



Het effect van eiwitgewassen op N-residu op lichte zandgrond

De relatie tot het gebruik van vanggewassen

Auteurs | Duncan Ralston, Brigitte Kroonen & Vera Velt



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

WPR-OT-1110

Het effect van eiwitgewassen op N-residu op lichte zandgrond

De relatie tot het gebruik van vanggewassen

Duncan Ralston, Brigitte Kroonen-Backbier & Vera Velt

Dit onderzoek is in opdracht van Verbonden Peelproeftuinen voor Slimme Rotatieteelten 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.

Vredepeel, augustus 2024

Rapport WPR-OT-1110

Ralston, D.R.G., Kroonen-Backbier, B. en Velt, V 2024. *Het effect van eiwitgewassen op N-residu op lichte zandgrond; De relatie tot het gebruik van vanggewassen*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1110.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/670643>

Trefwoorden: eiwitgewassen, vanggewassen, vlinderbloemige, veldboon, stamslaboon en sojaboon.

© 2024 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

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

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

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

Rapport WPR-OT-1110

Foto omslag: Duncan Ralston

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	6
1 Inleiding	8
2 Proefopzet en metingen	10
2.1 Veldbonen rassen & vanggewassen proef	10
2.2 Soja rassenproef	11
2.3 Stamslabonen veld	11
3 Teeltverloop en groeiomstandigheden	12
4 Resultaten	15
4.1 Veldbonen rassen & vanggewassen proef	15
4.1.1 Hoogtemeting	15
4.1.2 Meting voor de winter	16
4.1.3 Meting eind winter	17
4.2 Soja rassenproef	18
4.3 Stamslabonen veld	18
5 Discussie	19
5.1 Discussie veldbonen proef	19
5.2 Discussie resultaten veldbonen, stamslabonen en sojabonen	20
6 Conclusie	21
Literatuur	22
Bijlage 1 Data meting voor de winter	24
Bijlage 2 Data analyse meting voor de winter	25
Bijlage 3 Data meting eind winter	26
Bijlage 4 Data meting eind winter	27

Woord vooraf

Dit onderzoek is geïnitieerd vanuit het project Verbonden Peelproeftuinen voor Slimme Rotatieteelten. Het project buigt zich over verschillende onderwerpen gerelateerd aan 'eiwit gewassen'. Binnen het domein van dit thema staat kennisontwikkeling centraal. Vanuit het project is de kennisvraag ontstaan; hoe stikstof uit eiwitgewassen beter 'over de winter heen kan worden getild'. Ter verkenning hiervan is het onderzoek uitgevoerd. De financiering wordt mogelijk gemaakt door het project Verbonden Peelproeftuinen voor Slimme Rotatieteelten. Dank gaat uit naar beide voor het mogelijk maken van dit onderzoek. Dank aan het uitvoeringsteam van proefboerderij Vredepeel, voor de uitvoering van het veldwerk. Dank aan de HAS Green Academy stagiaire Anouk Strijbosch voor verzamelen van literatuur en het uitvoeren van veldwerk.

Samenvatting

Zandgronden hebben een hoog risico op stikstofuitspoeling, wat veel onderzoek heeft aangetrokken, vooral gericht op bemesting en bodemmineralisatie (de Boer et al., 2004; van Geel et al., 2023a). De invloed van vlinderbloemige gewassen op stikstofuitspoeling is echter minder onderzocht. Europa en Nederland stimuleren de 'eiwittransitie' om meer plantaardig eiwit in het dieet te krijgen (European Commission, 2018). De Nederlandse overheid stimuleert de teelt van eiwitrijke gewassen zoals veldbonen door o.a. het GLB (LNV, 2020). Eiwitrijke vlinderbloemige gewassen binden stikstof met rhizobiumbacteriën, maar laten stikstof achter in wortels en plantmassa, wat uitspoeling kan verergeren (Lupwayi et al., 2006). Hierom spelen vanggewassen een belangrijke rol in het voorkomen van stikstofverliezen in de winter (Gaines & Gaines, 1994). Het onderzoek is daarom gericht op:

- 1) Het achterlaten van stikstof door verschillende eiwitgewassen zoals veldboon (op ras niveau), soja en stamslaboon.
- 2) Het onderscheid in het gebruik van vanggewassen t.o.v. braaklegging op de hoeveelheid achtergebleven stikstof in de bodemlagen 0-30, 30-60, 60-90 op zandgrond.

De veldbonenrassenproef werd uitgevoerd op een perceel met zes rassen in drie herhalingen. Direct na de oogst, in november en eind winter (februari) werden stikstofmonsters genomen uit verschillende bodemlagen om de achtergebleven stikstof (N-residu) te meten. Daarnaast werden de vanggewassen bladrammenas, Japanse haver, gras en rogge gezaaid om stikstofopname en -uitspoeling te vergelijken met braaklegging. Het N-residu werd bemonsterd in de bodemlagen 0-30, 30-60, 60-90 (cm). Voor de veldbonenrassenproef werd een REML-model gebruikt om de relatie tussen braak/vanggewassen en N-residu in de bodem te analyseren, en de Tukey HSD post-hoc test werd toegepast om paarsgewijze vergelijkingen te maken.

Bij de sojarassenproef werd geen onderscheid gemaakt in het effect van de rassen maar werd het gehele perceel bemonsterd. Stikstofmonsters werden ook hier na de oogst, in november en eind winter genomen. Vanwege de late oogst werd geen vanggewas gezaaid. Op het stamslabonen praktijkperceel werden dezelfde bemonsteringsmomenten en methode ingezet. Na de teelt van stamslaboon, oogst augustus, is er wel een vanggewas gezaaid (bladrammenas).

In de veldbonenrassenproef resulteerde het N-residu monster na de oogst in de laag 0-30 cm in een stikstofniveau van ongeveer 30 kg N per hectare voor alle rassen. In de diepere lagen (30-60 cm en 60-90 cm) bleek ras (F) meer stikstof te bevatten (respectievelijk 26 en 32 kg/ha) dan rassen A en B en het gehele veld, waar de stikstofniveaus gemiddeld 15 kg en 22 kg/ha waren. Omdat de monsternamen een mengmonster van de herhalingen betrof kan geen uitspraak gedaan worden over de statistische betrouwbaarheid van dit verschil.

In de hoogtemetingen van vanggewassen op 11 november, bleek Japanse haver gemiddeld 61 cm hoog, terwijl bladrammenas, rogge en Engels raaigras respectievelijk 34, 20, en 15 cm hoog waren. De geschatte stikstofopname door de vanggewassen varieerde van 25 tot 60 kg N/ha.

De tweede N-residu meting in november toonde aan dat braakobjecten meer stikstof bevatten dan de objecten met vanggewassen, met het grootste verschil in de laag 60-90 cm. Statistische analyses bevestigden significante verschillen tussen vanggewassen en braakobjecten, maar geen significante verschillen tussen de vanggewassen onderling.

Na de oogst van soja op 17 oktober was de N-residu op het perceel relatief laag (24 kg N/ha in de laag 0-90cm), vermoedelijk door het neerslagoverschot en late oogsttijdstip. Gedurende de winter nam de stikstof verder af tot 18 kg N/ha, met een lichte stijging naar 31 kg N/ha bij de derde meting na de winter.

Na de oogst van de stamslabonen op 15 augustus was de minerale stikstof (N-residu) 54 kg/ha in de laag 0-90cm, maar daalde tot 6 kg/ha voor de winter en 16 kg/ha eind winter. De lagere waarden zijn te waarschijnlijk te wijten aan opname door de bladrammenas (schatting circa 60 kg) en ook neerslagoverschot.

De veldbonenproef verdient enkele nuances die de resultaten beïnvloeden. De impact van weersomstandigheden is moeilijk te kwantificeren door het beperkte onderzoek van één jaar en het feit dat niet alle rassen bemonsterd konden worden. Tevens kunnen lage stikstofwaarden minder betrouwbaar zijn. Het weer speelde een belangrijke rol: de heterogene stand van het vanggewas (bladrammenas) en de hoge neerslag leidden tot lagere stikstofopnames, terwijl hoge temperaturen in de winter vroege mineralisatie veroorzaakten. De resultaten tonen aan dat vanggewassen zoals Engels raaigras, Japanse haver en rogge gemiddeld minder stikstof in de bodem hebben dan braakvelden, wat bevestigt dat vanggewassen effectief zijn voor stikstofopslag. De resultaten benadrukken het belang van het tijdig zaaien van vanggewassen en de invloed van seizoensgebonden weersomstandigheden op de stikstofhuishouding.

De resultaten zijn indicatief, maar er zijn een aantal zaken geconstateerd:

- Er lijkt geen groot verschil tussen veldbonenrassen, hoewel dit nog niet definitief is vastgesteld.
- Veldbonen, soja en stamslabonen verschillen in de hoeveelheid achtergelaten stikstof, maar dit is nog niet statistisch vastgesteld.
- Vanggewassen zijn significant effectiever dan braaklegging voor stikstofbehoud in de bodemlagen 0-30, 30-60, en 60-90 cm voor de winter, en na de winter mits deze niet te vroeg zijn afgestorven of te vroeg zijn ingewerkt
- Bepaalde vanggewassen (die afsterven in de winter) kunnen stikstof vrijgeven die mogelijk vóór het zaaien van het hoofdgewas kan uitspoelen buiten de bewortelbare zone. Dit is volgteeltafhankelijk.

Verder onderzoek is nodig naar de verschillen tussen vlinderbloemige gewassen in stikstofopslag en de rol van vanggewassen in het over de winter tillen van stikstof, met nadruk op worteldiepte en stikstofretentie.

