



Effect N-vanggewassen na snijmaïs op zandgrond op de nitraatuitspoeling

Verslag van vierjarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel

Auteurs | Willem van Geel¹, René Rietra², Harry Verstegen¹, John Verhoeven¹

¹ Wageningen University & Research, BU Open Teelten

² Wageningen University & Research, Wageningen Environmental Research

WPR-OT-1059



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effect N-vanggewassen na snijmaïs op zandgrond op de nitraatuitspoeling

Verslag van vierjarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel

Willem van Geel¹, René Rietra², Harry Verstegen¹, John Verhoeven¹

1 Wageningen University & Research, BU Open Teelten

2 Wageningen University & Research, Wageningen Environmental Research

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van LNV uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten in het kader van beleidsondersteunend onderzoeksthema Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (projectnummer BO-43-012.02-029).

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

Lelystad, maart 2024

Rapport WPR-OT 1059

Van Geel, W.C.A., R.P.J.J. Rietra, H.A.G. Verstegen & J.T.W. Verhoeven, 2024. *Stikstofvanggewassen na snijmaïs op zandgrond. Verslag van vierjarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT 1059

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/658845>

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van LNV.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

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

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

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

Rapport WPR-OT 1059

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	11
2 Materiaal en methoden	15
2.1 Proefopzet	15
2.2 Proefuitvoering	16
2.3 Verwerking van de resultaten	18
3 Resultaten	21
3.1 Resultaten hoofdgewas snijmaïs	21
3.1.1 Gewasontwikkeling snijmaïs	21
3.1.2 Opbrengst, stikstofafvoer en fosfaatafvoer	24
3.1.3 Nmin-mineraal in de bodem na oogst	27
3.2 Resultaten vanggewassen	29
3.2.1 Ontwikkeling van de vanggewassen	29
3.2.2 Droge-stofproductie, stikstofopname vanggewassen en N-overschot	31
3.2.3 Stikstofoverschot inclusief N-opname vanggewassen	38
3.2.4 Nmin in de bodem aan het einde van de winter	40
3.2.5 N-bodembalans winterperiode	42
3.2.6 Nitraatconcentraties ondiepe grondwater	44
3.2.7 Stikstofflux	54
3.2.8 Concentraties van andere stoffen in het grondwater	57
4 Discussie	59
4.1 Resultaten snijmaïsteelt	59
4.2 Resultaten vanggewassen	60
4.3 Nitraat grondwater	62
5 Conclusies en aanbevelingen	69
5.1 Conclusies	69
5.2 Aanbevelingen	69
Dankwoord	71
Literatuur	73
Bijlage 1 Ligging van de proefpercelen en bodemvruchtbaarheidsgegevens	77
Bijlage 2 Proefveldschema's	93
Bijlage 3 Teeltregistratie, N-aanvoer en grondwaterstanden	98
Bijlage 4 Weersgegevens	101
Bijlage 5 Verhouding boven-/ondergronds	105
Bijlage 6 Nmin na oogst van de maïs	108

Bijlage 7	Ontwikkeling vanggewassen	110
Bijlage 8	Nmin na de winter	119
Bijlage 9	Opgeloste organische koolstof	124

Samenvatting

Inleiding

Nederland moet voldoen aan de EU-Nitraatrichtlijn voor de nitraatconcentratie in het grondwater en aan de Kaderrichtlijn Water voor het stikstof- en fosforgehalte in het oppervlaktewater. Een van de maatregelen in het Zesde en Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn ter vermindering van de nitraatuitspoeling is de teelt van stikstofvanggewassen op zand- en lössgrond. Een vraag hierbij is hoe groot het effect van vanggewassen is op de reductie van de nitraatuitspoeling, afhankelijk van het zaaimoment en het type vanggewas. Dit is meerdere jaren onderzocht in veldproeven met vanggewassen na snijmaïs en consumptieaardappel op zuidelijke zandgrond te Vredepeel. Dit rapport gaat over vierjarig onderzoek met vanggewassen na snijmaïs in de periode 2018-2022. Van het onderzoek met vanggewassen na consumptieaardappel is in 2023 een rapport uitgebracht¹.

Een stikstofvanggewas moet aan meerdere eisen voldoen. Het moet winterhard zijn, zich nog relatief goed ontwikkelen bij laat in het jaar zaaien en het moet in het bouwplan passen met betrekking tot de aaltjessituatie op het perceel. Winterrogge ontwikkelt zich relatief goed bij laat zaaien, maar is een waardplant voor diverse probleemaaltjes, die zich op winterrogge kunnen vermeerderen. Japanse haver en gerst als vanggewas passen om die reden vaak beter in een akkerbouwplan op zandgrond, maar Japanse haver is wel vorstgevoeliger dan winterrogge en wintergerst. Een vraag is in hoeverre er verschillen zijn tussen de verschillende vanggewassen qua reductie van nitraatuitspoeling, mede in relatie tot het zaaimoment. Een ander vraag is in hoeverre de hoeveelheid zaaizaad die wordt gebruikt (de zaaidichtheid) invloed heeft op de gewasontwikkeling en stikstofvastlegging door het vanggewas en de nitraatuitspoeling.

Behalve na oogst kan bij snijmaïs ook al eerder in het groeiseizoen een vanggewas worden gezaaid via onderzaai. Hiervoor worden Engels en Italiaans raaigras of rietzwenkgras gebruikt. Een ondergezaaid vanggewas heeft na de oogst van de maïs een groeivoorsprong ten opzichte van een gewas dat dan nog moet worden gezaaid. Hoe goed het gewas zich onder de maïs ontwikkelt, hangt mede af van hoeveel licht die het maïsgras doorlaat ofwel van de dichtheid van het maïsgras. De mate waarin het vanggewas zich na de maïsoogst nog kan ontwikkelen en stikstof kan vastleggen, hangt mede af van het oogstmoment van de maïs.

Materiaal en methoden

In het veldonderzoek naar de ontwikkeling en stikstofvastlegging van de vanggewassen en de verlaging van nitraatconcentratie in het bovenste grondwater is gekeken naar het effect van:

- oogstmoment en standdichtheid van de maïs op de effectiviteit van twee verschillende ondergezaaide vanggewassen: Italiaans raaigras en rietzwenkgras;
- zaaitijdstip en zaaidichtheid van drie verschillende na oogst gezaaide vanggewassen: winterrogge, Japanse haver en wintergerst.

