

NPPL+R

Nationale Proeftuin Precisie Landbouw + Robots

NPPL+R 2025: Groenbemesters onderzaaien met een drone

Praktijkervaring in granen in Zuidwest Nederland



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/708404>

Trefwoorden: Drone; zaaidrone; onderzaai; groenbemester; vanggewas; breedwerpig zaaien; bodembedekking; vasteground akkerbouw.

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research



Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 licentie. Deze licentie stelt hergebruikers in staat om het materiaal te verveelvoudigen en te delen in elk medium of bestandsformaat, mits in onaangepaste vorm, alleen voor nietcommerciële doeleinden en alleen zolang de maker en de bron worden vermeld. Verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden of zijn voorbehouden.

©2025 Stichting Wageningen Research (WR), onderzoeksinstituut Wageningen Plant Research, Business Unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad, T +31 320 291 111; <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plantresearch/open-teelten.htm>; KvK 09098104 te Arnhem; VAT NL no. 8113.83.696.B07. WR aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Rapport WPR-OT-1194

Foto omslag: Ardy Saarloos

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Probleemstelling	6
1.3 Oplossingsrichtingen	6
1.4 Onderzoeksvraag	7
1.5 Doel en scope	7
2 Methoden	8
3 Resultaten	10
3.1 Meteorologische omstandigheden	10
3.2 Resultaten per perceel	10
3.2.1 Goeree-Overflakkee Gras+klaver	10
3.2.2 Zuid-Beveland gras	10
3.2.3 Zeeuws-Vlaanderen Klaver	11
3.2.4 Zeeuws-Vlaanderen mengsel 1	12
3.2.5 Zeeuws-Vlaanderen mengsel 2	12
3.2.6 Zeeuws-Vlaanderen Camelina	12
3.2.7 Zeeuws-Vlaanderen Klaver (sorghum)	12
4 Discussie	13
4.1 Nawerking onkruidbestrijding	13
4.2 Grassen en klavers ontwikkelen zich sterk	13
4.3 Eigenschappen die een groenbemester geschikt maken voor drone zaai	14
4.3.1 kieming aan het oppervlak	14
4.3.2 Licht- of donkerkiemer	14
4.3.3 bodempenetratie van de kiemwortel	14
4.3.4 schaduwtolerantie	15
4.3.5 bestendigheid tegen berijding van landbouwmachines	15
4.4 Klimaatadaptatie	15
5 Conclusie	17
6 Literatuurlijst	18
Bijlage 1 Zaaidrone	20
Bijlage 2 Neerslagpatroon per week in Vlissingen	21
Bijlage 3 Grasontwikkeling tussen tarwestoppel	22
Bijlage 4 Klaverontwikkeling tussen tarwestoppel	23
Bijlage 5A: perceel #1	24
Bijlage 5B: Perceel #2	27
Bijlage 5C: Perceel #3	29
Bijlage 5D: Perceel #4	32
Bijlage 5E: Perceel #5	34

Samenvatting

Groenbemesters kunnen een belangrijke bijdrage leveren in een duurzaam landbouwsysteem door verschillende ecosysteemdiensten. Het tijdig zaaien van een groenbemester is daarbij cruciaal voor voldoende biomassaontwikkeling, maar vormt in de praktijk vaak een uitdaging. Onderzaai met behulp van een zaa drone biedt een mogelijke oplossing, omdat de groenbemester vóór de oogst van het hoofdgewas kan worden ingezaaid en zich direct na de oogst verder kan ontwikkelen.

In dit NPPL-project is in 2025 praktijkervaring opgedaan met dronezaai van groenbemesters bij zes telers in Zuidwest Nederland in wintertarwe. Telers hadden keuzevrijheid in de zaa zaadhoeveelheid en de keuze van de groenbemester. Er is onder andere gewerkt met grassen, klavers, en twee mengsels. Het jaar 2025 kenmerkte zich door uitzonderlijk droge omstandigheden, wat een grote invloed had op de kieming en ontwikkeling van de groenbemesters.

De resultaten laten zien dat vochtbeschikbaarheid een van de belangrijkste voorwaarden is voor succes. Veel onderzaai mislukte door verdroging van kiemplanten, ongeacht de zaaimethode. Toch waren er ook geslaagde percelen, met name waar grassen en klavers zijn gezaaid. Deze soorten bleken beter bestand tegen droge omstandigheden, onder andere doordat ze langer ongekiemd kunnen blijven en goed reageren zodra vocht beschikbaar komt. Bovendien leken deze groenbemesters beter te kiemen doordat het lichtkiemers zijn; deze ondervinden geen hinder aan het niet ingewerkt worden in de bodem. De mengsels en Camelina presteerden minder goed. Verder bleek dat bestaande vegetatie, herbicidengebruik en schaduwwerking van het hoofdgewas de kansen van onderzaai sterk beïnvloeden.

De ervaringen uit 2025 tonen aan dat dronezaai in Nederland technisch mogelijk is en onder geschikte omstandigheden voordelen kan bieden, zoals een langere effectieve groeiperiode van de groenbemester. Tegelijkertijd is de methode sterk weersafhankelijk en vraagt zij om zorgvuldige afstemming van groenbemestertype, timing en onkruidbestrijding. Verder onderzoek maar ook meer praktijkervaring zijn nodig om te bepalen onder welke omstandigheden dronezaai een betrouwbaar alternatief is voor gangbare zaaimethoden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Groenbemesters kunnen een belangrijke rol spelen in het verduurzamen van de agrarische sector. Deze gewassen kunnen verschillende ecosysteemdiensten leveren, zoals waterzuivering en de opslag van koolstof. Dit komt onder andere doordat vanggewassen (een type groenbemester) de uitspoeling van nutriënten kunnen minimaliseren. Door nutriënten vast te leggen tijdens de ontwikkeling voorkomen vanggewassen dat onder andere stikstof (N) uit de bodem kan uitspoelen. Deze N komt weer beschikbaar zodra de plant wordt afgebroken. Verder kunnen vanggewassen en groenbemesters bijdragen aan onkruidbeheersing, organisch materiaal aan de bodem toevoegen en bodemerosie minimaliseren (Handboek Groenbemesters, z.j.)

Het moment van zaaien is een belangrijke factor voor de uiteindelijke productiviteit van de groenbemester. Hoe eerder dit gewas gezaaid wordt, hoe meer tijd het heeft om voldoende biomassa te produceren. In het geval dat er nog vrij beschikbare N in de bodem aanwezig is, kan deze nog ruimschoots worden opgenomen door de groenbemester als deze tijdig wordt gezaaid (Handboek Bodem en Bemesting, 2025).

1.2 Probleemstelling

Het tijdig inzaaien van een groenbemester kan echter een uitdaging zijn bij verschillende teelten. Ook bij granen kan het zaaien van een groenbemester voor uitdagingen zorgen. Het zaaien van de groenbemester vindt plaats in een periode waarin veel andere werkzaamheden vereist worden. Bovendien bestaat de wens om een levende bodembedekking te hebben, zeker in de maanden augustus en september, de periode nadat de tarwe is geoogst maar er nog veel energie uit zonlicht op de bodem komt en de bodem nog gevoed moet worden. Om hier direct in te voorzien kan de teler een groenbemester zaaien.

1.3 Oplossingsrichtingen

Onderzaai is een mogelijke oplossingsrichting voor deze uitdagingen. Hierbij wordt de groenbemester gezaaid terwijl het hoofdgewas nog op het land staat. Deze kan zich al kiemen en zodra het hoofdgewas geoogst is, kan de groenbemester zich direct door ontwikkelen. Er zijn verschillende proeven gedaan met het onderzaaien van een groenbemester tijdens of vlak na het inzaaien van het hoofdgewas met verschillende maten van succes. Hoewel het mogelijk is om de groenbemester mee te laten ontwikkelen met het hoofdgewas, zorgt dit voor verschillende uitdagingen. Allereerst moet men er zeker van zijn dat de groenbemester niet gaat concurreren met het hoofdgewas. Dit kan zeker met snelgroeiende groenbemesters een risico zijn, waardoor een langzaam groeiend groenbemesternodig is. Dit betekent echter dat het lange tijd in de schaduw van het hoofdgewas moet staan. Het type groenbemester dat gezaaid wordt moet hiertegen bestand zijn. Verder moet het passen binnen de onkruidbestrijdingsstrategie. Zodra een groenbemester direct is meegezaaid met het hoofdgewas kunnen verschillende onkruiden niet meer zowel chemisch als mechanisch bestreden worden.

Een manier om deze uitdagingen te ontwijken, is het inzaaien van de groenbemester vlak voor de oogst van het hoofdgewas. Hoewel verschillende methodes bestaan om een groenbemester te zaaien terwijl het hoofdgewas nog op het land staat (zoals het zaaien met een kunstmeststrooier), worden binnen dit NPPL-project de mogelijkheden onderzocht om de groenbemester te zaaien met behulp van een zaaidrone. Deze drone vliegt over het hoofdgewas heen en verspreid de zaden van de groenbemester breedwerpig. Het vanggewas heeft de tijd om te kiemen, en zodra het hoofdgewas geoogst is kan de groenbemester zich verder ontwikkelen.