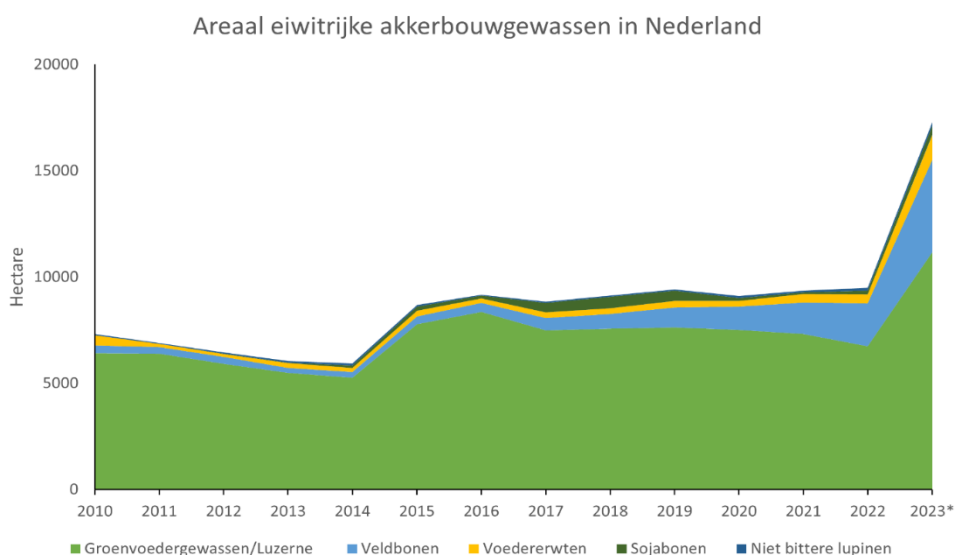
1 Inleiding

Zandgronden staan bekend om een verhoogd risico op uitspoeling van stikstof, waardoor er veel onderzoek gedaan is naar het inperken hiervan (de Boer et al., 2004; van Geel et al., 2023a; Velthof & Fraters, 2007). Veel van dit onderzoek is gericht op het risico van stikstof uitspoeling door de wijze van bemesting, type bemesting, alsook de bijdrage van bodemmineralisatie. Daarnaast is er in Nederland ook onderzoek gedaan naar het risico van uitspoeling bij verschillende soorten gewassen (Van Dijk et al., 2002). Het risico op uitspoeling door of na de teelt van vlinderbloemige op zandgrond is minder uitgebreid in kaart gebracht.

In Europa en Nederland is ingezet op het voorzien van een groter aandeel plantaardige eiwit in het menselijk dieet (European Commission, 2018). Deze inzet wordt veelal samengevat als de 'eiwittransitie'. Tot voorkort was er een neerwaartse trend in het aandeel plantaardige eiwitten in het Westerse dieet (Ferreira et al., 2021). Het aandeel eiwitten uit dierlijke producten nam in diezelfde periode toe en is de afgelopen jaren veelal gelijk gebleven (Dagevos et al., 2022).

Om een verhoging in het aandeel plantaardige eiwitten voor humane consumptie te realiseren heeft de rijksoverheid een 'nationale eiwitstrategie' opgesteld (LNV, 2020). Hierin wordt de nadruk gelegd op het stimuleren van eiwitrijke (vlinderbloemige) teelten, zoals veldbonen. Een van de omschreven stimulansen, is het integreren van eiwitgewassen in het gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB). Eind 2022 werd de uitvoeringsregeling GLB gepubliceerd in de Staatscourant, met daarin stikstofbindende gewassen als eco-activiteit onder de categorie hoofdteelt (Ministerie van Landbouw- Natuur- en voedselkwaliteit, 2022). Doordat vlinderbloemige gewassen fungeren als eco-activiteit, wordt daar een verhoogde meerwaarde aan gekoppeld in de (GLB) subsidieregeling. Hiermee is een eerste stap gezet in het stimuleren van het teeltareaal middels overheidsgelden.

In 2022 werd een kleine toename van het areaal eiwitrijke gewassen zoals sojabonen, veldbonen en luzerne gerapporteerd (CBS, 2022). In 2023 lijkt de toename veel groter te zijn (zie Figuur 1). Op basis van de metadata, was de groei van 2021 naar 2022 pakweg 1,3% op basis van luzerne, veldbonen, voedererwten, sojabonen en niet bittere lupinen. De groei van 2022 t.o.v. 2023 (op basis van voorlopige cijfers) is 82,19% (CBS, 2023).



Figuur 1 Ontwikkeling van het areaal eiwitrijke akkerbouwgewassen in Nederland. Bron: (CBS, 2023).

De hernieuwde aandacht en mogelijke doorgroei in het areaal eiwitrijke gewassen, zijn belangrijke aanleidingen om kennis rondom deze teelten te vernieuwen en uit te breiden. Zo ook de kennis rondom het risico op stikstof uitspoeling van plant gebonden stikstof. Stikstofbinding door planten is een van de eigenschappen van zogenaamde vlinderbloemige planten. In samenwerking met rhizobium bacteriën, wordt stikstof op en rondom

de wortels vastgelegd. Hierdoor is de behoefte aan stikstof bemesting vaak lager vergeleken met andere gewassen. Daarnaast hebben veel vlinderbloemige planten een hoog aandeel eiwit in de zaden, peulen of vruchten en in de stengels en bladeren

Biologische stikstofbinding (Biological Nitrogen Fixation – BNF)

Biologische stikstofbinding is het proces waarbij bacteriën atmosferische stikstof (N_2) splitsen en binden, tot plant beschikbare stikstof (ammonium (NH_4^+)) (Brill, 1977; Mylona et al., 1995; Postgate, 1982). Hierbij wordt de stikstof aangeleverd door de plant en uitgegeven door de wortels. Aan de wortel celwand zitten bacteriën die zijn ingekapseld, dit zijn de rhizobium bacteriën. Twee methodes waarop de bacteriën kunnen inkapselen is via wortelhaar invasie, de andere route is het doorbreken van de buitenste laag van de wortel celwand (Oldroyd & Downie, 2008). Na het ontvangen van de atmosferische stikstof, beginnen de bacteriën het om te zetten door splitsing van de stikstof middels enzymen. De betreffende enzymen ('nitrogenase') zijn tevens de enzymen die de bacterie soort uniek maakt. De energie die de bacteriën nodig hebben voor dit proces wordt aangeleverd door de plant (Masson-Boivin & Sachs, 2018). Waarna de bacterie stikstof beschikbaar stelt aan de plant in opneembare vorm.

De symbiotische relatie tussen plant en bacterie is uniek, en stamt uit een genetische deviatie eeuwen geleden (Oldroyd & Downie, 2008). Vandaag de dag is duidelijk dat er een breed spectrum aan stikstofbindende bacterie aanwezig zijn, waarvan een deel symbiotisch, een deel associërend en een deel vrij levend is. Waarbij het onderscheid zit in hoe de bacteriën energie ontvangen van de plant (directe suikers, plant exudaten of plantresten). Het andere onderscheid zit in potentie tot stikstof productie van de verschillende type bacterie groepen (Madigan et al., 2000). Daarnaast is er een fenomeen waarbij (leguminosen)planten zelf selecteren op efficiëntie van de bacteriën en hun vermogen om stikstof aan te leveren (Westhoek et al., 2021).

Doordat de plant zelf stikstof kan binden en rijk is aan eiwit, blijft er meestal stikstof achter op het land, na de teelt. Deze stikstof zit deels in de overgebleven wortels, de ruimte rondom de wortels en in de overgebleven bovengrondse plantmassa. Zo zit er in de bovengrondse massa stikstof in de vorm van eiwitten en eenvoudige aminosuikers. Dit betekent dat er verschillende vormen van (niet plant opneembare) stikstof aanwezig zijn. Deze komen vrij door het omzetten van de eiwitten en aminosuikers door micro-organisme (Lupwayi et al., 2006; Robertson & Vitousek, 2009). Dit vrij komen betekent dat de stikstof in een plant opneembare vorm (NO_3^- nitraat of ammonium NH_4^+) vindbaar is in de bovenste laag van de bodem. Het vrij komen van deze stikstof hangt samen met de temperatuur, vochtbeschikbaarheid in de bodem en de verteringssnelheid (C/N-ratio). Wat nog niet duidelijk is, zijn de mogelijke verschillen tussen soorten vlinderbloemige (Tripolskaja et al., 2023). Daarnaast is het ook nog niet geheel duidelijk of er onderscheid is per ras.

Voor het opvangen van de stikstof is het wenselijk om een zogenaamd vanggewas¹ te telen. Met name op lichtere grond, zoals zand. Dit komt doordat lichtere gronden veelal gevoeliger zijn voor uitspoeling (Gaines & Gaines, 1994; Huang & Hartemink, 2020; Osman, 2018; Padilla et al., 2018; Zotarelli et al., 2007). Bij het uitspoelen, verdwijnt de achtergebleven stikstof via het water dat door de bodem heen afzigt buiten de bewortelbare zone. Hiervoor wordt meestal het N-residu gemeten en gebruikt als indicator voor de nitraat concentratie in het bovenste grondwater. Wanneer de stikstof te diep zit of uitspoelt kan de volgende hoofdteelt geen gebruik maken van de stikstof. Om de achtergebleven stikstof over de winter heen te tillen, is het belangrijk dat:

- 1) Het desbetreffende vanggewas voldoende stikstof (N) kan opnemen;
- 2) Het niet vroegtijdig afsterft of ingewerkt wordt
- 3) Het tijdig genoeg verteerd voor de hoofdteelt.

Daarnaast zijn er nog een aantal andere implicaties die belangrijk zijn bij het kiezen van een vanggewas. Voor meer informatie hierover ga naar het handboek Bodem & Bemesting, alsook het handboek Groenbemesters. Op basis van het hiaat omtrent mogelijke onderscheid in de hoeveelheid N die door bepaalde vlinderbloemige soorten wordt achtergelaten, alsook de rol van een vanggewassen om stikstof de winter over te tillen; zijn de volgende vragen onderzocht:

- 1) *Is er onderscheid in het achterlaten van stikstof door verschillende eiwitgewassen zoals veldboon, soja en stamslaboon? Bestaat daarbij ook verschil in veldboonrassen?*
- 2) *Is er onderscheid in het gebruik van vanggewassen t.o.v. braaklegging in de verplaatsing van stikstof in de bodemlagen 0-30, 30-60, 60-90 op zandgrond?*

¹ Onderscheid vanggewas en groenbemester: vanggewassen en groenbemesters zijn veelal hetzelfde, maar verschillen in hoofddoel. Voor een vanggewas kan het opvangen van overgebleven stikstof van het hoofdgewas gezien worden als het belangrijkste doel.

2 Proefopzet en metingen

Het onderzoek is uitgevoerd als vervolg op een lopend traject, waarbij rassen soja- en veldbonen werden vergeleken. Deze vergelijking vond plaats in het teeltseizoen van 2023. Rondom de rassenproeven stond de gangbare teelt van stamslabonen. Door de aansluiting van het onderzoek op hetgeen dat eerder beproefd werd, is in de opzet beschrijving een splitsing gemaakt per gewas.