In de proeven zijn enkele in vroegrijpheid verschillende maïsrassen opgenomen. De oogstmomenten van de maïs dan wel zaaimomenten van de vanggewassen na oogst waren 1^e helft september en eind september. Verder zijn verschillende standdichtheden gecreëerd, door uit te gaan van 9,5 maïsplanten per m² (de normale, gewenste plantdichtheid) en 7,5 maïsplanten per m², wat een opener gewas geeft ten gunste van de ondergezaaide vanggewassen. Bij de na oogst gezaaide gewassen zijn twee zaaidichtheden opgenomen: een ruime hoeveelheid zaaizaad en de helft hiervan. De ruime hoeveelheid was erop gericht om een snellere grondbedekking te verkrijgen en meer biomassa. De snijmaïs is bemest volgens gangbare praktijk: een basisgift met rundveedrijfmest vóór zaaien en een aanvulling met kalkammonsalpeter (KAS), toegediend als rijenbemesting tegelijk met het zaaien. De hoogte van de totale stikstofgift kwam overeen met de stikstofgebruiksnorm voor snijmaïs op zuidelijke zandgrond.

¹ Van Geel, W.C.A., R.P.J.J. Rietra, H.A.G. Verstegen, K. Duan, P. Groenendijk & J.T.W. Verhoeven (2023). Stikstofvanggewassen na consumptieaardappel op zandgrond. Verslag van driejarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel. Wageningen Research, Rapport WPR-1018 <https://edepot.wur.nl/631358>

Van de maïs is de droge-stofopbrengst bepaald en de stikstof- en fosfaatinhoud van het oogstproduct (ofwel de stikstof- en fosfaatafvoer van het veld). Aan het einde van de winter is de bovengrondse biomassa van de verschillende vanggewassen bepaald en de stikstofinhoud ervan. Enkel van Japanse haver is de opbrengst na de groeiseizoenen van 2018, 2020 en 2021 eerder in de winter bepaald, omdat het gewas toen door de vorst ging afsterven. In een aantal veldjes per proef is elk jaar ook de N-inhoud van de stoppel- en wortelmassa van de vanggewassen bepaald in de bouwvoor (0-30 cm) en is per gewas een relatie afgeleid tussen de N-inhoud van de boven- en ondergrondse delen. Met die relaties is per veldje de totale N-opname van de vanggewassen berekend. In de winterperiode is bij alle proefobjecten vier maal de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater gemeten.

Resultaten

Snijmaïsofbrengst, plantdichtheid en onderzaai vanggewas

Bij de lagere plantdichtheid was de droge-stofopbrengst van de snijmaïs gemiddeld over de vier jaar bijna 4% lager dan bij de hogere plantdichtheid. Maar het N- en P-gehalte in de droge stof waren iets hoger, waardoor de stikstof- en fosfaatafvoer met het geoogst product meestal niet lager was. De afvoer bedroeg gemiddeld over de vier jaar 223 kg stikstof per ha en 88 kg fosfaat per ha (bij de objecten zonder onderzaai van een vanggewas). De gerealiseerde plantdichtheden varieerden enigszins per jaar en maïsras en bedroegen gemiddeld 9,1 en 7,6 planten per m². De onderteelt van rietzwenkgras mislukte in 2018. In de overige jaren slaagde de teelt wel goed, maar verlaagde de droge-stofopbrengst van de maïs met ca. 5% en de N-afvoer met 17 kg/ha. De onderteelt van Italiaans raaigras had geen nadelig effect op de gewasontwikkeling, opbrengst en N-afvoer van de maïs.

Het bleek niet goed mogelijk om de maïs (bij een vroeg ras) rond 1 september te oogsten in een voldoende oogststrijpstadium. In 2020 en 2021 is dat toch gedaan, terwijl het gewas nog niet voldoende was afgerijpt. Dat gaf een gemiddeld 15% lagere droge-stofopbrengst dan bij de rassen die in de tweede helft van september werden geoogst. Ook was het droge-stofgehalte van de maïs te laag, waardoor meer inkuilverliezen optreden en ook de voederwaarde lager is. In 2018 en 2019, toen het vroege ras in de 2^e week van september is geoogst, trad dit verschil niet op.

Groei en stikstofopname vanggewassen

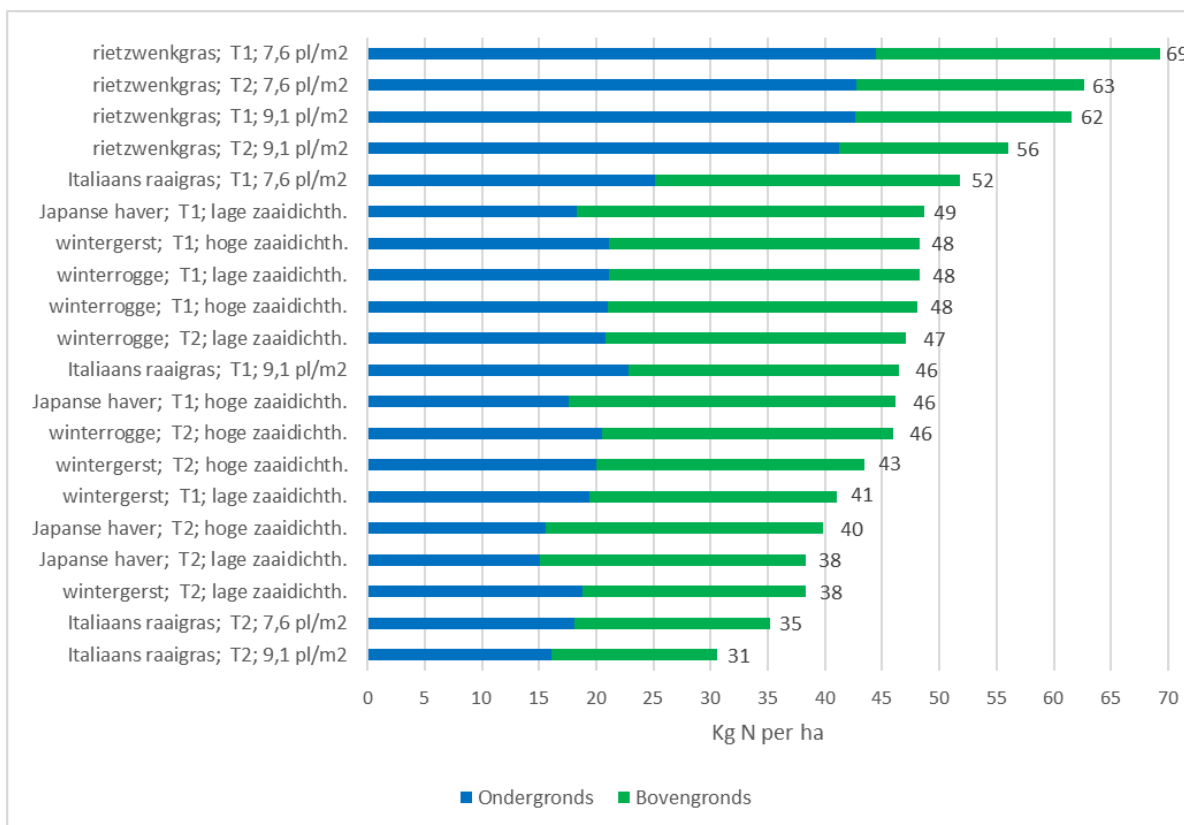
De groeiomstandigheden in de nazomer en herfst (temperatuur, zonneschijn en vocht) hadden belangrijke invloed op de groei en N-opname van de vanggewassen. De vanggewassen groeiden het beste in 2018 en 2020 (met uitzondering van de mislukte rietzwenkgrasteelt in 2018) en het slechtste in 2021. De totale N-opname varieerde, gemiddeld over alle vanggewasobjecten, van ca. 40 kg per ha in 2018 en 2021 tot ca. 60 kg per ha in 2020.