Ook het onderzaaien in tarwe biedt mogelijkheden binnen de wet- en regelgeving. De stikstofgebruiksruimte van veel telers is beperkt, zeker voor agrariërs die in natuur verontreinigde gebieden (NV-Gebieden) werken. Binnen deze gebieden hebben telers een N korting gehad die in 2026 kan variëren van 15 tot 25%. Bovendien is er geen bemestingsruimte meer voor de teelt van groenbemesters, tenzij de groenbemester tot en met februari in het daaropvolgende jaar op het land blijft staan. Het is echter niet voor iedere teler wenselijk om in februari nog een groenbemester op het land te hebben staan. Een uitzondering op deze regel is de teelt van tijdelijk grasland. Indien het gras voor 15 augustus is gezaaid, mag deze bemest worden als deze tot minstens 15 oktober op het land blijft staan. Als het gewas wordt ondergezaaid, geldt de oogstdatum van het hoofdgewas als startpunt van de groei van de groenbemester/voedergewas, waarna deze twee maanden op het land moet blijven staan.

1.4 Onderzoeksvraag

De hoofdvraag van dit onderzoek is:

Welke uitdagingen worden ondervonden bij het zaaien van een groenbemester met een drone in de teelt van wintertarwe vóór de oogst in Zuidwest Nederland?

Deelvragen die hieronder vallen zijn:

- Hoe succesvol is de zaaiactiviteit gegeven de meteorologische omstandigheden in 2025?
- Wat zijn de voor- en nadelen van verschillende type groenbemesters?
- Aan welke additionele kennis hebben telers behoefte om in de toekomst een goed onderbouwde beslissing te nemen om al dan niet een groenbemester te zaaien met een drone?

1.5 Doel en scope

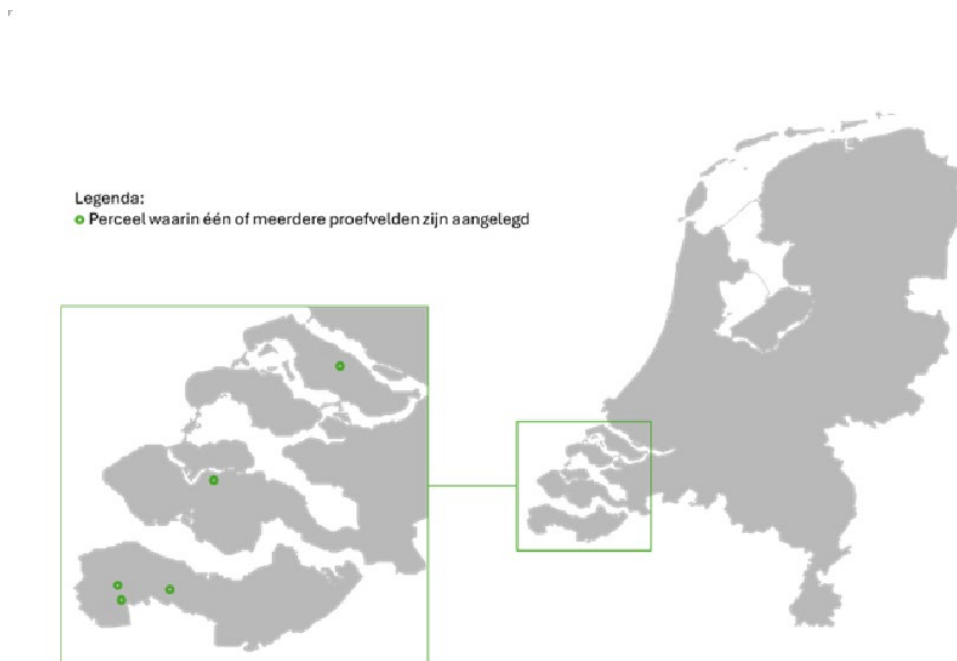
Het doel van dit proefjaar kan worden onderverdeeld in drie aspecten:

- Het eerste doel is het ondervinden van kinderziektes van het dronezaaien in de Nederlandse context. In het buitenland is al relatief veel ervaring met het onderzaaien met een drone opgedaan, in Nederland is deze ervaring nog beperkt (Stokkermans & Leung, 2025). Tijdens het teeltseizoen gaan hier hoe dan ook uitdagingen bij ontstaan, die moeten worden opgelost en waarvan lessen kunnen worden geleerd.
- Het tweede doel is het opbouwen van een netwerk binnen een bepaalde regio van telers die ervaring willen opdoen met het zaaien met een zaaidrone. Binnen dit netwerk kunnen geleerde lessen worden gedeeld van aspecten die zowel positief als negatief zijn uitgedrukt. Bovendien zullen de resultaten van de verschillende percelen binnen deze groep gedeeld worden.
- Het derde doel is ervaring opdoen met verschillende typen groenbemesters. Verschillende telers zullen naar verwachting verschillende wensen hebben voor type groenbemesters. Het aankomende NPPL-jaar biedt mogelijkheden om de verschillende groenbemesters met elkaar te vergelijken en ervaring opdoen wat wel en minder goed werkt.

In Zuidwest Nederland wordt een cluster gevormd waarbij telers zich kunnen aansluiten die interesse hebben in het onderzaaien met een drone. In Zuidwest Nederland vindt relatief veel akkerbouw plaats. Tarwe is hier een belangrijk gewas in het bouwplan; vrijwel iedere teler verbouwt tarwe als rustgewas. Bovendien is het hier gebruikelijk om na de tarwe een groenbemester te telen. Daarom zal in Zuidwest Nederland een cluster worden gevormd van telers die hun groenbemester onderzaaien in de teelt van tarwe.

2 Methoden

In het teeltjaar 2025 is bij zes verschillende boeren ervaring opgedaan met het zaaien met een drone. De locaties zijn weergegeven in figuur 1. De zaaidatum, soort, zaaihoeveelheid, zijn omschreven in tabel 1.



Figuur 1 Kaart met de locaties van de bedrijven van de proeven

Telers waren zelf vrij om te kiezen in het moment van zaaien, de zaaizaad hoeveelheid, en het type groenbemester. Over het algemeen is gekozen voor Italiaans raaigras vanwege de vlotte groei van Italiaans raaigras ten opzichte van o.a. Engels raaigras. Daarnaast is er ervaring opgedaan met nieuwe teelten, zoals onderzaai met *Camelina Sativa*, ook wel bekend als huttentut. Dit gewas wordt normaal gesproken na de oogst van tarwe nog ingezaaid en kan in hetzelfde teeltjaar weer geoogst worden. Het heeft een groeicyclus van ongeveer tachtig dagen, die langer wordt naarmate later in het seizoen wordt gezaaid vanwege minder zonuren, lagere temperaturen en koudere nachten. Door met een drone te zaaien kan het groeiseizoen verlengd worden met als doel om meer biomassa te maken. Daarnaast is witte klaver ondergezaaid in sorghum om ervaring op te doen met het onderzaaien onder een gewas met relatief veel biomassa op klei.

Tabel 1 *Overzicht van onderzaaiwerkzaamheden en de zaaidatum. Indien niet anders aangegeven heeft de onderzaai in wintertarwe plaatsgevonden. Een verdere omschrijving is te vinden in de bijlage.*

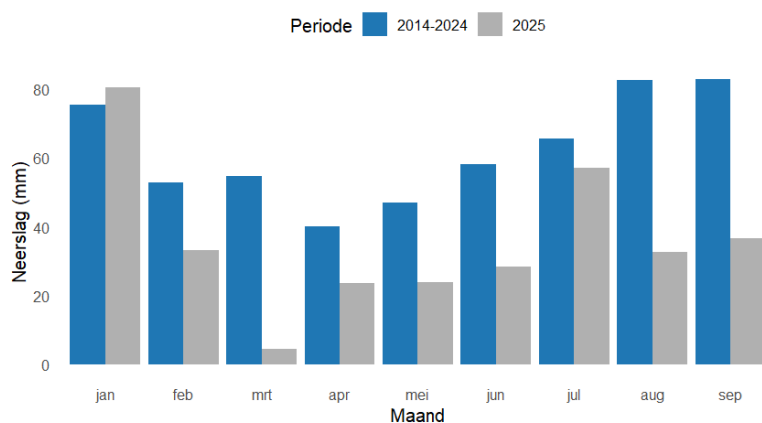
Titel	Zaaidatum
Goeree-Overflakkee Gras+klaver	31-05-2025
Zuid-Beveland Gras	02-07-2025
Zeeuws-Vlaanderen Klaver	02-07-2025
Zeeuws-Vlaanderen mengsel1	02-07-2025
Zeeuws-Vlaanderen mengsel2	02-07-2025
Zeeuws-Vlaanderen Camelina	19-07-2025
Zeeuws-Vlaanderen Klaver (sorghum)	02-07-2025

De zaden zijn gezaaid met de drone zoals weergegeven in Bijlage 1. Zodra het perceel is ingetekend en de drone is afgedraaid, bepaalt de drone zelf de vliegroute en schat deze zelf in wanneer de zaadtank moet worden bijgevuld. De piloot kan de vlieghoogte aanpassen op basis van de windsnelheid, waarna de werkbreedte van de drone wordt mee veranderd.