2.1 Veldbonen rassen & vanggewassen proef

Het perceel waar de veldbonen rassenproef werd uitgevoerd, bevatte zes rassen in drie herhalings. Op 21 maart 2023 is er 200 kg/ha Kali-60 toegepast als startbemesting voor de proef. Op 25 april is er geploegd met woelers en een vorenpakker, als hoofd grondbewerking. Op 28 april 2023 zijn de veldbonen gezaaid. Tijdens de teelt is er drie keer beregend (25 millimeter per keer). De veldbonen zijn geoogst op 23 augustus. De veldbonen opbrengst uit de proef varieerde van 1.900 tot 3.400 kg per ha.

Voor het vaststellen van een onderscheid in achtergebleven stikstof per veldbonen ras, is er op 24 augustus een N-mineraal bemonstering uitgevoerd. De bemonstering heeft plaatsgevonden in de lagen 0 – 30 cm, 30 – 60 cm en 60 – 90 cm. In het perceel zijn monsters gestoken bij drie rassen (voorkomende rassen in de praktijk), en een mengmonster van het gehele proefperceel per laag.

Voor het vaststellen van het onderscheid in gebruik van vanggewassen is eerst het perceel op 31 augustus bewerkt met een Wifo cultivator als hoofdgrondbewerking. Daarna zijn op 31 augustus de vanggewassen gezaaid, op basis van zaadhoeveelheden uit het groenbemester handboek. Voor de vergelijking zijn de volgende vanggewassen geselecteerd: bladrammenas, Japanse haver, rogge, Engels raaigras en braak (twee keer). Voor de selectie van de vanggewassen is gekeken naar de potentie van het vanggewas om stikstof op te nemen, winterhardheid en de frequentie van voorkomen in het gebied. Ter vergelijking is er gekozen voor het braak houden van een aantal velden. De vanggewassen en de braak objecten zijn in drie herhalings gezaaid (18 velden; 3 m breed, 24 meter lang). De plaatsing van de vanggewassen is middels randomisatie geselecteerd.

Voor het vaststellen van een onderscheid in opgenomen stikstof per vanggewas, zijn er twee N-mineraal bemonsteringen uitgevoerd. De bemonstering heeft plaatsgevonden in de lagen 0 – 30 cm, 30 – 60 cm en 60 – 90 cm. Per vanggewas (of braak object) is een monster gestoken. De eerste bemonstering heeft plaatsgevonden op 20 november, de tweede bemonstering op 27 februari 2024. Ter aanvulling zijn er drie type waarnemingen uitgevoerd: opkomsttelling, visuele beoordeling en een hoogtemeting. De opkomsttelling is op 8 september uitgevoerd. Eind september, midden november en begin december zijn de visuele beoordelingen uitgevoerd. De beoordeling was gericht op de gewasontwikkeling, alsook het vaststellen van mogelijke anomalieën. Op 22 november is de hoogtemeting uitgevoerd. De N-mineraal na de oogst en aan begin en eind van seizoen wordt ook wel N-residu genoemd

De relatie tussen vanggewas en N-residu in verschillende lagen in de grond is statistisch geanalyseerd aan de hand van REML model met de volgende relatie:

$$[\log(N \text{ residu} + 1) \sim \text{diepte laag} * \text{object} + (1|\text{herhaling})]$$

Er is gekozen voor een log-transformatie van N-residu voor een betere fit van het model. Hierna is een post hoc test uitgevoerd (Tukey HSD) om de paarsgewijze vergelijking te kunnen maken tussen de objecten en lagen. De twee meetmomenten zijn apart van elkaar geanalyseerd.

2.2 Soja rassenproef

Het perceel waar de sojabonen rassenproef werd uitgevoerd, bevatte acht rassen, in drievoudige herhaling. Op 21 maart 2023 is er 200 kg/ha Kali-60 toegepast als startbemesting. Op 25 april is er geploegd met woelers en een vorenpakker als hoofdgrondbewerking. De sojarassen zijn gezaaid op 15 mei. Tijdens de teelt is er drie keer beregend (25 millimeter per keer). De oogst heeft plaatsgevonden op 23 augustus. De sojabonen opbrengst uit de proef varieerde van 2.200 tot 4.300 kg per ha.

Voor het vaststellen van de achtergebleven stikstof bij sojabonen, is er op 19 oktober een N-mineraal bemonstering uitgevoerd. De bemonstering is uitgevoerd in de lagen 0 – 30 cm, 30 – 60 cm en 60 – 90 cm. In het perceel is een mengmonster van het gehele proefperceel per laag gestoken.

Door het late oogstmoment van de sojabonen is er geen vanggewas gezaaid. Voor de vergelijking met de veldbonen, zijn er N-min (N-residu) monsters gestoken. De bemonstering is uitgevoerd in de lagen 0 – 30 cm, 30 – 60 cm en 60 – 90 cm. Er is een mengmonster gestoken van het gehele proefperceel verdeeld per bodemlaag. De eerste bemonstering is uitgevoerd op 20 november en de tweede op 27 februari 2024. Ter aanvulling zijn visuele beoordelingen uitgevoerd. Eind september, midden november en begin december hebben de visuele beoordelingen plaatsgevonden. De beoordeling was gericht op het vaststellen van mogelijke anomalieën.

2.3 Stamslabonen veld

In het veld van de stamslabonen is geen proef uitgevoerd. Dit perceel geldt als praktijkperceel. Op 21 maart 2023 is er 150kg/ha Kali-60 toegepast als startbemesting. Op 25 april is er geploegd met woelers en een vorenpakker, als hoofd grondbewerking. De uitzaai heeft plaatsgevonden op 2 juni, en is uitgevoerd met een Ampere zaaimachine. Tijdens de teelt is er op 7 en 26 juni 200kg/ha Kalkammonsalpeter (KAS) kunstmest per keer gestrooid. De oogst heeft plaatsgevonden op 15 augustus. De stamslabonen (vers)opbrengst was 18.200 kg per ha.

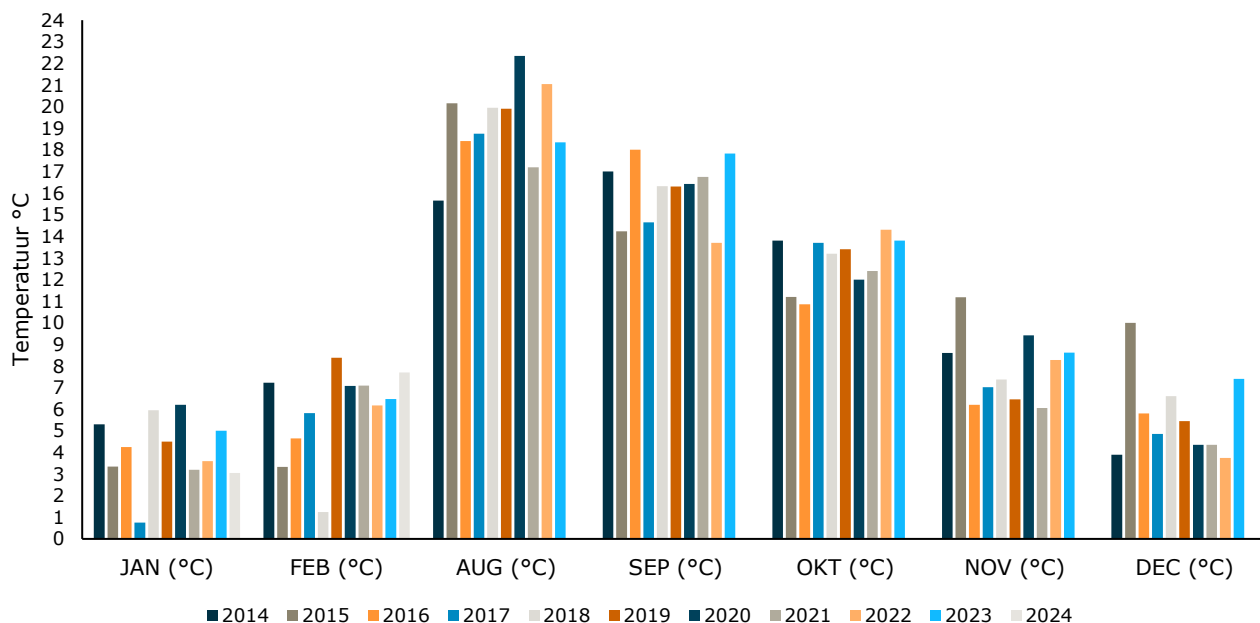
Voor het vaststellen van de hoeveelheid achtergebleven stikstof van de stamslabonen, is er op 24 augustus een N-mineraal bemonstering uitgevoerd. De bemonstering heeft plaatsgevonden in de lagen 0 – 30 cm, 30 – 60 cm en 60 – 90 cm. In het praktijkperceel is er een mengmonster per bodemlaag gestoken. Eerst is het perceel op 31 augustus bewerkt met een Wifo cultivator als hoofdgrondbewerking. Daarna is op 31 augustus het vanggewas gezaaid (bladrammenas).

Voor de vergelijking met de veldbonen, zijn er N-min monsters gestoken. De bemonstering is gestoken in de lagen 0 – 30 cm, 30 – 60 cm en 60 – 90 cm. Er is een mengmonster gestoken van het gehele proefperceel en gesplitst per bodemlaag. De eerste bemonstering is gestoken op 20 november ende tweede op 27 februari 2024. Ter aanvulling zijn visuele beoordelingen uitgevoerd. Eind september, midden november en begin december hebben de visuele beoordelingen plaatsgevonden. De beoordeling werd gericht op het vaststellen van mogelijke anomalieën.