De verschillen tussen de vanggewasobjecten varieerden per jaar. Om het effect van de vanggewassen goed te kunnen beoordelen, moeten de resultaten over meerdere jaren samen worden beschouwd. In figuur S.1 is de totale stikstofopname door de vanggewassen weergegeven in boven- en ondergrondse delen bij de verschillende proefobjecten, gemiddelde over de vier jaar van onderzoek (en voor rietzwenkgras over drie jaar).

Het rietzwenkgras groeide doorgaans beter dan het Italiaans raaigras en nam meer stikstof op (met uitzondering van de mislukte teelt in 2018). Gemiddeld nam het 15 kg/ha meer stikstof op dan het Italiaans raaigras na de vroege maïssoogst en 25 kg/ha na de latere maïssoogst. Ook nam rietzwenkgras gemiddeld 16 kg per ha meer stikstof op dan de na oogst gezaaide vanggewassen. Italiaans raaigras nam na de vroege maïssoogst een vergelijkbare hoeveelheid stikstof op als de vroege gezaaide vanggewassen na oogst: 45-50 kg/ha. Na de latere maïssoogst nam het echter gemiddeld 42 kg/ha minder stikstof op dan de later gezaaide vanggewassen na oogst, met name minder dan winterrogge.

Na de vroege maïssoogst was de groei van de ondergezaaide gewassen veelal beter en de N-opname hoger dan na de latere maïssoogst. Bij Italiaans raaigras was dit effect sterker dan bij rietzwenkgras. Het verschil in N-opname bedroeg 16 kg per ha bij Italiaans raaigras en 6 kg N per ha bij rietzwenkgras.

Bij de lagere plantdichtheid van de maïs ontwikkelden de ondergezaaide vanggewassen zich tijdens de maïsteelt en daarna over het algemeen beter dan bij de hogere plantdichtheid en namen gemiddeld 6 kg/ha meer stikstof op.



Figuur S.1. Gemiddelde N-opname door de vanggewassen, voor rietzwenkgras en Italiaans raaigras bij de twee oogstmomenten en de twee plantdichtheden van de maïs en voor de wintergerst, Japanse haver en wintergerst bij de twee zaaimomenten en de twee zaaidichtheden (T1 = maïsoogst dan wel zaaimoment 1^e helft september, T2 = oogst dan wel zaaimoment eind september). De getallen achter de staven in de figuur geven de totale N-opname in de boven- en ondergrondse delen weer.

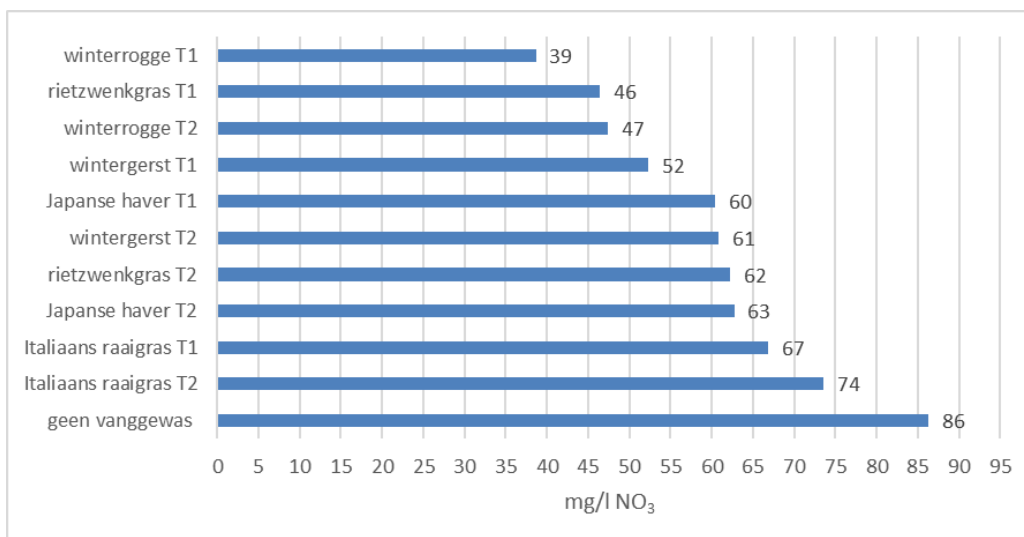
De vanggewassen die na oogst werden gezaaid, hadden aanvankelijk bij de vroege zaai een groeivoorsprong in het eerste deel van de herfst ten opzichte van die bij de latere zaai, maar later in de herfst en in de winter nivelleerden de verschillen of verdwenen. Naast zaaimoment bleek een voldoende vochtige grond na zaaien een belangrijke voorwaarde te zijn voor een goede start en ontwikkeling van de vanggewassen. In 2018 en 2019 was het in september zo droog dat hierdoor de begingroei van de vanggewassen die in de 1^e helft van september waren gezaaid, vertraagde. De eind september gezaaide vanggewassen ontwikkelden zich vlotter, doordat de grond daarna vochtiger was en liepen de groeiachterstand in het najaar in en hadden niet of nauwelijks minder stikstof opgenomen dan de vroeg gezaaide gewassen. In 2020 en 2021 was de N-opname bij de vroeg gezaaide vanggewassen wel hoger dan bij de later gezaaide.

Gemiddeld over de vier jaar was bij de vroege zaai het verschil in N-opname tussen de winterrogge, Japanse haver en wintergerst niet significant. Bij de latere zaai was de N-opname bij Japanse haver en wintergerst gemiddeld 6 kg/ha lager dan bij winterrogge. Bij winterrogge verschilde de N-opname niet significant tussen de twee zaaimomenten.

Zaaidichtheid had geen significant effect op de N-opname van winterrogge en Japanse haver. Bij wintergerst was deze bij de lagere zaaidichtheid 6 kg/ha lager dan bij de hogere.