3 Resultaten

3.1 Meteorologische omstandigheden

Tijdens het groeiseizoen van 2025 is droogte de bepalende factor geweest. Het jaar 2025 is dan ook bovengemiddeld droog geweest. Dit is ook te zien in figuur 1, dat de gemiddelde hoeveelheid neerslag per maand in Vlissingen geeft voor de periode 2014-2024 en dit afzet tegen het jaar 2025. Te zien is dat vanaf februari iedere maand zeer droog is geweest. Deze droogte is ook bepalend geweest tijdens de ontwikkeling van de groenbemester. Bijlage 2 geeft de wekelijkse neerslag weer in Vlissingen, en laat zien dat de meeste neerslag is gevallen direct na het zaaien in begin juli. Vervolgens zijn er nog enkele neerslagmomenten van kleinere omvang geweest. Bovendien verschilt dit zeer lokaal, waar verschillende locaties nauwelijks neerslag hebben gezien. Vervolgens is de maand augustus zeer droog geweest.



Figuur 2 gemiddelde van de som van de neerslag in Vlissingen per maand in de periode 2014-2024 (blauw) tegen de totale neerslag per maand in 2025.

3.2 Resultaten per perceel

3.2.1 Goeree-Overflakkee Gras+klaver

In een tarweperceel in Goeree-Overflakkee is op 31 mei een gras-klaver mengsel ondergezaaid. De berekening van de teler was dat het hoofdgewas weinig suikers in de bodem aanlevert in de zomermaanden, waardoor het bodemleven minder gevoed zou worden. Bovendien kon de onderzaai zich nog ruimschoots ontwikkelen, voordat de tarwe geoogst zou worden.

Kort na het inzaaien van de onderzaai is er wat regen gevallen, waardoor deze wel gekiemd is. Vervolgens is de onderzaai vrijwel volledig droog komen te liggen. De kiemplantjes, met een beperkt wortelstelsel, zijn hierbij verdroogd. Uiteindelijk is er vrij weinig van de onderzaai overgebleven en is deze na de tarweoogst opnieuw ingezaaid. De resultaten zijn ook te zien [op de website van de NPPL](#).

3.2.2 Zuid-Beveland gras

De gras onderzaai is zeer goed geslaagd. Ogenschijnlijk zijn er geen verschillen in biomassa waar te nemen tussen het mechanisch gezaaide stuk gras (rechts op figuur 2) en het met de drone ondergezaaide deel (links op figuur 2). Het gras was al begraasd voordat de foto genomen was en dit heeft de verschillen kleiner

gemaakt. In beide situaties is er voldoende gras opgekomen en bij de onderzaai is het gras ruim over de stoppel heen gegroeid (bijlage 3).

De vlotte ontwikkeling na de oogst heeft ervoor gezorgd dat het gras eerder te begrazen was door de schapen van de teler. Het zaaien met de drone heeft in deze situatie dus geleid voor meer productieve dagen van het perceel. Dit is ook te zien in bijlage 5D.

Interessant hierbij is dat het stro op dit perceel is geperst en afgevoerd. Dit was op het moment dat de graszaden net gekiemd waren. De banen van het stro waren licht terug te zien in het perceel. De plekken waar het stro gelegen heeft zorgden voor een lichte verkleuring in het gewas. Bovendien leidt het persen en afvoeren van stro tot extra bereiding van het perceel. Gezien de droge omstandigheden zal het effect hiervan beperkt zijn geweest en dit was verder ook niet terug te zien in de gewasontwikkeling.

Voor de grasontwikkeling is dit een voordeel in de nutriëntenvoorziening, aangezien de vertering van ingewerkt stro grofweg 7 kg/ha per ton stro vergt (Wageningen Plant Research, 2017). Dit kan oplopen tot minstens 30 kg N/ha dat niet beschikbaar zou zijn voor het gewas. Door het stro af te voeren was stikstof dus minder waarschijnlijk om limiterend te zijn. Bovendien is het gras nog met 200 kg KAS 27% bemest aangezien de teler door het tijdelijk grasland extra bemestingsruimte kreeg, waardoor 50 kg/ha extra beschikbaar was voor het gewas.



Figuur 3 *linkerhelft van het perceel is ondergezaaid met een drone, de rechterhelft is mechanisch gezaaid.*

3.2.3 Zeeuws-Vlaanderen Klaver

De klaver in Zeeuws-Vlaanderen heeft lang stil gestaan. Hierdoor leek er ruimte te zijn voor de ontwikkeling van onkruiden en tarweopslag. Ook hiervan zijn de resultaten te zien [op de website van de NPPL](#). Hierop is te zien dat eind juli het gewas nog dun stond. Uiteindelijk heeft het gewas zich nog zeer sterk ontwikkeld. Eind oktober stond er een volledig sluitend gewas, dat de onkruiden sterk onderdrukt. Dit gewas is te zien in bijlage 4. Knolvorming aan de wortels was nog niet zichtbaar, dus de stikstofvastlegging is nog beperkt. Knolvorming gebeurt meestal binnen 40 dagen tijdens de zomer, tenzij er voldoende stikstof beschikbaar is. Dit lijkt hier de geval te zijn. Als dat zo is functioneert de klaver groenbemester als een stikstof vanggewas.

De klavers zijn gezaaid op het perceel van een bedrijf dat veel ervaring heeft met groenbemesters. Ondanks de beperkte knolvorming, was dit de meest geslaagde groenbemester van deze agrariër in 2025. Dit geeft aan dat de omstandigheden in 2025 niet geschikt waren voor de zaai van een groenbemester en dat de met de drone gezaaide klavers relatief goed hebben gepresteerd.

Een toelichting op dit perceel is te zien in bijlage 5C.

3.2.4 Zeeuws-Vlaanderen mengsel 1

Dit mengsel is ingezaaid op hetzelfde perceel als de klaver onderzaai van 3.2.3. Van dit mengsel is zeer weinig terecht gekomen. Het is volledig verdroogd. Wat is opgekomen heeft zich ook ontwikkeld tot een redelijke plant, maar het gewas staat erg dun. Hierdoor was ook veel ruimte voor onkruidontwikkeling. Om deze rede is het in september ondergewerkt en opnieuw ingezaaid om alsnog een groenbemester te hebben die beter zou staan.

3.2.5 Zeeuws-Vlaanderen mengsel 2

In maart is in de tarwe al klaver ondergezaaid met een gangbare trekker-zaaimachine combinatie. Begin juli is bovenop de tarwe en het klavergewas een mengsel ingezaaid dat als groenbemester bedoeld was. De samenstelling van het mengsel is weergegeven in de bijlage. De opkomst van dit mengsel was uiteindelijk zeer beperkt. Naast de droogte, leek de verdringing door de al aanwezige klaver naast de tarwe, waardoor er weinig ruimte over bleef voor de groenbemester. Uit dit teeltjaar lijkt de conclusie te kunnen worden getrokken dat wanneer er al een gevestigde groenbemester staat, zoals klaver, de kans bestaat dat een nieuw ingezaaid mengsel geen gelijke kansen krijgt. Maar het kan ook zijn dat het mengsel niet geschikt was voor drone zaaien.

Daarnaast speelde de droogte van 2025 een rol. Het groenbemestermengsel is waarschijnlijk grotendeels verdroogd, ondanks dat er dubbel zoveel zaad (20 kg in plaats van de beoogde 10 kg) is gezaaid. Ook de samenstelling van het mengsel leverde praktische uitdagingen op; de variabiliteit maakte een gelijkmatige verdeling lastig. Verder was er sprake van een aanzienlijke onkruiddruk, met name van kruiskruid. Dit is in augustus gemaaid, waarbij het gewas relatief hoog werd gemaaid om de groenbemester nog enige kans te geven zich te herstellen. Dit bleek echter niet succesvol.

Aanvullende informatie over dit perceel is te vinden in bijlage 5B.

3.2.6 Zeeuws-Vlaanderen Camelina

De opkomst van de Camelina is zeer beperkt. Slechts op enkele plekken zijn plantjes zichtbaar, de dronezaai is hier niet geslaagd. Ook de verschillende zaaidichtheden hebben ogenschijnlijk geen effect gehad op de opkomst. Het stuk waarop 10 kg per hectare is gezaaid heeft iets meer planten, maar het verschil is nauwelijks zichtbaar tussen de verschillende dichtheden. Deze tegenvallende opkomst is te wijten aan de droogte. Sinds het zaaien op 19 juli is er nauwelijks regen gevallen, waardoor slechts enkele planten zijn opgekomen en er vooral onkruid zichtbaar is. Satellietbeelden zijn te zien in bijlage 5E.