3 Teeltverloop en groeiomstandigheden

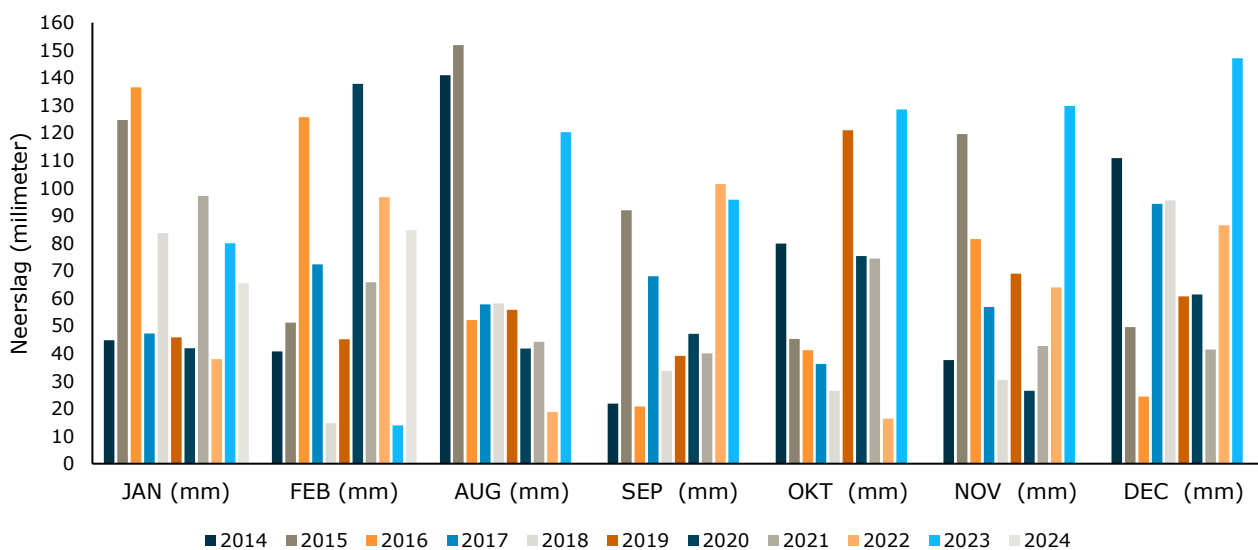
Tijdens de uitvoering van het onderzoek was de neerslag in de maanden (2023) augustus, september, oktober, november, december, (2024) januari en februari, respectievelijke 120.3, 95.8, 128.5, 129.8, 147.1, 65.5 en 84.7 millimeter. Tijdens diezelfde periode is mediaan etmaal maand temperatuur respectievelijke 18.4, 17.8, 13.8, 8.6, 7.4, 3.1 en 7.7 graden Celsius (°) geweest. In vergelijking met de neerslag in die periode sinds 2014 is deze geen enkele keer consequent zo hoog geweest (zie Fig. 2 en 3).

Mediaan etmaal temperatuur te Vredepeel van 2014 tot 2024 in de maanden januari, februari augustus, september, oktober, november en december



Figuur 2 Mediaan etmaal temperatuur te Vredepeel van 2014 tot 2024 in de maanden augustus tot februari, op basis van graden °Celsius.

Neerslag som te Vredepeel van 2014 tot 2024 in de maanden januari, februari augustus, september, oktober, november en december



Figuur 3 Neerslag som te Vredepeel van 2014 tot 2024 in de maanden augustus tot december, januari en februari, op basis van opgetelde millimeters (mm).

Bij de opkomst telling na het zaaien was er een heterogene opkomst en ontwikkeling in de bladrammenas. Dit gold voor de bladrammenas in de plots van de veldbonen proef alsook het daaromheen gelegen veld (voorheen stamslaboon). Een deeloorzaak van de heterogeniteit was vraatschade (zie Fig. 4) De vraatschade is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de *Athalia rosae*, ook wel bekend als de knollenbladwesp.



Figuur 4 (links) een bladrammenas plant met zichtbare vraatschade, (midden) vermoedelijk een larve van de *Athalia rosae*, (rechts) het geheel beeld van het plot in een later stadium.

Bij een later observatie moment in het perceel is opslag van veldbonen geïdentificeerd (zie Fig. 5). De opslag was in wisselende mate per veldje aanwezig, in de veldbonen proef. Opslag kan leiden tot problemen in het volgende jaar (door o.a. schimmels). Daarnaast zouden de nieuwe planten nitraat metingen kunnen beïnvloeden. Daarom werd besloten de nieuwe veldbonen in de veldjes te verwijderen.



Figuur 5 Japanse haver plot, met daarin de opslag van de veldbonen.



Figuur 6 *Bladrammenas veldje met her-groei, met daarnaast afgestorven Japanse haver.*

Tijdens latere observatie momenten zijn geen opvallende zaken vastgesteld. De grote hoeveelheid neerslag heeft tot weinig zichtbare impact geleid op de ontwikkeling van de vanggewassen. De overvloedige neerslag heeft wel geleid tot het besluit om geen vanggewas te zaaien op de plaats waar de sojabonen stonden.

Door het zachte weer aan het begin van de winter zijn de Japanse haver en bladrammenas laat afgestorven (zie Fig. 6). De hoge temperaturen in februari heeft tot nieuwe groei geleid in de bladrammenas. Bij de laatste minerale stikstof meting, was de Japanse haver volledig afgestorven en was een deel van de bladrammenas afgestorven en opnieuw uitgegroeid. Alle andere vanggewassen waren nog intact en waren nog niet ingewerkt.

In de braak objecten, alsook het perceel met soja voorvrucht ontsprong wat spontane opkomst. De bladrammenas in het omliggende perceel van de stamslaboon gedroeg zich hetzelfde als in de proefplots.

4 Resultaten

De resultaten van de verschillende onderdelen van de proef zijn weergegeven op basis van het onderscheid in de proefopzet.

4.1 Veldbonen rassen & vanggewassen proef

In de veldbonen rassenproef is direct na de oogst een eerste monsternamen gedaan. De resultaten hiervan staan hieronder weergegeven (zie Tabel 1). In de laag 0-30 cm bleek bij alle objecten een vergelijkbare Nmineraal (Nresidu) aanwezig van zo'n 30 kg N per ha. In de diepere lagen 30 tot 60 cm en 60-90 cm was bij ras (F) een hogere Nmineraal aanwezig van respectievelijk 26 en 32 kg N per ha. Bij de rassen A en B en het hele veld was dit voor de laag 30-60 en 60-90 cm gemiddeld 15 kg en 22 kg N per ha. Bij de veldboon van het gehele perceel werd een Nresidu gemeten van 49 kg in de laag 0-60 cm en 72 kg in de laag 0-90 cm. Door van Dijk e.a. 2002 (<https://edepot.wur.nl/120277>, zie pagina 15) werd een waarde weergegeven van 54 (88) in de laag 0-60 cm na de oogst. Dit komt overeen met de waarde die in dit onderzoek werd gemeten.

Tabel 1 Minerale stikstof in de bodem in 3 lagen kort na de oogst (24 aug) bij 3 veldbonen rassen en van het gehele veld.

Plant	0-30 cm diepte Kg N min/ha	30-60 cm diepte Kg N min/ha	60-90 cm diepte Kg N min/ha	0-90 cm diepte Kg N min/ha
Veldboon ras (A)	32	14	22	68
Veldboon ras (B)	31	14	22	67
Veldboon ras (F)	32	26	32	90
Veldboon (heel veld)*	32	17	23	72

4.1.1 Hoogtemeting

Op 11 november is de hoogte van alle vanggewassen gemeten. Japanse haver was gemiddeld 61 centimeter hoog. De gemiddelde lengte over alle drie de herhalingen van bladrammenas, rogge en Engels raaigras was respectievelijk 34, 20, en 15 centimeter. De variatie in lengte was het grootst bij Japanse haver (zie Fig. 7). Als afgeleide van deze hoogte meting is een inschatting te maken van de opgenomen stikstof door het

Gemiddelde plant hoogte in centimeter per vanggewas

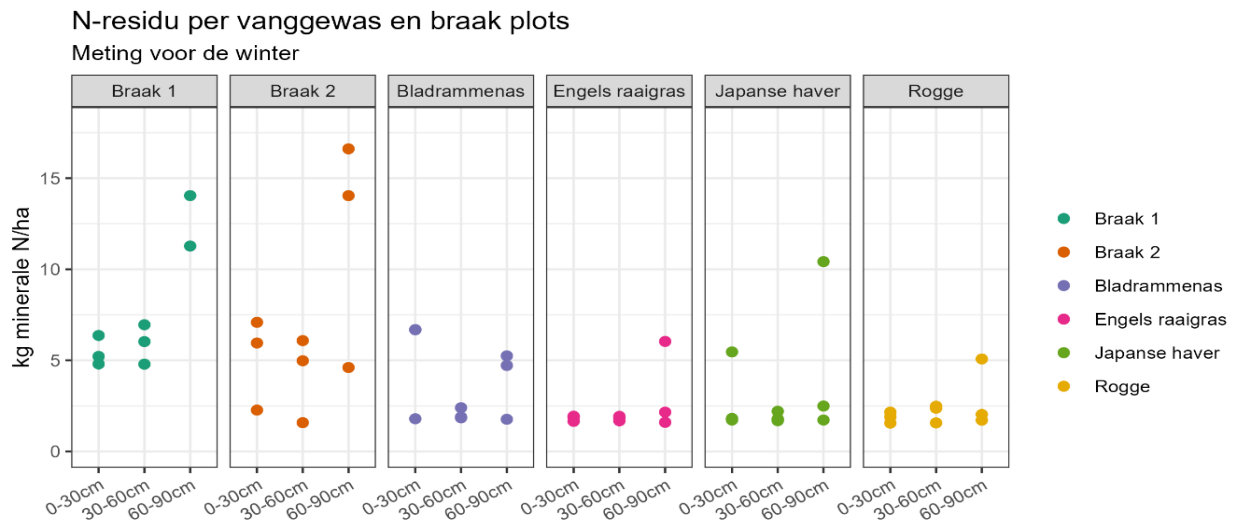


vanggewas/
groenbemester (zie [handboek bodem & bemesting](#)): Japanse haver van 60 cm bevat circa 60 kg N per ha; bladrammenas van 35 cm bevat 25 kg N per ha, rogge van 20 cm bevat 50 kg N per ha en E.raai van 15 cm circa 25 kg N per ha.

Figuur 7 Gemiddelde lengte voor de winter per vanggewas.