Nitraatconcentratie grondwater

Het effect van de vanggewassen op de nitraatconcentratie in het grondwater werd veelal pas in de loop van de winter zichtbaar en was aan het eind van de winter / begin van de lente het duidelijkste aanwezig. De concentratie in deze periode is ook het meest relevant, want dat is bepalend voor de concentratie die de rest van de zomer in het grondwater blijft. De nitraatconcentraties die in deze periode zijn gemeten, zijn weergegeven in figuur S.2, gemiddeld over de vier jaren.



Figuur S.2. Gemiddelde nitraatconcentratie in het grondwater aan het einde van de winter/begin van de lente, voor rietzwenkgras en Italiaans raaigras bij de twee oogstmomenten en voor de wintergerst, Japanse haver en wintergerst bij de twee zaaimomenten (T1 = maïsoogst dan wel zaaimoment 1^e helft september, T2 = oogst dan wel zaaimoment eind september)

De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater aan het einde van de winter / begin van de lente zonder vanggewas na snijmais was 86 mg nitraat per liter en overschreed daarmee de nitraatnorm van 50 mg/l. De teelt van stikstofvanggewassen verlaagde deze concentratie met 13 tot 48 mg/l, afhankelijk van het type vanggewas en zaaimoment dan wel oogstmoment van de maïs. De sterkste verlaging werd verkregen door:

- winterrogge, gezaaid na de maïsoogst in de 1^e helft van september: bijna 50 mg/l verlaging;
- winterrogge, gezaaid na de maïsoogst eind september of onderzaai van rietzwenkgras met oogst van de maïs in de 1^e helft van september: zo'n 40 mg/l verlaging;
- wintergerst, gezaaid na de maïsoogst in de 1^e helft van september: zo'n 35 mg/l verlaging.

Zowel bij de vroege als later gezaaide winterrogge en bij het rietzwenkgras na de vroegste maïsoogst bleef de nitraatconcentratie daardoor (gemiddeld over de vier jaar) onder de 50 mg/l. Onderzaai van Italiaans raaigras gaf de zwakste verlaging: <20 mg/l. Bij de overige vanggewasobjecten bedroeg de verlaging zo'n 25 mg/l. Van de onderzochte vanggewassen gaf winterrogge zowel na de vroege als de latere maïsoogst de sterkste verlaging van de nitraatconcentratie.

Dat rietzwenkgras de nitraatconcentratie niet sterker verlaagde dan winterrogge, ondanks dat het meer stikstof had opgenomen, komt wellicht omdat het de N-afvoer met de geoogste maïs verlaagde, waardoor het voordeel van een hogere N-opname door het vanggewas min of meer wegvalt tegen een hoger N-overschot van de hoofdteelt.

De effecten van oogstmoment en plantdichtheid van de maïs en zaaitijdstip en zaaidichtheid van de na oogst gezaaide vanggewassen op de nitraatconcentratie waren relatief klein in verhouding tot het verschil tussen wel of geen vanggewas. Na de vroege maïsoogst gaven de ondergezaaide vanggewassen gemiddeld een 9 mg/l lagere nitraatconcentratie dan na de latere maïsoogst. De plantdichtheid van de maïs had geen significant effect op de nitraatconcentratie. Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was de nitraatconcentratie bij de vroegere zaai gemiddeld 6 mg/l lager dan bij de latere zaai. De zaaidichtheid van het vanggewas had geen significant effect op de nitraatconcentratie.

Aanbevelingen

Omdat het perspectief van winterrogge en rietzwenkgras als N-vanggewas naast het effect op de nitraatconcentratie mede afhangt van de inpasbaarheid in het bouwplan in verband met vermeerdering van plant-parasitaire aaltjes, wordt aanbevolen om het effect van deze vanggewassen op de vermeerdering van deze aaltjes nader te onderzoeken.

De gevonden verlagingen van de nitraatconcentratie zijn locatie-specifiek. Om een beter beeld te krijgen van wat gemiddeld op regionaal of landelijk niveau mag worden verwacht van vanggewassen, wordt aanbevolen om op meerdere locatie c.q. verschillende zandgronden die variëren voor hydrologische en andere bodemeigenschappen en gedurende meerdere jaren kleine proeven aan te leggen met stikstofvanggewassen. Ook wordt aanbevolen om de relaties tussen N-overschot en nitraatconcentratie te valideren voor bedrijfssystemen met vanggewassen. Misschien moeten hiervoor aparte relaties worden afgeleid.

De proefresultaten geven de indruk dat de vanggewassen de nitraatconcentratie in het grondwater kunnen verlagen door vastlegging van stikstof in de winterperiode alsook door extra denitrificatie van stikstof. Het verdient aanbeveling om dit proces nader te onderzoeken.

Tot slot wordt aanbevolen om bij vervolgonderzoek de nitraatmetingen in het grondwater langer voort te zetten na de winter, waardoor de effecten van vanggewassen op de nitraatconcentratie nog duidelijker worden en de hoeveelheid stikstof die uitspoelt naar het grondwater en de reductie hiervan door een vanggewas over een heel jaar kan worden gemeten in plaats van alleen in de winterperiode.

1 Inleiding

Nederland moet voldoen aan de EU-Nitraatrichtlijn voor de nitraatconcentratie in het grondwater en aan de Kaderrichtlijn Water voor het stikstof- en fosforgehalte in het oppervlaktewater. In het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn (Ministeries van LNV en I&W, 2017) zijn maatregelen opgenomen die de landbouw moet nemen om uitspoeling van nitraatstikstof naar het grondwater en de eutrofiëring van oppervlaktewater door stikstof en fosfaat uit de landbouw te verminderen. In de "Evaluatie Meststoffenwet" is geconcludeerd dat de doelstellingen met betrekking tot stikstof- en fosforconcentraties in grond- en oppervlaktewater met de huidige inzet naar verwachting niet worden gehaald in de komende jaren (Planbureau voor de Leefomgeving, 2017). In de Milieu Effecten Rapportage (MER) van het Zesde Actieprogramma is geconcludeerd dat de voorgenomen maatregelen waarschijnlijk leiden tot een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater van het zuidelijke zand- en lössgebied, maar in dit gebied nog niet leiden tot het realiseren van de nitraatnorm (Groenendijk et al., 2017). Verder is in de MER-rapportage aangegeven dat de effecten van een aantal maatregelen nog niet zijn te kwantificeren.

