie 10x10m

Figuren 7.24 en 7.25 tonen de relaties voor de WdVI-, respectievelijk NDVI waarden tussen de drone en satellietbeelden voor alle 15 percelen. Ook de gemiddelde waarde per perceel is te zien. Hieruit blijkt geen verband tussen de satelliet- en dronebeelden zowel voor de WdVI als de NDVI.

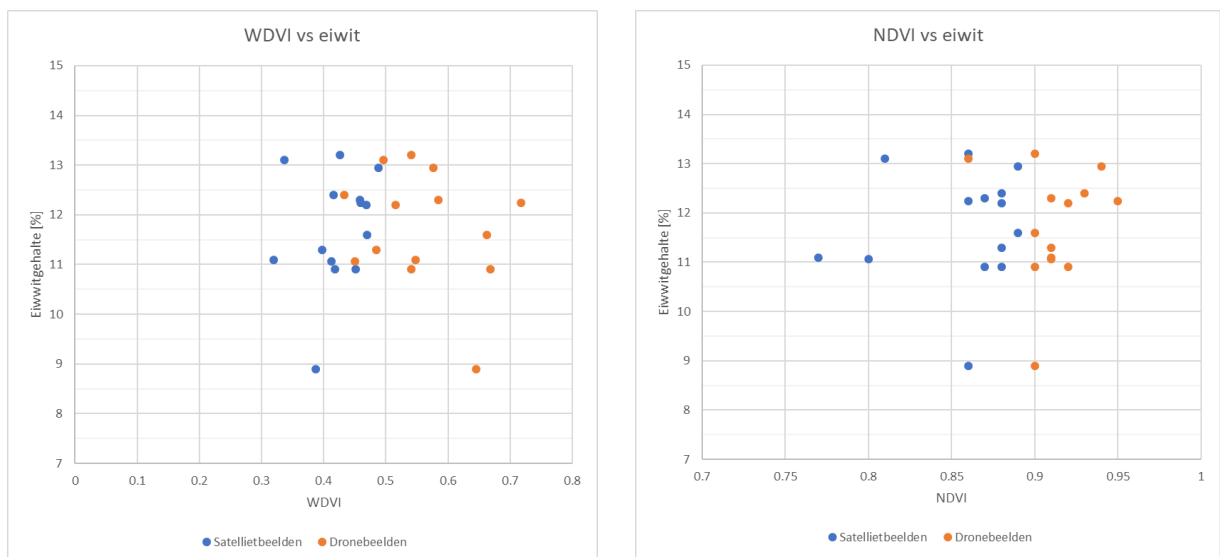
Oorzaken voor verschil in WdVI komen door verschillen in meetwaarden in reflectie van rood, groen en infraroodlicht. Deze verschillen in meetwaarden zijn er tussen drone en satelliet, maar ook tussen verschillende aanbieders. Een aantal factoren van invloed op deze meetwaarden zijn de techniek (gebruikte sensor), atmosfeer (wolken en vocht in de lucht), tijdstip van meten (hoek van de zon) en schaduw. Voor deze factoren worden verschillende kalibratietechnieken gebruikt, echter is er geen standaardisatie hierin tussen satellietaanbieders en dronebeeld aanbieders.

Daarnaast speelt de meetdatum van de gebruikte drone en de satellietbeelden rondom het in aar komen van de brouwergerst een rol. De aar zorgt nl. voor andere reflectiewaarden dan het blad.



Figuren 7.24 en 7.25 Gemiddelde en individuele WDWI, respectievelijk NDVI waarden van de satelliet uitgezet tegen de drone.

Figuren 7.26 en 7.27 tonen de relaties tussen de WDWI, respectievelijk NDVI van de drone of satelliet en het gemiddelde eiwitgehalte op het perceel. De range in zowel de WDWI/NDVI als in het eiwitgehalte is te klein om een goede relatie te vinden. Het inschatten van het absolute eiwitgehalte lijkt dus niet mogelijk. Wel is te zien dat alle percelen (op 1 na, wat mogelijk een uitschieter is) al boven een eiwitgehalte van 9.5% zit en dus geen bijbemesting behoeft. Meer dan de helft van de percelen zit zelfs al boven de bovengrens van 11.5% eiwit.



Figuren 7.26 en 7.27 Relatie tussen gemiddelde WDWI (links) respectievelijk NDVI (rechts) van de drone en satelliet, en het gemiddelde eiwitgehalte op het perceel.

7.7 Conclusies

In 2019 zijn er van 15 percelen zomergerst, verspreid over het zand/dal gebied in Drenthe, dronebeelden gemaakt, satellietbeelden gedownload en gemiddelde opbrengsten en eiwitgehalten verzameld. Het eiwitgehalte was in 2019 (en ook op deze percelen) gemiddeld hoog. Acht van de 15 percelen hadden een eiwitgehalte groter dan 11.5% en bij 13 van de 14 percelen was het eiwitgehalte 10.9% of hoger. Slechts één perceel had een eiwitgehalte onder de 9.5%. Op basis van de dronebeelden en de ijklijn (opgesteld in 2018) was het advies om geen van de percelen bij te bemesten. In 13 van de 14 gevallen was dit advies juist; één perceel had echter wel bijbemest moeten worden. Het gebruik van een drone + ijklijn lijkt daarmee voldoende betrouwbaar om in de praktijk toe te passen. Echter het eiwitgehalte in 2019 was gemiddeld te hoog en er was te weinig variatie (met name het aantal percelen met een laag eiwitgehalte was te beperkt) om te kunnen spreken van een betrouwbare verificatie.

Vanwege een kostenefficiënte uitvoering is nagegaan of een WDVI meting ook via een satellietbeeld kan worden vastgesteld. Met ca €1/ha zijn deze beelden een stuk goedkoper dan de dronebeelden met ca €32/ha. In de periode juni van 2019 waren er wel voldoende satellietbeelden beschikbaar maar er is geen betrouwbaar verband gevonden tussen de WDVI van de dronebeelden en de WDVI van de satellietbeelden. Mogelijke factoren die dit veroorzaken zijn verschil in sensortechniek, atmosfeer, tijdstip van meten en schaduw. Het lijkt er op dat satellietbeelden niet of minder goed te gebruiken zijn voor het bepalen van een te laag of te hoog eiwitgehalte. Het onderzoek is echter te beperkt geweest om deze conclusie te trekken.

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-826

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten 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.