Ook het gangbaar gezaaide stuk toont een vergelijkbaar beeld. Dit stuk is in augustus ingezaaid en heeft na het zaaien een korte regenbui gehad. Na deze neerslag is het volledig droog komen te liggen. Het korte buitje na het zaaien heeft er toe geleid dat de bovenlaag wat is dichtgeslagen. Vervolgens zijn de kiemplantjes uitgedroogd. Het feit dat ook de gangbaar gezaaide Camelina niet is geslaagd, laat zien dat de omstandigheden simpelweg te droog waren om Camelina te zaaien. Wat hierbij wel is opgevallen dat de tarweopslag een stuk hoger is. Dit is waarschijnlijk gestimuleerd door de behandeling met de rotorkoepel, die de omstandigheden voor de tarwezaden om te kiemen mogelijk heeft verbeterd.

3.2.7 Zeeuws-Vlaanderen Klaver (sorghum)

Op het moment van de laatste observatie (oktober 2025) stond de sorghum nog op het perceel. De onderzaai staat dus nog in de schaduw. Hierdoor is het qua hoogte nog niet veel ontwikkeld. Desalniettemin lijkt de kieming goed geslaagd, er zijn redelijk wat planten opgekomen. Op plekken waar de sorghum omgewaaid is krijgt het gewas meer licht. Hier groeien de klavers sterk door. Over het algemeen leek de klaver zich beter te ontwikkelen als de sorghum voor minder lichtbeperking zorgt. De sorghum is op drie verschillende momenten ingezaaid. Op de plekken waar de sorghum het laatst is gezaaid, had de klaver zich het best ontwikkeld, terwijl de plekken waar de sorghum als eerst gezaaid was en dus meer biomassa had gevormd, de klaver minder goed stond. De stikstofbinding voor het huidige gewas leek beperkt. De klaver had nog nauwelijks knolletjes gevormd.

Aanvullende informatie over dit perceel is terug te vinden in bijlage 5A.

4 Discussie

De ervaringen met dronezaaien in 2025 laten zien dat de weersomstandigheden en keuze voor de groenbemester sterk bepalend zijn voor het succes van de onderzaai. In theorie kan dronezaai een interessant alternatief zijn om groenbemesters in te zaaien, maar de weeromstandigheden beïnvloeden de resultaten. Daarom is het belangrijk om een groenbemester te kiezen die hiertegen bestand is. In 2025 heeft het gebrek aan vocht ertoe geleid dat de kiemplantjes nauwelijks kans hadden zich te ontwikkelen. Dit beeld komt overeen met gangbare onderzaai in andere percelen waarbij een groenbemester werd ondergezaaid toen het gewas nog laag stond. Ook deze groenbemester zijn over het algemeen slecht van de grond gekomen. Bovendien zijn ook de groenbemesters die na het hoofdgewas zijn gezaaid traag en matig ontwikkeld, wat laat zien dat de droge omstandigheden in Zuidwest Nederland niet geschikt waren voor een goede groenbemesterontwikkeling.

Terugkijkend kan worden gesteld dat onderzaai in mei weinig kans van slagen had. In een natter jaar zou dezelfde timing waarschijnlijk een beter resultaat opleveren. Dit benadrukt dat bij de keuze en timing van onderzaai altijd rekening moet worden gehouden met het bodemvocht op dat moment en de aankomende weersomstandigheden. Daarnaast komt er ook een stuk onzekerheid bij kijken waarbij de omstandigheden voor een teler mee moeten zitten.

Desalniettemin zijn er een aantal percelen geweest waarin de onderzaai geslaagd is. Hierbij is de groenbemester tot ontwikkeling gekomen nadat er voldoende vocht beschikbaar kwam. Dit laat zien dat, mits de juiste type groenbemester wordt gekozen, de zaden prima ongekiemd op het perceel kunnen blijven liggen. Dit leek voornamelijk het geval bij klaver- en grasachtigen.

4.1 Nawerking onkruidbestrijding

Een belangrijk aandachtspunt is het onkruidbeheer. Het is al bekend dat het gebruik van bodemherbicide in het hoofdgewas een negatief effect kan hebben op het opkomen van een groenbemester. In het geval van drone zaaien wordt er nog vroeger gezaaid en zonder grondbewerking die bodemherbicide afbreekt. Daarom is de kans groot dat de bodemherbicide nog een nawerking heeft. Mogelijk heeft de droogte in 2025 bovendien geleid tot een langere persistentie van herbiciden in de bodem. Dit zou een extra negatieve invloed kunnen hebben gehad op de kieming en ontwikkeling van de groenbemesters.

Vanuit 1001ha klaveronderzaai project wordt het belang van verstandig herbicidegebruik met het oog op de ontwikkeling van de onderzaai benadrukt. Hieruit blijkt dat klaver zeer gevoelig is voor middelen op basis van diflufenican en/of flufenacet. Een voorbeeld hiervan is Herold, een middel dat veel wordt gebruikt in de teelt van granen. Vanaf 2026 zal de toelating van dergelijke middelen vervallen, omdat de werkzame stof flufenacet niet meer zal zijn toegestaan. Dit zal voor een verschuiving zorgen in de onkruidbestrijding, met gevolgen voor de mogelijkheden voor dronezaai. In de teelthandleidingen van 1001 klaveronderzaai staan aanbevelingen voor een succesvolle onkruidbestrijding en klaverontwikkeling (1001 ha klaveronderzaai, 2025).

4.2 Grassen en klavers ontwikkelen zich sterk

Wat in dit teeltjaar opviel was dat de grassen en klavers zich onder de droge omstandigheden relatief beter ontwikkelden, terwijl de mengsels wat achterbleven. Een verklaring kan liggen in het verschil in droogtetolerantie. Vooral grassen ontwikkelen doorgaans een beter wortelstelsel en kunnen daardoor makkelijker doorgroeien bij beperkte vochtvoorziening. Doordat de mengsels nauwelijks opgekomen zijn, is hier inhoudelijk geen vergelijking tussen te trekken.

Ook de klavers lieten een goede kieming zien. Hoewel de ontwikkeling in eerste instantie wat achterbleef, is dit in het najaar bijgetrokken. Een mogelijke verklaring is dat klaverzaden een relatief harde zaadhuid

hebben. Hierdoor kunnen ze lang in rust blijven wanneer de omstandigheden ongunstig zijn en pas kiemen zodra voldoende vocht aanwezig is. Dit geeft klavers een voordeel in jaren met weinig neerslag.

Doordat de mengsels nauwelijks zijn opgekomen, is er geen inhoudelijke vergelijking te maken tussen afzonderlijke soorten binnen de mengsels.

4.3 Eigenschappen die een groenbemester geschikt maken voor drone zaai

4.3.1 kieming aan het oppervlak

Voor de kieming van een zaad zijn verschillende omgevingsfactoren van groot belang. De belangrijkste voorwaarden zijn: vocht, temperatuur, lichtbeschikbaarheid en nutriënten (Han & Yang, 2015). Zowel licht als nutriënten vormen belangrijke omgevingssignalen die nodig zijn om kiemrust te doorbreken. Deze kiemrust is een toestand waarin een zaad niet kan kiemen, zelfs onder geschikte groeiomstandigheden.

Bij het zaaien met een drone worden de zaden boven op de bodem verspreid. Dit betekent dat zaden sterker worden beïnvloed door externe omgevingsfactoren dan bij het zaaien in de grond. Vooral droge omstandigheden kunnen de kiemingsefficiëntie beïnvloeden (Koehler-Cole & Elmore, 2020).

4.3.2 Licht- of donkerkiemer

Een aanvullende verklaring voor het verschil in kieming kan liggen in het feit tussen het verschil in licht en donker kiemers. Zaden verschillen in hun behoefte aan licht tijdens de kieming, waardoor ze kunnen worden onderverdeeld in licht- en donkerkiemers.

Lichtkiemers hebben licht nodig om tot kieming te komen. Deze soorten kiemen dus alleen als ze dicht op het bodemoppervlak liggen, of er bovenop. Niet toevallig zijn gras en klaver, de twee best ontwikkelde gewassen, lichtkiemers. Donkerkiemers hebben juist duisternis nodig om te kiemen. Bij deze soorten wordt het kiemingsproces geremd door licht. Een voorbeeld is bladrammenas.

Het verschil tussen licht- en donkerkiemers wordt over het algemeen weinig benadrukt in de agrarische sector, aangezien alle zaden worden ingewerkt tijdens het gangbaar zaaien. Hierbij wordt enkel rekening gehouden met de zaaidiepte. Mogelijk is de invloed van licht- of donkerkieming sterker bij oppervlakkig zaaien. Bij de keuze voor een groenbemester die gezaaid zal worden met een drone is het aan te bevelen om lichtkiemers te kiezen en de ontwikkeling van donkerkiemers te monitoren.