4.1.2 Meting voor de winter

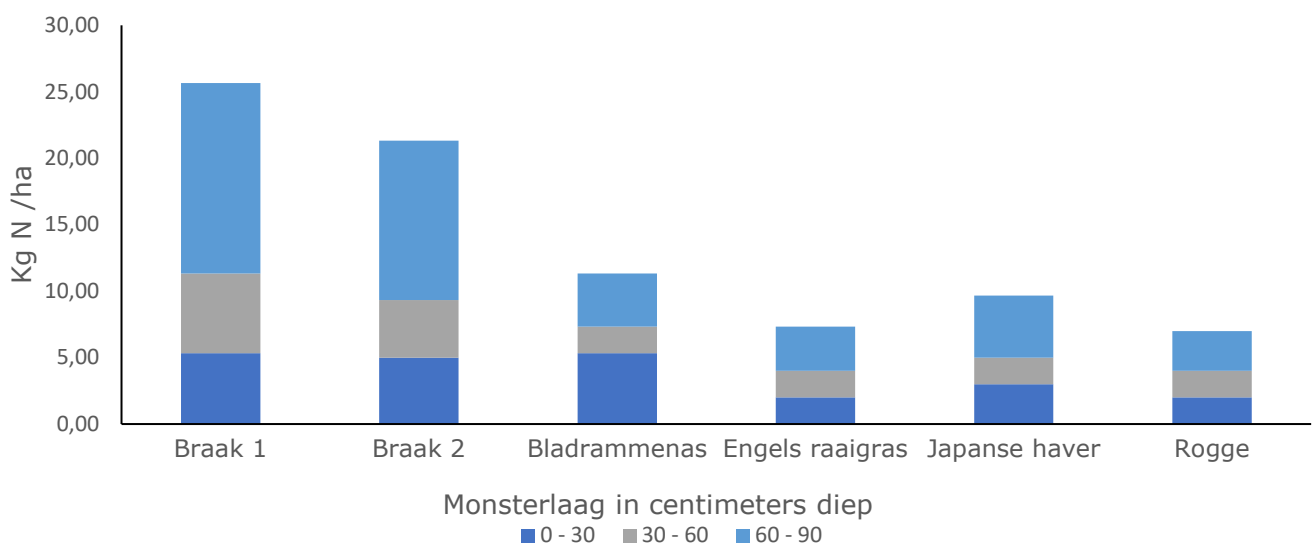
In november heeft de tweede meting plaatsgevonden. Hieronder staan de resultaten weergegeven voor N mineraal (N-residu) in kilogram per hectare, per object (vanggewassen en braak) (zie Fig. 8). Zie Bijlage 1 voor de data.



Figuur 8 N-residu meting voor de winter (november) per herhaling voor vanggewas en braak plots voor de drie verschillende lagen.

In Figuur 9 staat de gemiddelde waarde weergegeven van de verschillende vanggewassen, alsook de 2 braak objecten, in de laag 0-90 cm. Daarbij zijn de waarden per laag ook zichtbaar. In het figuur is af te lezen dat bij de meting in november de grootste hoeveelheid minerale stikstof te vinden is in de braak objecten. Daarnaast is zichtbaar dat dit verschil het grootste is in de laag 60-90 cm. De statistische analyse van de gegevens bevestigt dat dit verschil significant is op alle lagen. Daarnaast is er geen interactie effect tussen de laag bij de braakobjecten en de objecten met vanggewas. Hierdoor is duidelijk geworden dat bladrammenas, rogge, Japanse haver en Engels raaigras niet significant van elkaar verschillen. Het betekent ook dat braak 1 en braak 2 niet significant van elkaar verschillen. Alle vanggewassen hebben een significant verschil met braak 1, en alleen bladrammenas heeft dat niet met braak 2. Zie Bijlage 2 voor de uitgebreide statistische analyse.

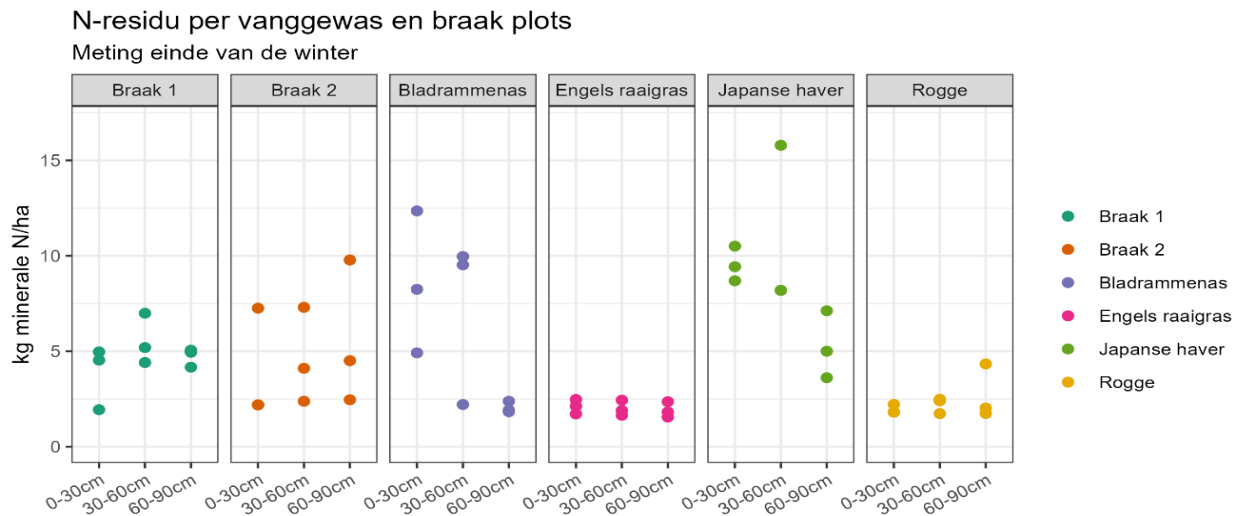
N min kg per hectare per vanggewas en braakveld in november



Figuur 9 N-residu meting voor de winter (november) per herhaling voor vanggewas en braak plots voor de drie verschillende lagen.

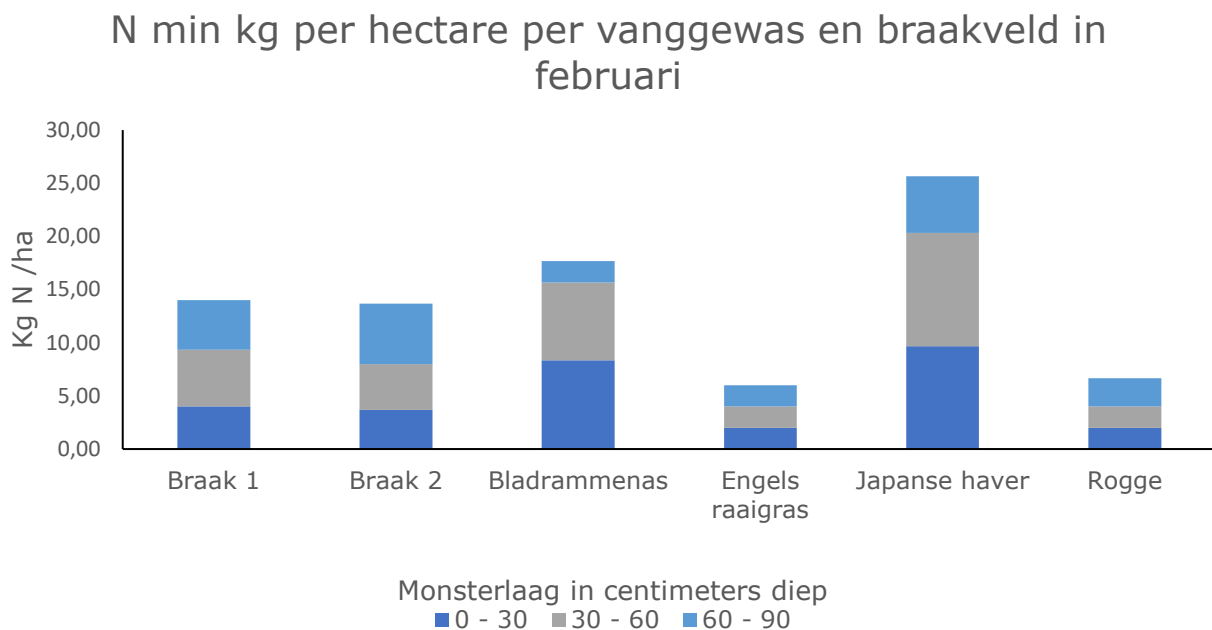
4.1.3 Meting eind winter

In februari heeft de derde meting plaatsgevonden. Hieronder staan de resultaten weergegeven voor N mineraal (N-residu) in kilogram per hectare per object (vanggewassen en braak) (zie Fig. 10). Zie bijlage 2 voor de ruwe data.



Figuur 10 N-residu meting eind winter per herhaling voor vanggewas en braak plots voor de drie verschillende lagen.

In Figuur 11 staat de gemiddelde waarde weergegeven van de verschillende vanggewassen, alsook de braak objecten, in de laag 0-90 cm. Daarbij zijn de waarden per laag ook zichtbaar. In het figuur is af te lezen dat bij de meting in februari de grootste hoeveelheid minerale stikstof te vinden is bij de objecten met bladrammenas en Japanse haver. Daarnaast is zichtbaar dat de verschillen in iedere laag en bij alle objecten variëren. De statistische analyse bevestigt deze variatie, waarbij gevonden wordt dat er een interactie effect is tussen object en laag. Dit betekent dat het afhankelijk van de laag én object er wel of geen significant verschil is. Zo wordt duidelijk dat in de laag 0-30 cm bij Japanse haver een significant verschil optreedt met alle objecten, behalve bladrammenas. Daarnaast is het verschil met braak 1 en braak 2 niet significant met de objecten, bladrammenas, Engels raaigras en rogge in de laag 0-30. In de laag 30-60 is het verschil tussen Japanse haver significant, t.o.v. braak 2, Engels raaigras en rogge. In de laag 60-90 zijn er geen significante verschillen tussen de objecten.



Figuur 11 N-residu meting eind winter per herhaling voor vanggewas en braak objecten voor de drie verschillende lagen – gemiddelde per herhaling.

4.2 Soja rassenproef

In Tabel 2 is weergegeven wat de minerale stikstof (N-residu) hoeveelheid in kg per hectare was van het soja perceel, direct na de oogst, voor de winter en eind winter. De totale waarde na de oogst (17 oktober) was in contrast met andere gewassen laag (24 kg N per ha). De oorzaak van de lage waarde is mogelijk te relateren aan het neerslagoverschot in de maanden augustus, september en oktober waar de stikstof mogelijk verloren is gegaan. In de periode van na oogst tot de 2^e meting voor de winter is deze verder afgenomen tot in totaal 18 kg N. Bij de 3^e meting na de winter was weer een lichte toename te zien van de Nmin. Deze bedroeg 31 kg N/ha. Na de oogst van de soja is geen vanggewas geteeld.