Één van de maatregelen uit het Zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn is de teelt van stikstofvanggewassen op zand- en lössgrond na maïs (maatregel 5.4.3) en na consumptie- en fabrieksaardappelen (maatregel 5.4.4). Na maïs is dit al wettelijk verplicht. Welke vanggewassen er mogen worden gezaaid, is ook wettelijk vastgelegd. Het Zesde Actieprogramma ambieert daarnaast om ook na andere teelten de inzet van vanggewassen te stimuleren (maatregel 5.6.3). In het Zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn is dit verder uitgewerkt en is voorgesteld om op zand- en lössgronden de zaai van een vanggewas vóór 1 oktober te verplichten voor niet-wintergewassen of een korting op de stikstofgebruiksnorm voor het volgende jaar toe te passen, indien vóór 1 oktober geen vanggewas is gezaaid. De maatregel is in 2023 geïmplementeerd.

Een vraag is hoe groot het effect van vanggewassen is op de reductie van nitraatuitspoeling, afhankelijk van het zaaimoment en het soort vanggewas.

In Nederland en omliggende landen en in lange-termijnexperimenten is een duidelijke daling te zien van de nitraatconcentratie in het bodemvocht door de teelt van stikstofvanggewassen in de winter (Vos & Van der Putten, 2001, 2004; Oorts et al., 2007; Constantin et al., 2011; Premrov et al., 2014; Plaza-Bonilla, 2015; Elhakeem et al., 2023). De beoordeling voor de Nitraatrichtlijn vindt echter plaats op basis van de nitraatconcentratie in het grondwater. Er zijn weinig metingen gedaan in het grondwater (Schröder et al., 2013; Premrov et al., 2012), terwijl wintervanggewassen ook een effect kunnen hebben op de hydrologie (Gabriel et al., 2012; Basche et al., 2016) en op de denitrificatie in de bodem (Jahangir et al., 2014). Zo heeft de maatregel geen effect in bodems met hoge grondwaterstanden, waar door denitrificatie de nitraatconcentraties in grondwater heel laag zijn. Ook minder duidelijk is het effect van de vanggewassen op stikstofvoorziening in opvolgende gewassen (Thomsen & Christensen, 1999; Bernsten et al., 2006; Komainda et al., 2018; Vogeler et al., 2022) en op de gevolgen voor de nitraatuitspoeling op lange termijn (Constantin et al., 2012). Zo berekenden Constantin et al. (2012) dat jaarlijks herhaalde teelt van vanggewassen leidt tot extra stikstofmineralisatie en dat het alleen tot minder nitraatuitspoeling leidt als hierbij rekening wordt gehouden met de stikstofbemesting c.q. de stikstofgiften worden verlaagd. Dit is ook experimenteel vastgesteld (Thomsen & Christensen, 1999).

Vanggewassen kunnen het verlies van stikstof beperken (Schröder et al., 1996; Schröder et al., 2013), maar de datum waarop de groei van het vanggewas in de nazomer of herfst aanvangt, is daarbij sterk bepalend. Hoe eerder gezaaid, hoe langer de groeiperiode voor de winter en hoe meer stikstof het gewas in potentie kan opnemen vóór de winter (Komainda et al., 2016).

Zo vroeg mogelijk zaaien stuit echter op praktische bezwaren. Het betekent dat het hoofdgewas ervoor ook vroeg van het veld af moet zijn. De oogstperiode van zowel maïs als aardappelen is gespreid en gaat door tot in oktober. Dit heeft te maken met het moment van oogstrijpheid van het gewas. Hieraan is tegemoet te komen door te kiezen voor vroegrijpende rassen. Echter, ook de

weersomstandigheden tijdens de groeiperiode hebben invloed op het moment van afrijping. Verder is het logistiek niet mogelijk om alle maïs of aardappelen in één of twee weken tijd te oogsten.

De mate waarin het vanggewas zich ontwikkelt vóór de winter en stikstof opneemt, hangt ook af van de weersomstandigheden in de nazomer en herfst en van het soort gewas. Het ene gewas ontwikkelt zich beter bij lagere temperaturen dan het andere. Met name winterrogge doet het bij later zaaien relatief goed (Leeuwen-Haagsma et al., 2019; Landman, 1988). Verder heeft de zaaïdichtheid hier invloed op. Wanneer een ruime hoeveelheid zaaizaad wordt gebruikt, staan er meer planten per m² en heeft het vanggewas sneller de grond bedekt. Daarentegen kost gebruik van minder zaaizaad de teler ook minder geld.

Voorts moet een vanggewas winterhard zijn. Als het gewas in de winter doodvriest, komt de opgenomen stikstof geleidelijk vrij en kan dan alsnog (deels) uitspoelen.

Het is ook belangrijk dat het vanggewas goed in het bouwplan past met betrekking tot de aaltjessituatie op het perceel. Winterrogge bijvoorbeeld, is een waardplant voor probleemaaltjes als het maïswortelknobbelaaltje, trichodoride-aaltjes en het wortellesieaaltje, die zich op dit gewas kunnen vermeerderen (Bakker et al., 2016). Omwille van aaltjes passen gewassen als Japanse haver en gerst vaak beter in een akkerbouwplan op zandgrond, maar Japanse haver is wel vorstgevoeliger dan winterrogge en wintergerst. Het is niet bekend in hoeverre er verschillen zijn tussen de verschillende vanggewassen qua reductie van nitraatuitspoeling.

In een eenmalige proef te Vredepeel in het najaar en de winter van 2007-2008 waarin wintergerst en winterrogge zijn vergeleken bij twee zaaimomenten (12 september en 1 oktober) waren de gewasontwikkeling en stikstofopname in de bovengrondse delen bij wintergerst bij beide zaaimomenten lager dan bij winterrogge (Van Geel & Verstegen, 2008). De nitraatconcentratie in het grondwater is in deze proef niet gemeten, maar wel de Nmin-voorraad in de bodemlaag 0-90 cm vlak vóór de winter (op 8 november). Zaaïen van de vanggewassen op 12 september leidde tot een verlaging van de Nmin najaar ten opzichte van geen vanggewas, waarbij wintergerst de Nmin minder sterk leek te verlagen dan winterrogge. Zaaïen op 1 oktober leidde niet of nauwelijks tot een verlaging van de Nmin najaar.

Bij snijmaïs kan het vanggewas na oogst worden gezaaid, maar het kan ook eerder worden gezaaid via onderzaai. In praktijk worden hiervoor Engels en Italiaans raaigras of rietzwenkgras gebruikt. Een ondergezaaid vanggewas, ontwikkelt zich onder de maïs relatief slecht, maar heeft als voordeel dat het na de oogst van de maïs een groeivoorsprong heeft ten opzichte van een gewas dat dan nog moet worden gezaaid.

Van Dijk et al. (1995) vonden evenwel in meerjarig onderzoek (1988-1994) op droge zandgrond te Heino met vanggewassen bij een continueelt snijmaïs gemiddeld over de jaren een gering verschil in N-opname tussen ondergezaaid raaigras en na oogst gezaaide winterrogge. Wel waren er in de afzonderlijk jaren verschillen, maar deze waren niet eenduidig: in het ene jaar was de N-opname van winterrogge lager dan van raaigras en in het andere jaar hoger. De verschillen in N-opname tussen winterrogge en raaigras waren in verhouding kleiner dan de verschillen in droge-stofopbrengst, doordat het N-gehalte in de winterrogge hoger was dan in het raaigras.