4.3.3 bodempenetratie van de kiemwortel

Als de zaden breedwerpig worden gezaaid, is het belangrijk dat de kiemwortel de bodem kan binnendringen zodat het gewas zich hier kan vestigen. Het bodemoppervlak kan echter een barrière vormen voor de kiemwortels van ontkiemde zaailingen om de bodem binnen te dringen (Figuur 2). Deze fase van wortelintrede is gevoelig voor omgevingsinvloeden, zoals een extreem droge bodem (Campbell & Swain, 1973), omdat wortels pas toegang krijgen tot nutriënten en vocht wanneer zij de ondergrondse bodemlaag bereiken (Awan et al., 1996). Het vermogen om de bodem binnen te dringen hangt voornamelijk af van de biologische kenmerken van de zaailing, waaronder het tijdstip van wortelhaaronwikkeling, de verankering van het zaad en de duwkracht van de kiemwortel (Kislev et al., 1979).



Figuur 4 zaailingen waarvan de kiemwortel probeert de bodem binnen te dringen (Stokkermans, 2021)

4.3.4 schaduwtolerantie

Een van de vier planten kenmerken die nieuw zijn bij drone zaaien is de schaduwtolerantie van een plantensoort. Omdat de planten die als groenbemester worden gebruikt in de eerste dagen/weken onder het bladerdak van het hoofdgewas zullen groeien (Figuur 5), moet de soort in staat zijn om lagere lichtbeschikbaarheid te verdragen (Gravel et al., 2010). Schaduwtolerantie werd door Valladares et al. (2016) ook gedefinieerd als de "soortspecifieke minimale hoeveelheid licht die nodig is voor overleving". Deze schaduwtolerantie geeft echter niet direct een voorkeur voor lage lichtomstandigheden aan. Schaduwtolerante soorten zijn, vergeleken met schaduwintolerante soorten, beter aangepast om optimaal te functioneren bij lage lichtniveaus door fotosynthese en ademhaling in balans te houden (Snyder, 2010; Ruberti et al., 2011).



Figuur 5 schaduw van tarweplanten in juli

4.3.5 bestendigheid tegen berijding van landbouwmachines

Een geschikt groenbemester voor dronezaai vóór de oogst van de hoofdgewas moet bestand zijn tegen zwaar verkeer van landbouwmachines, in het bijzonder de oogstmachine en het transport van de geoogste granen (Figuur 6). Bij het beoordelen van de weerstand of tolerantie tegen dit verkeer is een belangrijke factor de mate van schade aan de plant.

4.4 Klimaatadaptatie

Een belangrijk aandachtspunt bij onderzaai is dat de bodem tussen de oogst en het inzaaien van de groenbemester niet meer wordt bewerkt. In het licht van een veranderend klimaat, met heftigere neerslagpieken en de noodzaak tot klimaatadaptatie, is dit een relevante factor om rekening mee te houden. Bij tarwe is het risico op spoorvorming klein, omdat de oogst doorgaans begin augustus plaatsvindt onder droge omstandigheden. Bij de teelt van bijvoorbeeld mais ligt dat anders: daar is de kans op spoorvorming aanzienlijk groter. Omdat de bodem na de oogst niet meer kan losgetrokken worden doordat de groenbemester hier al staat, kunnen deze sporen leiden tot plasvorming in de herfst.

Dit werd in de praktijk waargenomen op een perceel in Flevoland. In dit perceel, dat niet bij dit NPPL project betrokken was, zijn na het hakselen van de mais sporen ontstaan op delen die met een drone waren ingezaaid. Deze sporen vulden zich later met water (figuur 3), terwijl de mechanisch ingezaaide delen plasmvrij bleven.

In deze natte omstandigheden moet men extra alert zijn tijdens het oogstproces en op het bodembeheer na de oogst. Er is daarbij meer aandacht nodig voor bodemdruk tijdens het oogsten, zoals het beperken van asdruk en het aanpassen van de bandenspanning. Wanneer bodemverdichting tijdens de groei van de groenbemester toch optreedt, kunnen gerichte grondbewerkingen worden ingezet om de bodemstructuur te openen, zoals optil- en snijwoelen (Stokkermans & Saarloos, 2025). Beide oplossingsrichtingen zijn in hoofdlijnen bekend, maar de praktische kennis en de beschikbaarheid van geschikte machines en uitrusting zijn nog beperkt.



Figuur 6 *Plasvorming na het hakselen van mais waardoor de onderzaai onder water komt te staan.*

5 Conclusie

Aangezien dit jaar bedoeld was om praktijkervaring op te doen met het onderzaaien met een drone, is er geen wetenschappelijke proefopstelling aangelegd waardoor er geen harde conclusies getrokken kunnen worden. Op basis van de ervaring die in 2025 is opgedaan kan gesteld worden dat:

- Dronezaai in Nederland mogelijk is en bij enkele percelen heeft geleid tot een betere prestatie dan gangbaar;
- Vochtbeschikbaarheid een belangrijke voorwaarde is voor kieming en slaging van de groenbemester;
- Grassen en klavers goed ontwikkelen als onderzaai;
- De inzet van herbiciden goed moet worden afgestemd met het type onderzaai;
- Er aanwijzingen zijn dat lichtkiemers het meest geschikt zijn voor onderzaai;
- Het voorkomen van het rijden van sporen bij oogstwerkzaamheden belangrijk is.

Resterende onderzoeksvragen voor toekomstig onderzoek zijn:

- Welke weers- en vochtomstandigheden zijn geschikt om met een drone te zaaien en wanneer doet een teler er verstandig aan om mechanisch te zaaien?
- Klopt de veronderstelling dat lichtkiemers meer geschikt zijn voor onderzaai met een drone?
- Welke planten hebben een effectieve kieming aan het oppervlak?
- Welke planten hebben een sterke bodempenetratie van de kiemwortel?
- Welke planten hebben een hoge schaduwtolerantie?
- Welke planten zijn bestendig tegen verkeer van landbouwmachines?
- Hoeveel kg N draagt klaver onderzaai bij aan huidige gewas, hoeveel aan volgende gewas?
- Hoeveel kg organische stof wordt vastgelegd door een geslaagde groenbemester gezaaid met behulp van een drone in juli? Wat is het verschil met een groenbemester die op standaard wijze is gezaaid eind-augustus of september?
- Welke gewassen zijn geschikt als groenbemester om te zaaien met behulp van een drone?

6 Literatuurlijst

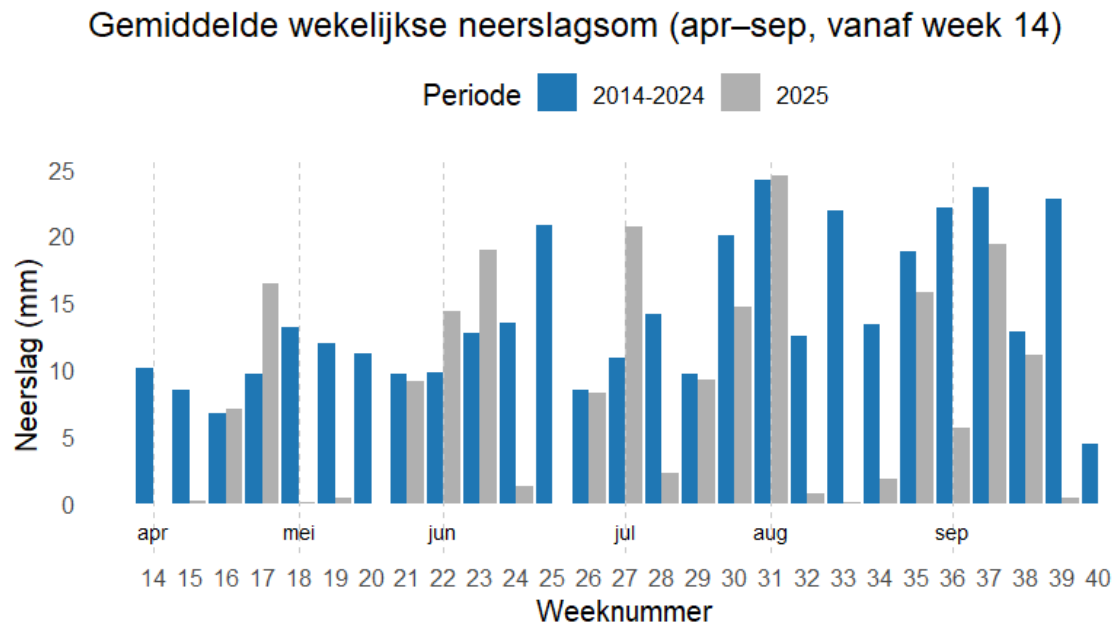
- Awan, M., Barker, D., Kemp, P., & Choudhary, M. (1996). Soil surface moisture measurement and its influence on the establishment of three oversown legume species. *The Journal of Agricultural Science*, 127(2), 169-174.
- Brandsma, E., van Raaij, K., Luijten, L., Rouweler, M., Zheng, R., Li, T., Schoen, T., & Stokkermans, T. (2025). Identifying plants suitable for aerial seeding by drones in Dutch maize fields during late summer. Wageningen University & Research. <https://doi.org/10.18174/704754>
- Campbell, M., & Swain, F. (1973). Effect of strength, tilth and heterogeneity of the soil surface on radicle-entry of surface-sown seeds. *Grass and Forage Science*, 28(1), 41-50. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1973.tb00718.x>
- Gravel, D., Canham, C. D., Beaudet, M., & Messier, C. (2010). Shade tolerance, canopy gaps and mechanisms of coexistence of forest trees. *Oikos*, 119(3), 475-484. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17441.x>
- Han, C., & Yang, P. (2015). Studies on the molecular mechanisms of seed germination. *Proteomics*, 15(10), 1671-1679.
- Handboek Bodem en Bemesting. (2025). *Stikstofbemestingsrichtlijnen groenbemesters*. Geraadpleegd op 29-09-2025, van <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/bemestingsadviezen/stikstof/stikstofbemestingsrichtlijnen-groenbemesters/>
- Handboek Groenbemesters. (z.j.). *Handboek Groenbemesters*. Geraadpleegd op 29-09-2025, van <https://www.handboekgroenbemesters.nl/nl/handboekgroenbemesters.htm>
- Kislev, M., Korach, E., & Negbi, M. (1979). Mechanisms of Root Penetration of Seeds Germinating on the Soil Surface. *Annals of Botany*, 43(1), 87-92. <http://www.jstor.org/stable/42753798>
- Koehler-Cole, K., & Elmore, R. (2020). Seeding Rates and Productivity of Broadcast Interseeded Cover Crops. *Agronomy*, 10, 1723. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111723>
- Quan, Z., Li, S., Zhang, X., Zhu, F., Li, P., Sheng, R., ... & Fang, Y. (2020). Fertilizer nitrogen use efficiency and fates in maize cropping systems across China: Field 15N tracer studies. *Soil and Tillage Research*, 197, 104498.
- Ruberti, I., Sessa, G., Ciolfi, A., Possenti, M., Carabelli, M., & Morelli, G. (2011). Plant adaptation to dynamically changing environment: The shade avoidance response. *Biotechnology Advances*, 30(5), 1047-1058. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.08.014>
- Snyder, M. (2010, 6 January). *What is Shade Tolerance and Why is it so Important?* <https://northernwoodlands.org/articles/article/what-is-shade-tolerance-and-why-is-it-so-important>
- Stokkermans, T. (2021). Nieuwe maisteelt methode voor gezondere bodems 2021 rapportage. Provincie Gelderland.
- Stokkermans, T., & Leung, A. (2025). *Factsheet: seed-on-yellow- spreading: Spreading cover crop seeds a day before winter wheat harvest*. Wageningen Plant Research. <https://doi.org/10.18174/699524>