Tabel 2 Minerale stikstoftabel van 3 veldbonen rassen en het gehele veld

Plant	Meting	0-30 cm diepte	30-60 cm diepte	60-90 cm diepte	0-90 cm diepte
		Kg N min/ha	Kg N min/ha	Kg N min/ha	Kg N min/ha
Soja (heel veld)	Direct na oogst	14	5	5	24
Soja (heel veld)	Voor de winter	5	5	8	18
Soja (heel veld)	Eind winter	12	10	9	31

4.3 Stamslabonen veld

In Tabel 3 is weergegeven wat de minerale stikstof hoeveelheid (N-residu) in kg per hectare was van het stamslabonen perceel, direct na de oogst, voor de winter en eind winter. De totale waarde van de laag 0 – 90 cm na de oogst (54 kg N/ha) is hoger dan voor de winter en eind winter ((6 en 16 kg N/ha) zie Tabel 5). Na de oogst van de stamslabonen is bladrammenas geteeld als vanggewas. Door van Dijk e.a. 2002 (<https://edepot.wur.nl/120277>) werd een waarde weergegeven van 45 (92) in de laag 0-60 cm na de oogst. Dit is hoger dan de 33 kg in de laag 0-60 cm, die in het stamslabonen veld is gemeten. De lagere N waarde is mogelijk te relateren aan de hoge opbrengst van de boon bij een relatief lage bemesting. Het vanggewas heeft in de periode erna zowel de beschikbare stikstof, alsook de later gemineraliseerde stikstof kunnen opnemen. Daarnaast heeft het neerslag overschot ook implicaties gehad op de N waarde. In potentie zou een bladrammenas vanggewas van circa 40 cm hoog een N-inhoud moeten hebben van 60 kg N per ha.

Tabel 3 Minerale stikstoftabel van 3 veldbonen rassen en het gehele veld

Plant	Meting	0-30 cm diepte	30-60 cm diepte	60-90 cm diepte	0-90 cm diepte
		Kg N min/ha	Kg N min/ha	Kg N min/ha	Kg N min/ha
Stamslaboon (heel veld)	Direct na oogst	25	8	21	54
Stamslaboon (heel veld)	Voor de winter	2	2	2	6
Stamslaboon (heel veld)	Eind winter	10	4	2	16

5 Discussie

De discussie van het onderzoek is gericht op de resultaten van de vanggewassen proef. Ter aanvulling worden de resultaten van de sojabonen en stamslabonen kort besproken in relatie tot de veldbonen.

5.1 Discussie veldbonen proef

De resultaten van de veldbonen proef behoeven een aantal relevante nuances. Allereerst, het betreft 1-jarig onderzoek, waardoor de schaal van de impact van weersomstandigheden niet te kwantificeren is. Ten tweede, ondanks het kleine onderscheid tussen veldbonenrassen in het aandeel minerale stikstof kort na de oogst, kan niet met garantie worden uitgesloten dat er een ras effect is. Dit is o.a. te wijten aan het feit dat binnen het budget niet alle rassen bemonsterd konden worden. De laatste nuance, een aantal van de metingen resulteerde in lage kg minerale N/ha, dergelijke resultaten zijn foutgevoeliger. In achtneming van deze factoren, moeten de resultaten van het onderzoek beschouwd worden met een mate van voorzichtigheid. D.w.z. de resultaten zijn indicatief, maar niet concluderend.

Naast de implicatie van de nuances, zijn er in het teeltseizoen door de weersomstandigheden ook een aantal opvallende zaken voor gekomen die invloed hebben gehad op het eindresultaat:

- Heterogene stand van het vanggewas – in twee van de drie bladrammenas veldjes is de ontwikkeling gedeeltelijk achtergebleven. Hierdoor is het niet onwaarschijnlijk dat opgenomen hoeveelheid stikstof lager is in vergelijking met de potentie van een bladrammenas. In het algemeen reageert een bladrammenas sterker op slechte (natte) weersomstandigheden dan een gras, rogge of Japanse haver.
- Bovengemiddelde neerslag – de neerslag van zowel het najaar als de winter waren hoog. Als gevolg hiervan is het aannemelijk dat een groot deel van de opneembare stikstof is uitgespoeld. Het uitspoelen naar diepere bodemlagen, maakt de stikstof onbereikbaar voor de vanggewassen waarnaast het terecht kan komen in het grondwater. Daarnaast is het mogelijk dat een deel van de stikstof verloren is gegaan voor de oogst omdat in de maanden juli en augustus de neerslag ook boven gemiddeld was.
- Bovengemiddelde temperatuur januari en februari – door hogere temperaturen aan het eind van de winter, zijn een aantal van de vanggewassen opnieuw gaan ontwikkelen. Hierdoor is er nieuwe groei ontstaan, waarvoor (mogelijk) stikstof is opgenomen. De bovengemiddelde temperatuur lijkt ook geleid te hebben tot vroegtijdige mineralisatie. Deze mineralisatie kan zijn opgenomen in de nieuwe groei en behoed voor uitspoeling. Groenbemesters die voor of in de winter afgestorven zijn kunnen in een winter met hogere temperaturen al gaan verteren en mineraliseren. Dit leidt tot toename van de minerale stikstof in het voorjaar.

Uit de resultaten voor de winter is gebleken dat er onder Engels raaigras, Japanse haver en Rogge significant minder minerale stikstof zat dan de objecten zonder vanggewassen (braak). Voor het vanggewas bladrammenas was het verschil deels significant. D.w.z. het verschil was significant ten opzichte van een aantal van de braak objecten, maar niet allemaal. De variatie van stikstof in de verschillende bodemlagen, was het meest zichtbaar bij het vergelijken van de braak objecten met de vanggewassen. Een voorbeeld hiervan is de hoeveelheid stikstof in de laag 60-90, die bij alle vanggewassen (op een uitzondering na) ruim onder 10 kg N/ha was. Bij alle braak was de hoeveelheid altijd >10 kg N/ha (op een veldje na). Deze hogere resultaten in de laag 60-90 suggereren uitspoeling bij de braak objecten. De uitkomst bevestigt dat het telen van een vanggewas beter is voor het opvangen van stikstof. Dergelijke resultaten zijn ook gevonden in Nederland, Denemarken en Canada (De Notaris et al., 2018; Sapkota et al., 2012; van Geel et al., 2023b, 2024; Zhou et al., 2020). Door Vogeler et al (2019) is ook gekeken naar het integreren van vlinderbloemige in vanggewas mengsels, maar daaruit bleek het resultaat niet beter dan het gebruik van kruisbloemige (41% en 64-87%

reductie van uitspoeling respectievelijk). In de ander onderzoeken bleken worteldiepte van het vanggewas en zaaitijdstip relevant. Deze factoren worden door de onderzoekers beschouwd als management tools. D.w.z. de keuze voor een diep wortelend vanggewas en vroege zaai, zijn praktijken die stikstof uitspoeling kunnen helpen beperken. Aandacht voor grondbewerking, opheffen storende lagen en zaaimethode zijn in deze ook relevant.

In de bodemlagen 0-30 cm en 30-60 cm zijn niet alle gemeten waarden van de N_{min} even laag. Omdat dit specifiek de minder goed ontwikkelde bladrammenas objecten betreft, is het niet geheel onmogelijk dat de slechte ontwikkeling de oorzaak is. Een andere mogelijkheid, is dat ondanks slechtere bovengrondse ontwikkeling, dat ondergrondse ontwikkeling heeft geholpen met het vasthouden van de stikstof (voor een mechanistische beschrijving zie In 't Zandt et al., 2018).

Aan het eind van de winter (februari) bij de laatste monsternamen, valt op dat zowel bladrammenas als Japanse haver grotere hoeveelheden stikstof in de bodem hebben dan de andere vanggewassen alsook de braak objecten. De Japanse haver en bladrammenas zijn in de winterperiode afgestorven (m.u.v. enige hergroei eind winter). Door de hogere temperatuur in de maand februari zijn de afgestorven groenbemesters mogelijk gaan verteren en is er mineralisatie op gang gekomen. Hierdoor komt er al vroeg stikstof vrij in de bovenste bodemlagen. Vogeler et al (2022) en van Geel et al (2012) vonden in hun onderzoek dat er een onderscheid zit in de verteringsnelheid van verschillende vanggewassen, welke hoofdzakelijk samenhangt met de C/N verhouding van de plant. Hierin benadrukken Vogeler et al (2022) dat in het bijzonder grassen trager verteren, door een hogere celwand gebonden stikstof. Naast het feit dat de rogge en het gras niet zijn afgestorven in de winter, zijn ze vanwege de relatief warme temperatuur groen gebleven en doorgegroeid. Als gevolg hiervan heeft er geen vertering plaatsgevonden. Bij de objecten met gras en rogge zijn daardoor de N_{min} cijfers in het voorjaar opvallend laag.

5.2 Discussie resultaten veldbonen, stamslabonen en sojabonen

Kort na de oogst is zichtbaar dat er een verschil is tussen de vlinderbloemige in de hoeveelheid stikstof die wordt achtergelaten. In de laag 0-30 cm, is dat 32 kg N/ha voor veldbonen en 14 en 25 kg N/ha voor respectievelijk soja en stamslaboon. In de bodemlagen 30-60 cm en 60-90 cm zijn de cijfers niet overeenkomend. In alle gevallen zijn ze het hoogst bij de veldbonen. In de laag 0-60 cm waren deze respectievelijk voor veldbonen, soja en stamslaboon: 49, 19 en 33 kg N en in de laag 0-90 cm respectievelijk 72, 24 en 54 kg N per ha. Er is dus een verschil tussen de gewassen (gewaseigenschappen en bemestingsbehoefte) maar in deze vergelijking ook verschil in oogsttijdstip: deze waren respectievelijk 23 augustus, 17 oktober en 15 augustus. Het oogsttijdstip is in het bijzonder relevant, mede door de weersomstandigheden alsook de beperking in de mogelijkheid tot het zaaien van een vanggewas.

Bij de meting kort voor de winter (20 november), in normale jaren de periode waarin het risico op uitspoeling begint, werd bij de objecten braak na veldboon gemiddeld 24 kg N in de laag 0-90 cm gevonden; bij de objecten met vanggewas gemiddeld 9 kg N per ha; bij het sojaveld braak 18 kg N per ha in de laag 0-90 cm en na de stamslaboon met vanggewas 6 kg N per ha. De resultaten tonen dat braakstand na de oogst leiden tot hoogste N niveaus in de bodem. Het voorkomen of verminderen hiervan kan met het gebruik van een vanggewas (zoals te zien in de resultaten), mits deze tijdig kan worden gezaaid.