Gemiddeld over de hele onderzoeksperiode was bij een lage N-bemesting van de maïs (<100 kg N per ha) de nitraatuitspoeling bij het vanggewas raaigras lager dan bij winterrogge, maar bij hogere N-bemesting was het verschil gering. De nitraatuitspoeling was zowel met als zonder vanggewas hoger naarmate de N-gift aan de maïs hoger was.

Een nadeel of risico van onderzaai is dat het vanggewas in een dicht en hoogproductief maïsgewas nauwelijks licht krijgt en zich niet kan ontwikkelen. In een wat opener gewas krijgt het meer licht en is de kans van slagen groter, maar een opener maïsgewas geeft waarschijnlijk een lagere opbrengst. Verder is er concurrentie om vocht en voedingsstoffen in de bodem tussen de maïs en het vanggewas.

De reductie van nitraatuitspoeling door vanggewassen blijkt vaak hoger te zijn dan op grond van de bovengrondse gewasontwikkeling en N-opname van het vanggewas wordt verwacht (Schröder et al., 1996; Parkin et al., 2006). Verhoeven et al. (2011; hun bijlage 1) wijzen hiervoor meerdere, mogelijke redenen aan. De stoppels en wortels van vanggewassen bevatten ook stikstof. Met name bij grasachtige vanggewassen en klavers is het een substantiële hoeveelheid die kan oplopen tot 20-30 kg N per ha (Schröder, 1997). Andere mechanismen die een rol zouden kunnen spelen zijn een hogere denitrificatie in de bodem (Heinen, 2006; Jahangir et al., 2014) en daardoor meer verlies van stikstof

naar de lucht in plaats van naar het grondwater en/of optreden van N-immobilisatie in de bodem door de teelt van vanggewassen (Vos & Van der Putten, 2001; Vogeler et al., 2022).

Om meer informatie te krijgen over het effect van vanggewassen op de nitraatuitspoeling, zijn meerdere jaren veldproeven uitgevoerd met vanggewassen na snijmaïs en consumptieaardappel op zuidelijke zandgrond te Vredepeel. Met de verkregen kennis kunnen de voorwaarden waaronder vanggewassen effectief zijn wellicht scherper worden gedefinieerd en kan het draagvlak voor de teelt van vanggewassen in de sector mogelijk worden vergroot.

Dit rapport gaat over de proeven met vanggewassen na snijmaïs. Onderzoeksvragen bij maïs waren:

- Wat is het effect van het oogsttijdstip van de maïs op de ontwikkeling en effectiviteit van de vanggewassen, zowel bij onderzaai als bij zaai na oogst?
- Hoe groot is het effect van de standdichtheid van de maïs op de ontwikkeling van een ondergezaaid vanggewas?
- Hoe groot is het verschil in vermindering van nitraatuitspoeling bij onderzaai en bij zaai na oogst en hoe groot is het verschil hierbij tussen verschillende vanggewassoorten?
- Hoe groot is het effect van zaaidichtheid van het vanggewas op de nitraatuitspoeling?

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt de opzet en uitvoering van de proeven beschreven en in hoofdstuk 3 de resultaten. In hoofdstuk 4 worden de resultaten bediscussieerd en in hoofdstuk 5 zijn de conclusies opgesomd. Het rapport is bedoeld als documentatieverslag, waaruit informatie kan worden gehaald voor artikelen en presentaties.

De meting van de nitraatconcentratie in het grondwater en de berekening van de hoeveelheid uitgespoelde stikstof is op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de vanggewassen na aardappelen. De aanpak daarvan is beschreven in het rapport 'Stikstofvanggewassen na consumptieaardappel op zandgrond', dat in het voorjaar van 2023 is verschenen (Van Geel et al., 2023)². De beschrijving van de werkwijze wordt in dit rapport over vanggewassen na maïs niet herhaald, maar waar van toepassing wordt in de tekst verwezen naar het rapport over vanggewassen na aardappelen.

² <https://edepot.wur.nl/631358>

2 Materiaal en methoden

Het veldonderzoek naar verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater door de teelt van stikstofvanggewassen na snijmaïs bestond uit twee delen. Het eerste deel had betrekking op de onderzaai van vanggewassen. Hierbij is gekeken naar het effect van oogstmoment en standdichtheid van de maïs op de ontwikkeling en effectiviteit van twee verschillende ondergezaaide vanggewassen. Het tweede deel had betrekking op de zaai van vanggewassen na oogst. Hierbij is gekeken naar het effect van zaaitijdstip en zaaidichtheid van drie verschillende na oogst gezaaide vanggewassen. Beide proefdelen zijn geïntegreerd in één proefopzet.

Het veldonderzoek is vier jaar uitgevoerd op zuidoostelijk zandgrond op of nabij de proeflocatie van WUR Open teelten te Vredepeel. Het betrof de seizoenen 2018-2019, 2019-2020, 2020-2021 en 2021-2022. De percelen waarop de proeven zijn uitgevoerd, waren leemarme tot zwak lemige, kalkloze, humeuze zandgronden. De ligging van de proefpercelen en de gegevens van de bodemvruchtbaarheid ervan (analyse Eurofins) zijn weergegeven in bijlage 1.

2.1 Proefopzet

In 2018, 2019 en 2020 zijn drie in vroegrijpheid verschillende maïsrassen opgenomen in de proef. In 2021 zijn twee rassen opgenomen: een vroeg ras en een later ras. Beoogd werd om de rassen op verschillende momenten te oogsten.

Bij alle rassen zijn twee (beoogde) plantdichtheden opgenomen: 7,5 en 9,5 planten per m². De normale, gewenste plantdichtheid voor de teelt was 9,5 planten per m². Met 7,5 planten per m² is een wat opener gewasbestand gecreëerd ten gunste van de ondergezaaide vanggewassen. De daadwerkelijk gerealiseerde plantdichtheden zijn vermeld bij de resultaten van de proeven.

Bij alle rassen en beide plantdichtheden zijn twee N-vanggewassen ondergezaaid: rietzwenkgras en Italiaans raaigras.

Daarnaast zijn bij het vroege maïsras met 9,5 planten per m² drie verschillende N-vanggewassen gezaaid na de maïsoogst: winterrogge, Japanse haver en wintergerst, op twee verschillende tijdstippen in september. De beoogde zaaimomenten waren 1 september en eind september.