-
- Stokkermans, T., & Saarloos, A. (2025). Handboek Grondbewerking. Geraadpleegd op 21/11/2025 van <https://wiki.groenkennisnet.nl/space/HGB/922845203/7.4+Woelen> .
- Teelthandleiding klaveronderzaai onder gangbaar graan (2025). *Teelthandleiding klaveronderzaai onder gangbaar graan*. Geraadpleegd op 3-11-2025 van <https://klaveronderzaai.1001ha.nl/wp-content/uploads/Klaveronderzaai-teelthandleiding.pdf>
- Valladares, F., Laanisto, L., Niinemets, Ü., & Zavala, M. A. (2016). Shedding light on shade: ecological perspectives of understorey plant life. *Plant Ecology & Diversity*, 9(3), 237–251.
<https://doi.org/10.1080/17550874.2016.1210262>
- Wageningen Plant Research. (2017, maart). Zeven vragen over strobemesten. Akker, (3), 12–13.
<https://edepot.wur.nl/412145>

Bijlage 1 Zaaidrone



Bijlage 2 Neerslagpatroon per week in Vlissingen



Bijlage 3 Grasontwikkeling tussen tarwestoppel

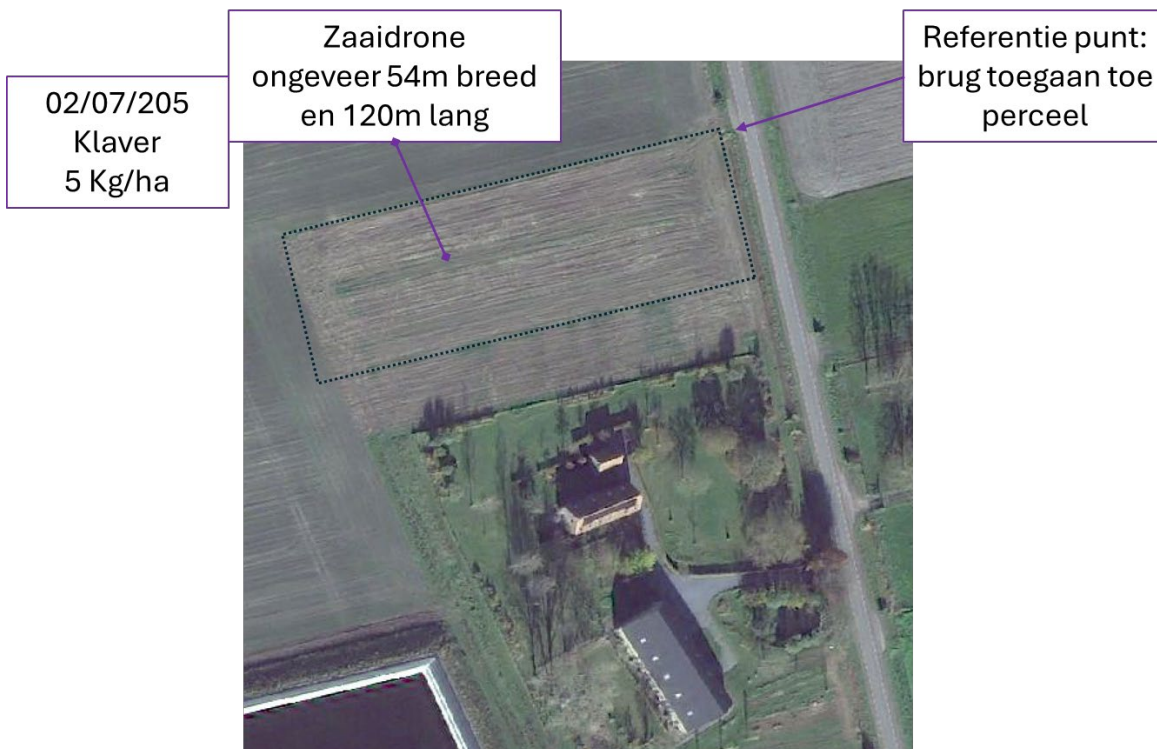


Bijlage 4 Klaverontwikkeling tussen tarwestoppel



Bijlage 5A: perceel #1

Gezaaid met drone op 2 juli 2025 rond 8 uur
Groenbemester: klaver 5kg/ha



Deze satelliet foto is in November 2025 gemaakt. Er is op het moment weinig te zien van de klaver groenbemester.



Het perceel is gezaaid met witte klaver (ras Alice). De zaden zijn drie jaar oud. De kiemkracht van deze zaden is niet vast gelegd.



Op de voorgrond staat de zaaidrone en op de achtergrond staat de sorghum in welke de klaver gezaaid wordt.

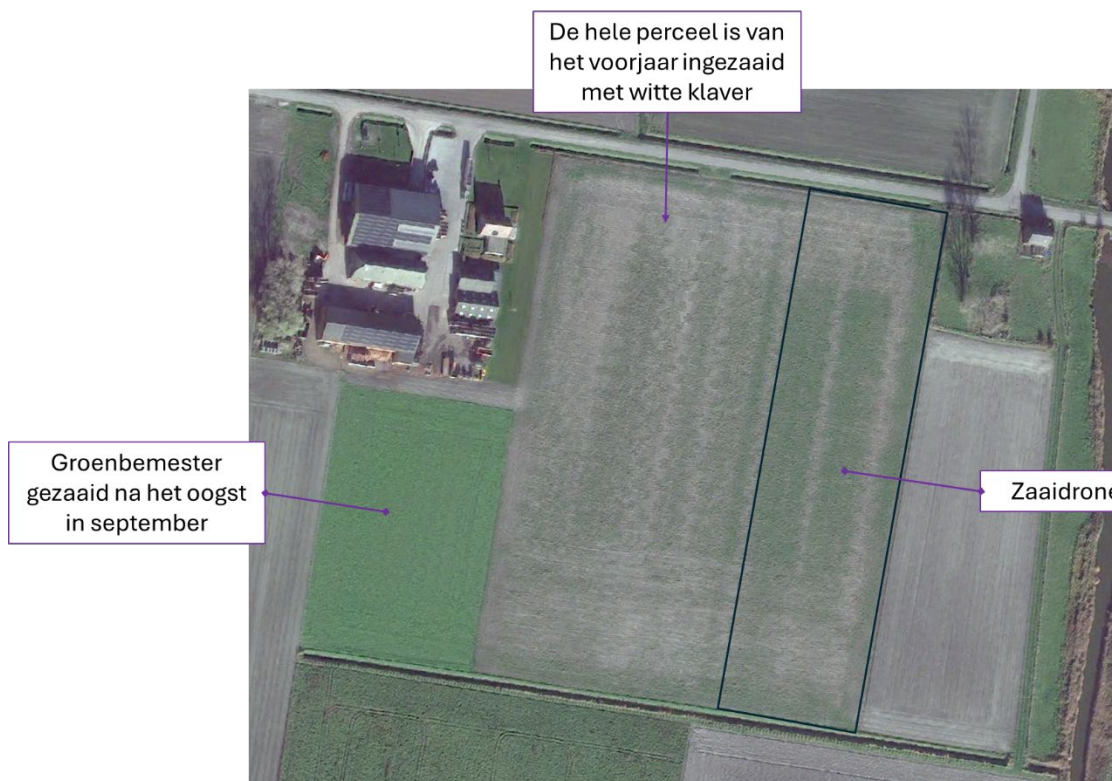


Op 8 augustus deed de klaver goed groeien tussen de sorghum planten.