De niveaus van N-residu waren over het algemeen erg laag in 2024 mede door het grote neerslagoverschot. Na de winter (eind februari) was het niveau in de braakvelden na de veldboon verder afgenomen van 24 naar 14 kg N per ha. In de veldjes met vanggewas daarentegen gemiddeld toegenomen van 9 naar 14 kg N, met de hoogste toename tot 26 kg N per ha. Bij de vanggewassen die niet waren afgestorven werd geen toename geconstateerd. Bij de soja werd een toename vastgesteld, ondanks het gebrek aan een vanggewas, van 18 naar 31 kg N per ha. De oorzaak voor deze stijging is mogelijk te wijden aan blad en stengelresten, die door de late oogst, later in de winter pas gemineraliseerd zijn. Op het perceel van de stamslabonen, waar bladrammenas groeide als vanggewas, werd ook een toename geconstateerd van 6 naar 16 kg N per ha in de laag 0-90. In het stamslabonen perceel was dezelfde sterfte en her-groei zichtbaar als bij de veldbonen veldjes.

6 Conclusie

Ondanks de nuance dat de resultaten enkel indicatief zijn, wordt het volgende geconstateerd:

- Er lijkt wel verschil te zitten tussen de veldbonen rassen in de hoeveelheid stikstof die wordt achter gelaten. Door de opzet van het onderzoek en het aantal metingen, kan niet worden geconcludeerd of het verschil veroorzaakt wordt door de rassen, bemesting of efficiëntie in opname en omzetting.
- Er lijkt wel onderscheid te zijn in de hoeveelheid stikstof die wordt achter gelaten door veldbonen, soja en stamslabonen. Dit is nog niet statistisch aangetoond.
- Er is onderscheid in het gebruik van vanggewassen t.o.v. braaklegging in de hoeveelheid achtergebleven stikstof in bodemlagen 0-30, 30-60, 60-90 op zandgrond voor de winter (november). Dit verschil is significant.
- Er is een onderscheid in het gebruik van vanggewassen t.o.v. braaklegging in de hoeveelheid achtergebleven stikstof in bodemlagen 0-30, 30-60, 60-90 op zandgrond eind van de winter (februari). Waarbij bepaalde vanggewassen tijdig stikstof loslaten, die mogelijk in de tijd voor het zaaien van het hoofdgewas kunnen uitspoelen.

Daarnaast kan geconcludeerd worden dat verder onderzoek naar het onderscheid van verschillende soorten vlinderbloemige (eiwit)gewassen in het achterlaten van stikstof van belang is. Als laatste kan geconcludeerd worden, dat het uitbreiden van onderzoek naar de rol van vanggewassen in het 'overwinteren' van stikstof essentieel is. Hierin met name ook het perspectief op worteldieptes van vanggewassen en het verschil in retentie hierdoor.

Literatuur

- Brill, W. J. (1977). *Biological Nitrogen Fixation*. 236(3), 68–81. <https://doi.org/10.2307/24953938>
- CBS. (2022, September 30). *Teelt eiwitrijke gewassen iets toegenomen*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/39/teelt-eiwitrijke-gewassen-iets-toegenomen>
- CBS. (2023, November 30). *Landbouw; gewassen, dieren en grondbestemming naar regio*. StatLine. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/80780ned/table>
- Dagevos, H., Verhoog, D., Van Horne, P., & Hoste, R. (2022). *Vleesconsumptie per hoofd van de bevolking in Nederland, 2005-2022*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18174/577742>
- de Boer, H. C., Hoving, I. E., & Remmelink, G. J. (2004). *Reductie van nitraatuitspoeling uit grasland op droge zandgrond*. <http://www.asg.wur.nl/po>
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. (2018). Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 255, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.009>
- European Commission. (2018). *European Commission report on: the development of plant proteins in the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0757>
- Ferreira, H., Pinto, E., & Vasconcelos, M. W. (2021). Legumes as a Cornerstone of the Transition Toward More Sustainable Agri-Food Systems and Diets in Europe. In *Frontiers in Sustainable Food Systems* (Vol. 5). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.694121>
- Gaines, T. P., & Gaines, S. T. (1994). Soil texture effect on nitrate leaching in soil percolates. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25(13–14), 2561–2570. <https://doi.org/10.1080/00103629409369207>
- Huang, J., & Hartemink, A. E. (2020). Soil and environmental issues in sandy soils. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 208). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103295>
- in 't Zandt, D., Fritz, C., & Wichern, F. (2018). In the land of plenty: catch crops trigger nitrogen uptake by soil microorganisms. *Plant and Soil*, 423(1–2), 549–562. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3540-2>
- LNV. (2020). *Nationale Eiwitstrategie*. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/12/22/nationale-eiwitstrategie>
- Lupwayi, N. Z., Clayton, G. W., O'donovan, J. T., Harker, K. N., Turkington, T. K., & Soon, Y. K. (2006). Nitrogen release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science*, 86(1), 11–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.4141/S05-015>
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Parker, J., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2000). Brock, biology of microorganisms. In *Brock, biology of microorganisms* (Sixteenth). Pearson Education Limited. <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/1961830>
- Masson-Boivin, C., & Sachs, J. L. (2018). Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia — the roots of a success story. In *Current Opinion in Plant Biology* (Vol. 44, pp. 7–15). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.12.001>
- Ministerie van Landbouw- Natuur- en voedselkwaliteit. (2022, November 1). *Uitvoeringsregeling GLB 2023*. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0047444/2024-01-01#:~:text=een%20stikstofbindend%20gewas,dan%2050%25%20is.>
- Mylona, P., Pawlowski, K., & Bisseling, T. (1995). Symbiotic Nitrogen Fixation. In *The Plant Cell* (Vol. 7). American Society of Plant Physiologists. <https://academic.oup.com/plcell/article/7/7/869/5985021>
- Oldroyd, G. E. D., & Downie, J. A. (2008). Coordinating nodule morphogenesis with rhizobial infection in legumes. In *Annual Review of Plant Biology* (Vol. 59, pp. 519–546). <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092839>
- Osman, K. T. (2018). Management of soil problems. In *Management of Soil Problems*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75527-4>
- Padilla, F. M., Gallardo, M., & Manzano-Agugliaro, F. (2018). Global trends in nitrate leaching research in the 1960–2017 period. *Science of the Total Environment*, 643, 400–413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.215>
- Postgate, J. R. (1982). *Biology Nitrogen Fixation: Fundamentals* (Vol. 296, Issue 1082). <https://about.jstor.org/terms>

-
- Robertson, G. P., & Vitousek, P. M. (2009). Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 97–125.
<https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.032108.105046>
- Román, A. A. (2023). *BRIEFING - EU protein strategy*.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/751426/EPRS_BRI\(2023\)751426_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2023/751426/EPRS_BRI(2023)751426_EN.pdf)
- Sapkota, T. B., Askegaard, M., Lægdsmand, M., & Olesen, J. E. (2012). Effects of catch crop type and root depth on nitrogen leaching and yield of spring barley. *Field Crops Research*, 125, 129–138.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.09.009>
- Tripolskaja, L., Kazlauskaitė-Jadzevicius, A., & Razukas, A. (2023). Organic Carbon, Nitrogen Accumulation and Nitrogen Leaching as Affected by Legume Crop Residues on Sandy Loam in the Eastern Baltic Region. *Plants*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/plants12132478>
- Van Dijk, W., Van Enckevort, P. L. A., & Van Der Schoot, J. R. (2002). *N-management op bedrijfsniveau*. www.ppo.dlo.nl
- van Geel, W., Rietra, R., Verstegen, H., Duan, K., Groenendijk, P., & Verhoeven, J. (2023a). *Effect N-vanggewassen na aardappel op zandgrond op de nitraatuitspoeling : Verslag van driejarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel*. <https://doi.org/10.18174/631358>
- van Geel, W., Rietra, R., Verstegen, H., Duan, K., Groenendijk, P., & Verhoeven, J. (2023b). *Effect N-vanggewassen na aardappel op zandgrond op de nitraatuitspoeling : Verslag van driejarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel*. <https://doi.org/10.18174/631358>
- van Geel, W., Rietra, R., Verstegen, H., & Verhoeven, J. (2024). *Effect N-vanggewassen na snijmaïs op zandgrond op de nitraatuitspoeling : Verslag van vierjarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel*. <https://doi.org/10.18174/658845>
- Van Geel, W., Verstegen, H., & Verhoeven, J. (2012). *Inwerkijdstip winterharde vanggewassen voor maïs op zandgrond*. www.ppo.wur.nl
- Velthof, G. L., & Fraters, B. (2007). *Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgrond*.
<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/42684>
- Vogeler, I., Böldt, M., & Taube, F. (2022). Mineralisation of catch crop residues and N transfer to the subsequent crop. *Science of the Total Environment*, 810.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152142>
- Vogeler, I., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., & Østergaard, H. S. (2019). Legumes in catch crop mixtures: Effects on nitrogen retention and availability, and leaching losses. *Journal of Environmental Management*, 239, 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.077>
- Westhoek, A., Clark, L. J., Culbert, M., Dalchau, N., Griffiths, M., Jorin, B., Karunakaran, R., Ledermann, R., Tkacz, A., Webb, I., James, E. K., Poole, P. S., & Turnbull, L. A. (2021). Conditional sanctioning in a legume–Rhizobium mutualism. *Plant Biology*, 118(19), 1–8.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2025760118/-/DCSupplemental>
- Zhou, Y., Roosendaal, L., & Van Eerd, L. L. (2020). Increased nitrogen retention by cover crops: Implications of planting date on soil and plant nitrogen dynamics. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 35(6), 720–729. <https://doi.org/10.1017/S1742170519000383>
- Zotarelli, L., Scholberg, J. M., Dukes, M. D., & Muñoz-Carpena, R. (2007). Monitoring of Nitrate Leaching in Sandy Soils. *Journal of Environmental Quality*, 36(4), 953–962. <https://doi.org/10.2134/jeq2006.0292>

Bijlage 1 Data meting voor de winter

		Dieptie (cm)			
Plotnummer /beschrijving	Plant	0 - 30	30 - 60	60 - 90	
1	Rogge	2	2	2	Kg N min/ha
2	Bladrammenas	7	2	5	Kg N min/ha
3	Braak 2	7	6	17	Kg N min/ha
4	Engels raaigras	2	2	6	Kg N min/ha
5	Braak 1	6	6	11	Kg N min/ha
6	Japanse haver	2	2	2	Kg N min/ha
7	Bladrammenas	7	2	5	Kg N min/ha
8	Braak 2	6	5	14	Kg N min/ha
9	Rogge	2	2	5	Kg N min/ha
10	Braak1	5	7	14	Kg N min/ha
11	Japanse haver	2	2	10	Kg N min/ha
12	Engels raaigras	2	2	2	Kg N min/ha
13	Japanse haver	5	2	2	Kg N min/ha
14	Braak 1	5	5	18	Kg N min/ha
15	Rogge	2	2	2	Kg N min/ha
16	Engels raaigras	2	2	2	Kg N min/ha
17	Bladrammenas	2	2	2	Kg N min/ha
18	Braak 2	2	2	5	Kg N min/ha
heel veld	Soja	5	5	8	Kg N min/ha
heel veld	Stamslaboon	2	2	2	Kg N min/ha