Bij alle drie deze vanggewassen zijn twee zaaidichtheden in de proef opgenomen: een ruime hoeveelheid zaaizaad (hoog) en de helft hiervan (laag). Met de hogere zaaidichtheid werd beoogd om een plantdichtheid te creëren waarbij een snelle grondbedekking wordt verkregen en meer biomassa. Bij de onderzaai van de vanggewassen is geen verschil in zaaidichtheid aangebracht en is uitgegaan van een in praktijk gebruikelijke hoeveelheid zaaizaad per ha.

Tot slot is bij elk maïsras en plantgetal een object zonder vanggewas opgenomen als referentie (braak).

De proefobjecten zijn weergegeven in tabel 1a. De proef is aangelegd als split-plotproef in vier herhalingen. Maïsras (en oogstmoment) vormde de hoofdplots. Binnen elk hoofdplot zijn de subplots met de plantdichtheden en onderzaai van vanggewassen verloot. Bij het vroege ras zijn de vanggewassen na oogst, de zaaimomenten en zaaidichtheden verloot. De proefveldschema's zijn weergegeven in bijlage 2.

Tabel 1a. Objecten veldproef N-vanggewassen na snijmaïs op zuidelijke zandgrond

Object	Maïsras	Plantgetal (planten/m ²)	Beoogd oogst- tijdstip	Stikstofvanggewas		Zaaitijd na oogst gewas	Zaai- dicht- heid
				Onderzaai	Zaai na oogst		
A	Ras 1	7,5	1 sep	geen	geen		
B	Ras 1	7,5	1 sep	rietzwenk	geen		
C	Ras 1	7,5	1 sep	It. raaigras	geen		
D	Ras 1	9,5	1 sep	geen	geen		
E	Ras 1	9,5	1 sep	rietzwenk	geen		
F	Ras 1	9,5	1 sep	It. raaigras	geen		
G	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	1 sep	laag
H	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	eind sep	laag
J	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	1 sep	laag
K	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	eind sep	laag
L	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	1 sep	laag
M	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	eind sep	laag
N	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	1 sep	hoog
O	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	eind sep	hoog
P	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	1 sep	hoog
Q	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	eind sep	hoog
R	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	1 sep	hoog
S	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	eind sep	hoog
T	Ras 2	7,5	eind sep	geen	geen		
U	Ras 2	7,5	eind sep	rietzwenk	geen		
V	Ras 2	7,5	eind sep	It. raaigras	geen		
W	Ras 2	9,5	eind sep	geen	geen		
X	Ras 2	9,5	eind sep	rietzwenk	geen		
Y	Ras 2	9,5	eind sep	It. raaigras	geen		
Z ¹	Ras 3	7,5	half okt	geen	geen		
AA ¹	Ras 3	7,5	half okt	rietzwenk	geen		
BB ¹	Ras 3	7,5	half okt	It. raaigras	geen		
CC ¹	Ras 3	9,5	half okt	geen	geen		
DD ¹	Ras 3	9,5	half okt	rietzwenk	geen		
EE ¹	Ras 3	9,5	half okt	It. raaigras	geen		

¹ Niet opgenomen in de proef van 2021/2022.

2.2 Proefuitvoering

Jaarlijks zijn de maïsrassen gekozen op basis van vroegrijpheid van het ras en de beschikbaarheid van zaaizaad. De in de proeven opgenomen rassen zijn weergegeven in tabel 1b.

Tabel 1b. Opgenomen maïsrassen per jaar in de proeven (uit 2^e kolom in Tabel 1a)

Ras	1998	1999	2000	2001
Ras 1	LG 31211	LG Conclusion	Absalon	Asgaard
Ras 2	Torres	Torres	Torres	Torres
Ras 3	PR39F58	PR39F58	Farmueller	-

Er is geen variatie aangebracht in stikstofgift aan de maïs. Alle rassen kregen dezelfde gift, ter grootte van de stikstofgebruiksnorm voor snijmaïs (112 kg N per ha op zuidelijke zandgrond). De bemesting is uitgevoerd volgens gangbare praktijk: een basisgift met rundveedrijfmest vóór zaaien en een aanvulling met kalkammonsalpeter (KAS), toegediend als rijenbemesting tegelijk met het zaaien. De gewasverzorging vond plaats volgens praktijk. De teeltgegevens zijn weergegeven in bijlage 3. De weersgegevens (temperatuur en neerslag) tijdens de teeltperiode van de maïs en de periode dat de vanggewassen op het veld stonden, zijn weergegeven in bijlage 4.

De individuele proefveldjes waren 12 m lang en 4,5 m breed (zes rijen maïs). De opbrengst van de maïs is bepaald in de middelste twee rijen (1,5 m) over een lengte van 10,2 m netto. De maïs is geoogst met een maïshakselaar. Na oogst is van de gehakselde maïs per veldje een monsters uitgenomen voor bepaling van het droge-stofgehalte en het stikstof- en fosforgehalte in de droge stof door Eurofins Agro te Wageningen. Aan de hand hiervan is de droge-stofproductie berekend en de stikstof- en fosfaatinhoud van het geoogste product dat van het veld wordt afgevoerd. Na de maïs oogst is de resterende hoeveelheid N_{min} in de bodem gemeten in de lagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm. De N_{min} is bepaald in verse grond door Eurofins Agro.

Het rietzwenkgras is op hetzelfde moment gezaaid als de maïs, tussen de maïsrijen, en het Italiaans raaigras in juni, bij een gewashoogte van de maïs van ca. 40 cm, conform praktijk. Rietzwenkgras ontwikkelt zich in het begin traag en bij latere zaai ondervindt het te sterke concurrentie van de maïsplanten die dan al verder zijn ontwikkeld. Italiaans raaigras ontwikkelt zich snel en bij gelijktijdige zaai met de maïs, ondervindt de maïs teveel concurrentie van het raaigras.

Direct na de maïs oogst zijn de winterrogge, wintergerst en Japanse haver gezaaid volgens het proefplan. Er is 3 meter breed gezaaid (midden op de maïs veldjes) over een lengte van 12 m. De zaaizaadhoeveelheden zijn vermeld in tabel 1c.

Tabel 1c. Zaaizaadhoeveelheden bij de hoge en lage zaaidichtheid van de na oogst gezaaide vanggewassen in de proeven (laatste kolom in Tabel 1a)

Vanggewas	Hoog	Laag
winterrogge	150 kg/ha	75 kg/ha
wintergerst	225 kg/ha	112 kg/ha
Japanse haver	100 kg/ha	50 kg/ha

Tijdens het groeiseizoen is de gewasontwikkeling van de maïs en de vanggewassen visueel beoordeeld. Na de maïs oogst is tot aan de winter de gewasontwikkeling en de mate van grondbedekking van alle vanggewassen visueel beoordeeld.