Bijlage 5B: Perceel #2

Gezaaid met drone op 2 juli 2025 rond 9 uur

Groenbemester: Terralife CerealPro 5kg/ha (10kg/ha is geadviseerd)



10%	Rogge	0,5%	Voederwikke
27%	Triticale	0,5%	Rolklaver
14,5%	Zomerhaver	1,5%	Hopklaver
7%	Huttentut	0,5%	Rode klaver
10%	Zonnebloem	0,5%	Grote kaardebol
4%	Boekweit	0,5%	Duizendblad
4%	Mergkool	2%	Knoopkruid
3%	Bladrammenas	2%	Wilde peen
3%	Venkel	1%	Gewone margriet
1,5%	Cichorei	1,5%	Korenbloem
4%	Luzerne	1,5%	Grote klaproos

VLM 2-Jarig Bloemenmengsel van Jorion Philip Seed is in deze perceel gezaaid. Het bevat 22 verschillende soorten planten. De geadviseerde zaai dichtheid is 7-20 kg/ha. De gerealiseerde zaaidichtheid is 15kg/ha. De zaden zijn twee jaar oud. De kiemkracht van deze zaden is niet vast gelegd.



Op 20 Oktober was een deel van de bloemenmengsel aan het bloeien. Het is mogelijk om met een zaaidrone extra voedsel te produceren voor de bestuivers. Dat kan deze insecten helpen met de winter door te komen. Helaas is de groenbmester niet bijzonder goed geslaagd.

Bijlage 5C: Perceel #3

Gezaaid met drone op 2 juli 2025 rond 11 uur

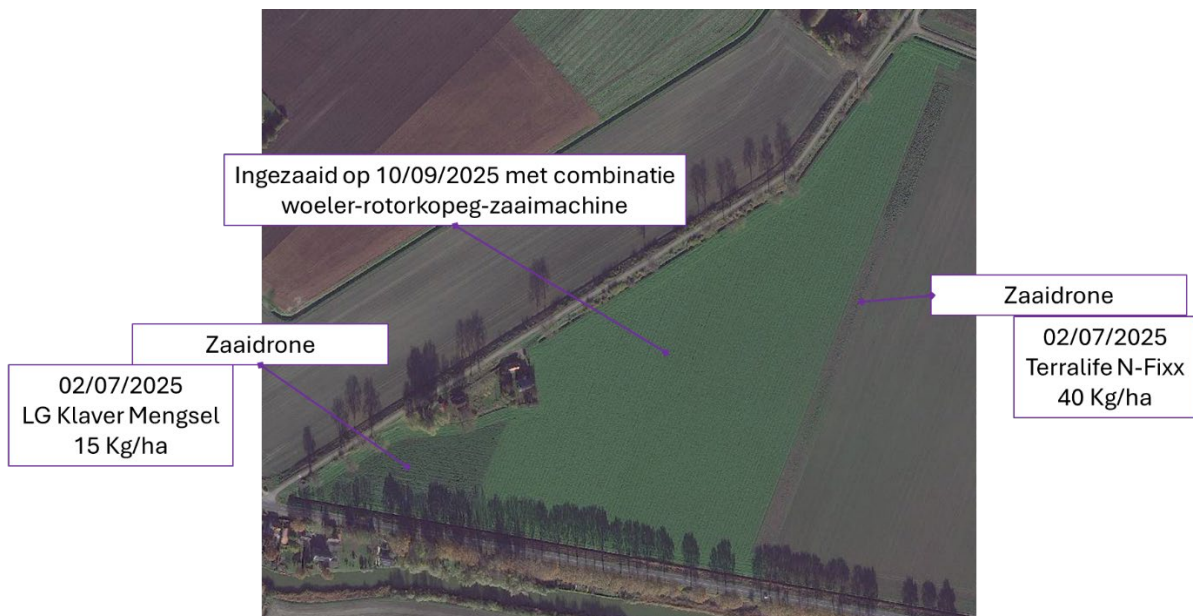
Groenbemester:

1) LG mengsel (klaver trio) 15kg/ha

2) Terralife N-Fixx 40kg/ha



Satelliet foto half september 2025



Satelliet foto november 2025



Het LG klaver mengsel was een experimenteel mengsel dat LG heeft gedeeld met de teler. Het was een mengsel van drie verschillende soorten klavers.

Het tweede N-Fixx mengsel bestaat uit:

Samenstelling Duitse N-Fixx 50:

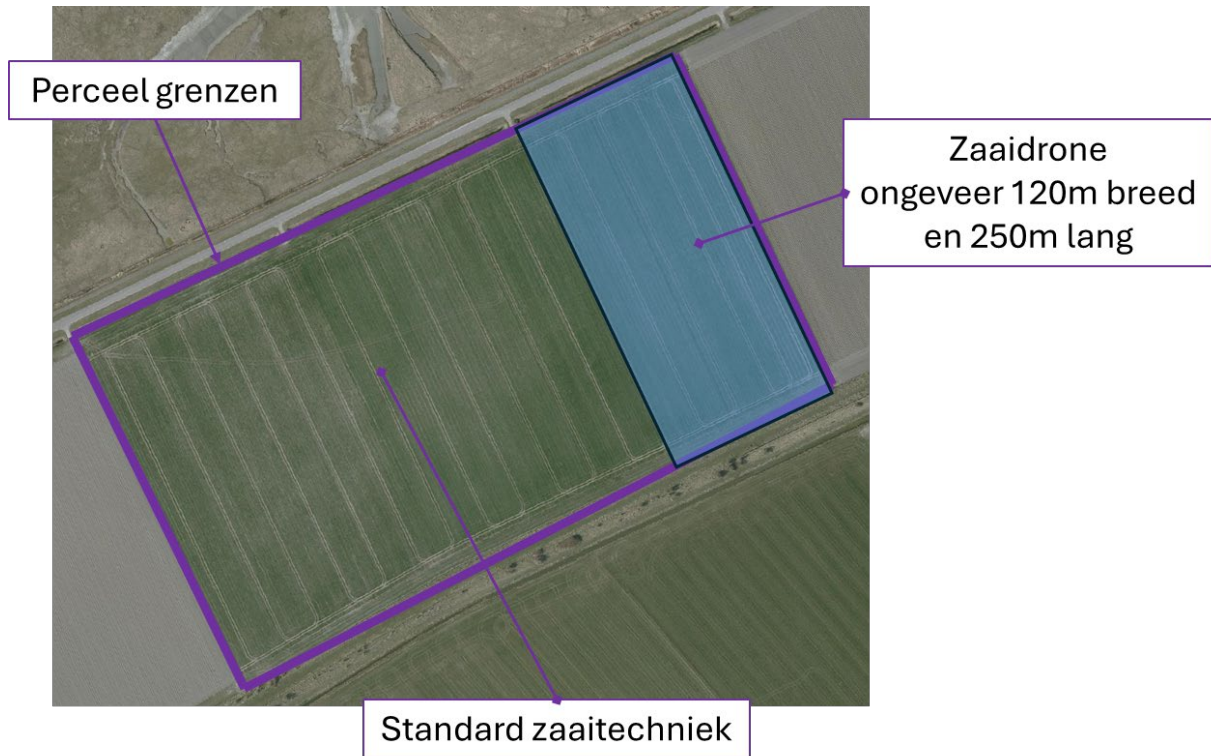
- 4% **Nigerzaad** (*Guizotia abyssinica*)
- 3,5% **Squarrose klaver** (*Trifolium squarrosum*)
- 22% **Voederwikke** (*Vicia sativa*)
- 15% **Erwt** (*Pisum sativum*)
- 20% **Veldboon** (*Vicia faba* L.)
- 4% **Phacelia / Bijenbrood** (*Phacelia tanacetifolia*)
- 12% **Zonnebloem** (*Helianthus annuus*)
- 10,5% **Vlas** (*Linum usitatissimum*)
- 7,5% **Sudangras** (*Sorghum sudanense*)
- 1,5% **Alexandrijnse klaver** (*Trifolium alexandrinum*)



Tijdens het dorsen op 16 juli waren planten van het N-Fixx mengsel gekiemd en aan het ontwikkelen.