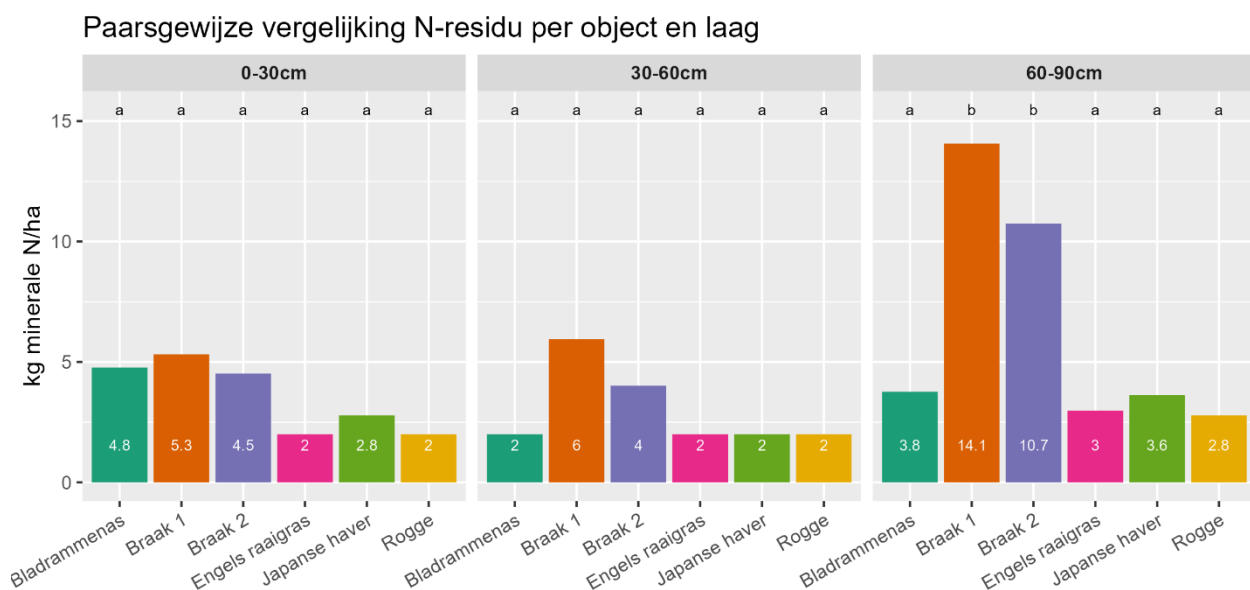
Figuur 12 Ruwe data minerale stikstof kg/ha, per plot voor de winter

Bijlage 2 Data analyse meting voor de winter

Op basis van de data-analyse is er vastgesteld dat er geen interactie-effect gevonden is tussen het object en de laag (zie Tabel 4). Dat wil zeggen; het effect van de objecten (vanggewassen of braak) op minerale stikstof is niet afhankelijk van de diepte van het monster (in de bodem). Daarom is gekeken naar de resultaten op de hoofdeffecten, deze zijn uitgesplitst in object (vanggewas of braak) en laag (bemonsterde laag in centimeters diep) (zie Fig. 8). De N-residu op de y-as refereert naar kilogram minerale stikstof (N-residu) per hectare. In het figuur staan letters weergegeven (a, b, c) om de significantie te duiden. Als objecten dezelfde letter(s) hebben is het verschil niet-significant. Hetzelfde geldt voor de letters per laag. Voor de objecten (vanggewassen) betekent dit dat bladrammenas, rogge, Japanse haver en Engels raaigras niet significant van elkaar verschillen. Het betekent ook dat braak 1 en braak 2 niet significant van elkaar verschilt. Alle vanggewassen hebben een significant verschil met braak 1, en alleen bladrammenas heeft dat niet met braak 2.

Tabel 4 ANOVA tabel meting voor de winter

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Object	63.67	5	<0.001 ***
Laag	20.32	2	<0.001 ***
Object:laag	12.19	10	0.273



Figuur 13 Resultaten paarsgewijze vergelijking voor hoofdeffecten object en laag voor meting voor de winter (november). In het REML-Model wordt gebruik gemaakt van gecorrigeerde gemiddelde. Deze correctie wordt gemaakt om rekening te houden met covariaten en andere factoren, waardoor een betere vergelijking of onderscheid kan worden vastgesteld. Als gevolg hiervan komen deze getallen niet overeen met de gemiddeldes van de ruwe data.

Bijlage 3 Data meting eind winter

		Dieptie (cm)			
Plotnummer /beschrijving	Plant	0 - 30	30 - 60	60 - 90	
1	Rogge	2	2	2	Kg N min/ha
2	Bladrammenas	5	2	2	Kg N min/ha
3	Braak 2	2	4	2	Kg N min/ha
4	Engels raaigras	2	2	2	Kg N min/ha
5	Braak 1	2	7	4	Kg N min/ha
6	Japanse haver	9	8	4	Kg N min/ha
7	Bladrammenas	8	10	2	Kg N min/ha
8	Braak 2	7	7	5	Kg N min/ha
9	Rogge	2	2	2	Kg N min/ha
10	Braak1	5	5	5	Kg N min/ha
11	Japanse haver	9	8	5	Kg N min/ha
12	Engels raaigras	2	2	2	Kg N min/ha
13	Japanse haver	11	16	7	Kg N min/ha
14	Braak 1	5	4	5	Kg N min/ha
15	Rogge	2	2	4	Kg N min/ha
16	Engels raaigras	2	2	2	Kg N min/ha
17	Bladrammenas	12	10	2	Kg N min/ha
18	Braak 2	2	2	10	Kg N min/ha
heel veld	Soja	12	10	9	Kg N min/ha
heel veld	Stamslaboon	10	4	2	Kg N min/ha

Figuur 14 Ruwe data minerale stikstof kg/ha, per plot eind van de winter

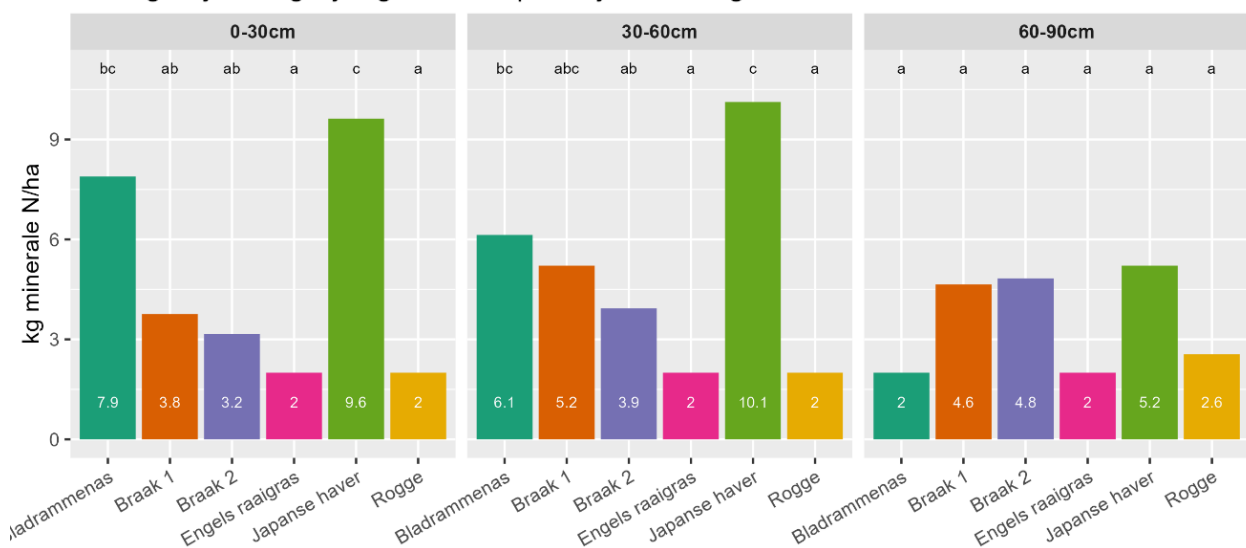
Bijlage 4 Data meting eind winter

Er is in deze meting een interactie-effect gevonden tussen het object en de laag, zie tabel 5. Dat wil zeggen, de invloed van het vanggewas (of braakstand) op de hoeveelheid minerale stikstof per hectare varieert afhankelijk van de bodemdiepte. Zie daarom in figuur 10 de resultaten voor de interactie tussen laag en object. De N-residu op de y-as refereert naar kilogram minerale stikstof per hectare. In het figuur staan letters aangegeven (a, b, c), wanneer objecten hetzelfde letter hebben is het verschil niet-significant. Doordat er een interactie effect is, geldt dit verschil alleen per laag. In de laag 0-30 is zichtbaar dat Japanse haver een significant verschil heeft met alle objecten, behalve bladrammenas. Daarnaast is het verschil met braak 1 en braak 2 niet significant met de objecten, bladrammenas, Engels raaigras en rogge in de laag 0-30. In de laag 30-60 is het verschil tussen Japanse haver significant, t.o.v. braak 2, Engels raaigras en rogge. In de laag 60-90 zijn er geen significante verschillen tussen de objecten.

Tabel 5 ANOVA tabel meting einde van de winter

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Object	72.46	5	<0.001 ***
Laag	3.86	2	0.145
Object:laag	24.33	10	0.006**

Paarsgewijze vergelijking N-residu per object en laag



Figuur 15 Resultaten paarsgewijze vergelijking voor hoofdeffecten object en laag voor meting einde van de winter. In het REML-Model wordt gebruik gemaakt van gecorrigeerde gemiddelde. Deze correctie wordt gemaakt om rekening te houden met covariaten en andere factoren, waardoor een betere vergelijking of onderscheid kan worden vastgesteld. Als gevolg hiervan komen deze getallen niet overeen met de gemiddeldes van de ruwe data.

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

info.openteelten@wur.nl

Rapport WPR-OT-1110

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