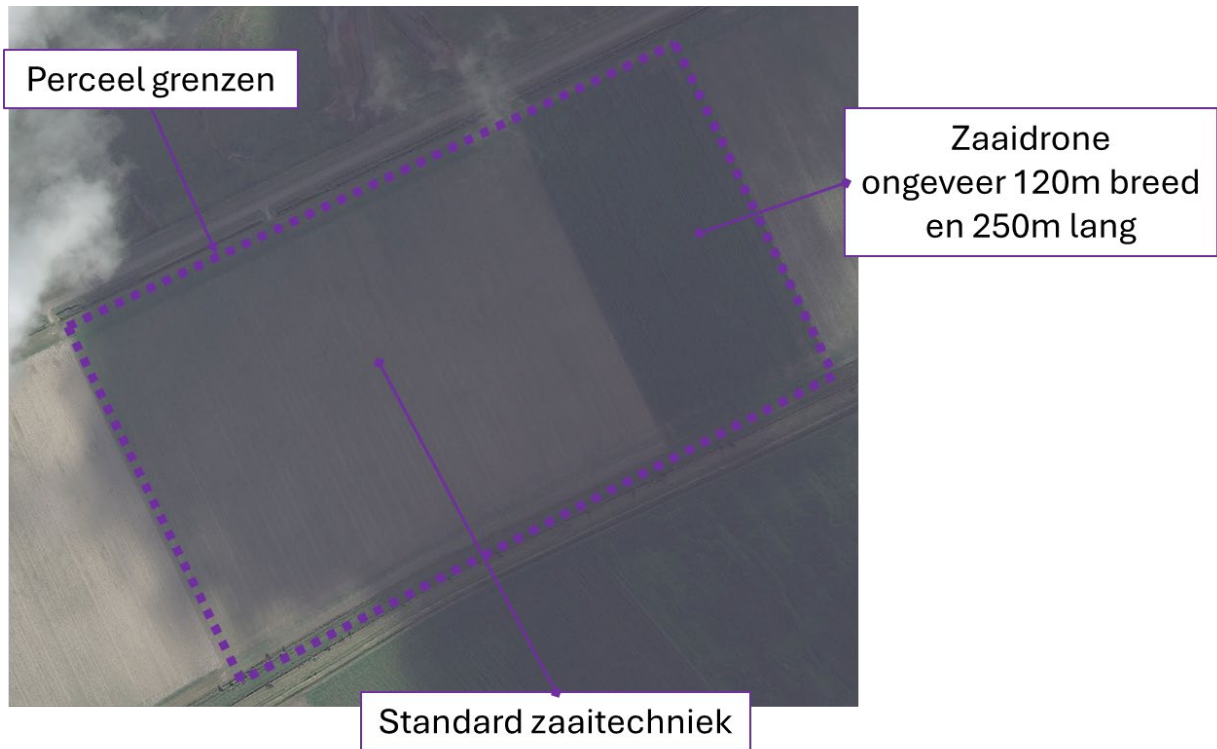
Bijlage 5D: Perceel #4

Drone zaaiwerk op 2 juli 2025 rond 14 uur
Groenbemester: Italiaans Raaigras 25kg/ha

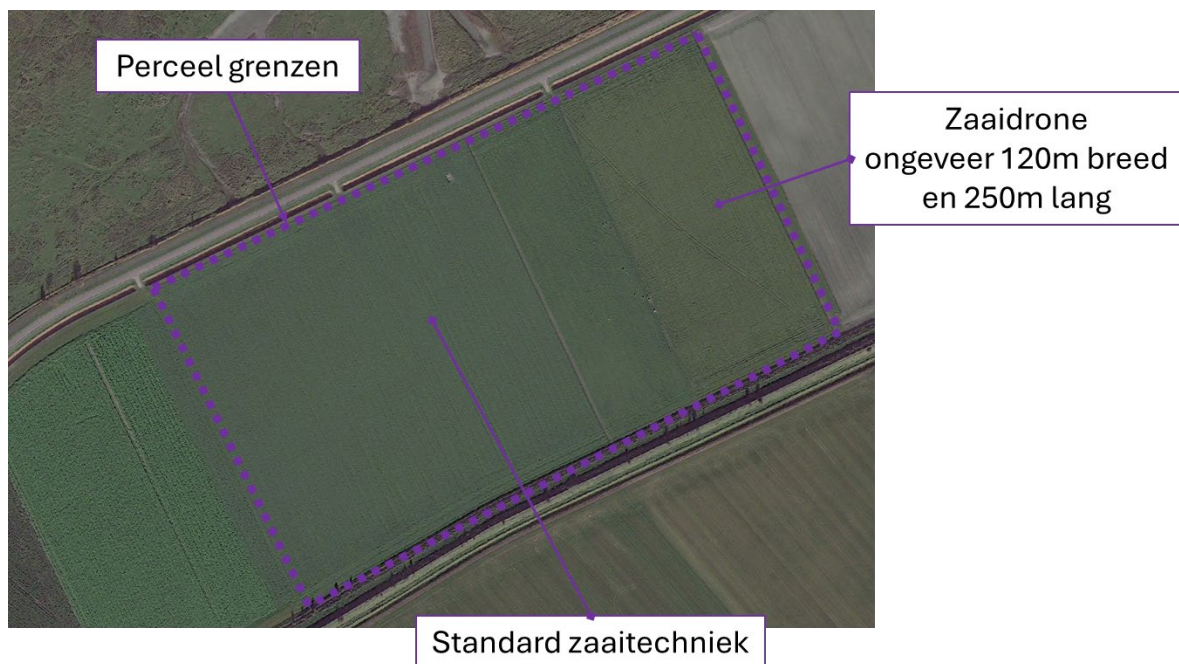


Luchtfoto tarweperceel in het voorjaar 2025 met verdeling

Satellietfoto half september 2025: groenbemester gezaaid met de drone bedekt het land terwijl de groenbemester die mechanisch gezaaid werd nog maar net in de grond zit



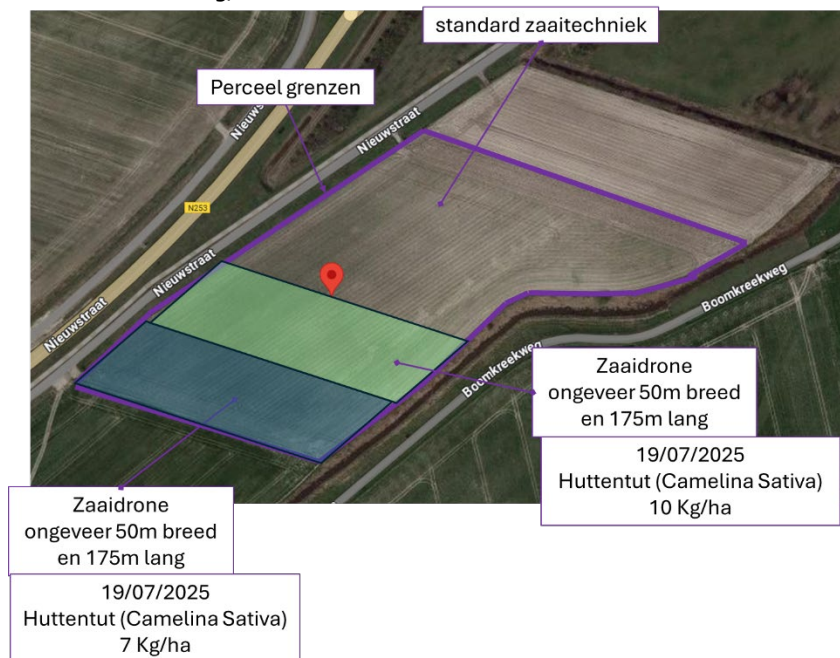
Satelliet foto november 2025:



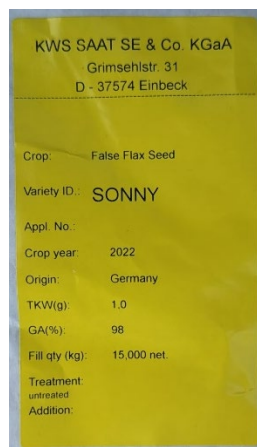
Bijlage 5E: Perceel #5

Drone zaaiwerk op 19 juli 2025

Groenbemesters: Huttentut 7 & 10kg/ha



In dit perceel zijn 3 objecten uitgevoerd. Twee met zaaidrone en de derde met de standard zaaitechniek. De objecten met de zaaidrone zijn op 19 juli uitgevoerd. De mechanische zaai heeft plaatsgevonden na de tarwe oogst.



Het huttentut zaad was van het ras Sonny en was drie jaar oud. De kiemkracht van deze zaden is niet vastgesteld.

De opkomst van huttentut was in alle drie object slecht. Het was onvoldoende om het een gewas te noemen. Op 10 september heeft de teler alle drie objecten ondergewerkt. De teler denkt dat de slechte opkomst komt door het droogte.



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31) 320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Corne.lugtenberg@wur.nl