Aan het einde van de winter is de bovengrondse verse massa van het rietzwenkgras, het Italiaans raaigras, de winterrogge en de wintergerst bepaald. Bij de Japanse haver is de opbrengst bepaald op het moment dat het gewas door de vorst begon af te sterven. Dit moment wisselde per jaar. Per veldje is op een representatieve plek een kleine oppervlakte met de hand geoogst (zie bijlage 3) en afgevoerd voor bepaling van de droge-stofproductie van het vanggewas en de stikstofinhoud. Op de rest van de oppervlakte bleef het gewas staan en is na de winter ingewerkt. Machinaal oogsten was vanwege de geringe gewasontwikkeling veelal niet goed mogelijk. De planten zijn kort boven de grond afgeknipt waarbij een stoppellengte van 5-7 cm is aangehouden, wat overeenkomt met de stoppellengte bij machinale oogst. Na wege is een monster uitgenomen voor bepaling van het droge-stofgehalte en het N-gehalte in de droge stof (door Eurofins Agro te Wageningen). Aan de hand hiervan is de bovengrondse droge-stofproductie berekend en de N-opname in de bovengrondse delen, uitgedrukt per ha.

In een beperkt aantal netto veldjes is elk jaar ook de ondergrondse massa (stoppel- en wortelmassa) van de vanggewassen bepaald in de bouwvoor (0-30 cm) met behulp van een wortelboor met als doel om de verhouding tussen boven- en ondergrondse biomassa en N-opname per gewas vast te stellen. Zie bijlage 5 voor de uitvoering en de afgeleide relaties tussen boven- en ondergrondse N-opname. Met behulp van de afgeleide relaties is per veldje de totale N-opname door het vanggewas berekend.

Vervolgens is een N-overschot berekend, inclusief de N-opname door het vanggewas: N-totaalgift aan de maïs plus N-depositie minus N-verlies uit de meststoffen door ammoniakvervluchtiging minus N-afvoer met de geoogste maïs minus de vastgelegde stikstof in het vanggewas. Voor de ammoniakvervluchtiging is uitgegaan van 2% van de ammoniakfractie in drijfmest bij bouwlandinjectie (diepe injectie) en 2,5% van N-totaal bij toepassing van kalkammonsalpeter (KAS), gebaseerd op Van Bruggen et al. (2022). De stikstofdepositie is op basis van RIVM-data van de landelijke verdeling van de stikstofdepositie in Nederland geschat op zo'n 35 kg N per ha op de proefvelden van 2018, 2019 en 2021 en zo'n 30 kg N per ha op het proefveld van 2020. De N-aanvoer minus het ammoniakvervluchtigingsverlies is weergegeven in bijlage 3.

Aan het einde van de winter is ook per veldje de Nmin-voorraad gemeten in de bodemlagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm. De Nmin is bepaald in verse grond door Eurofins Agro. Deze meting is gebruikt om een N-bodembalans op te stellen voor de winterperiode om het verschil in N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm tussen de teelt van wel of geen vanggewas te berekenen. Nadere uitleg over de aanpak staat in paragraaf 3.2.5.

De gewasanalyses van de monsters van de snijmaïs (N en P) en de groenbemesters (N) zijn uitgevoerd volgens eigen methoden van Eurofins Agro, die zijn geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie (www.rva.nl). De analysemethode voor fosfor is gelijkwaardig aan NEN 6966. Ook de N-mineraalbepaling in de grondmonsters is uitgevoerd volgens een eigen methode van Eurofins Agro, die is geaccrediteerd door de Raad van Accreditatie. Het betreft een bepaling in veldvochtige grond van ammonium-N en nitraat-N.

Kort vóór de winter is midden in elk veldje een peilbuis geplaatst en zijn gedurende de winter meermalen monsters genomen van het bovenste grondwater. De nitraatmetingen in het grondwater zijn uitgevoerd conform de methode van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) met als verschil dat de buizen gedurende de winter niet zijn verwijderd en zijn gebruikt voor meerdere grondwaterbemonsteringen, terwijl bij het LMM voor elke bemonstering een nieuw gat wordt geboord. De watermonsters zijn geconserveerd met zuur volgens NEN-EN-ISO 5667-3 (0,2 µL 5 M HCl bij 100 ml monster) en de nitraatconcentratie is gemeten binnen 48 uur via SFA. Daarnaast zijn met de SFA bepaald: PO₄, NH₄, opgelost organische koolstof (dissolved organic carbon; DOC) en opgelost organische stikstof (dissolved organic nitrogen; DON). In het laatste meetjaar zijn bij de twee laatste metingen (7 en 29 maart 2022) de monsters ook met ICP-AES geanalyseerd op: Ca, Mg, K, Na, en S. Al deze metingen zijn uitgevoerd bij het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) van WUR in Wageningen.

Op basis van de gemeten nitraatconcentraties en de actuele neerslaggegevens is de uitgespoelde hoeveelheid nitraatstikstof berekend (de stikstofflux). Daartoe is eerst de waterflux berekend: de hoeveelheid water die uit de wortelzone naar het grondwater is verplaatst en waarmee nitraatstikstof naar het grondwater wordt getransporteerd. De stikstofflux is berekend als: waterflux * concentratie nitraat-N in het grondwater. De berekende stikstofflux betreft de flux over de bemonsterde periode in de winter: ongeveer december, januari, februari en een deel van maart.

De berekeningswijzen van de waterflux en de stikstofflux zijn identiek aan die bij de vanggewassen na aardappel. Een gedetailleerde beschrijving van de berekeningswijze van de waterflux op de proefpercelen, de uitvoering van de nitraatmetingen en de berekening van de stikstofflux staat in de bijlagen 6 en 7 van het rapport over vanggewassen na aardappel (Van Geel et al., 2023).

In de winter van 2019/2020 is op één moment en in de winters van 2020/2021 en 2021/2022 op alle vier de momenten ook de DOC-concentratie in het grondwater gemeten (opgeloste organische koolstof; dissolved organic carbon). DOC spoelt gemakkelijk uit.

2.3 Verwerking van de resultaten

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met het softwarepakket Genstat (22^e editie). Per proef is een variantieanalyse (ANOVA) uitgevoerd gevolgd door een tweezijdige t-toets. Effecten van de behandelingen zijn als significant beoordeeld indien de F probability uit de variantieanalyse (F pr.) ≤ 0,05 is en als zwak significant bij F pr. > 0,05 en ≤ 0,1. Als effecten niet significant waren, is dit aangeduid met n.s. Bij de t-toets is een LSD-waarde berekend (het kleinste betrouwbare verschil) bij

een onbetrouwbaarheid (p) van $\leq 0,05$. Bij weergave van de resultaten in tabellen zijn significante verschillen tussen de objecten op basis van de t-toets aangegeven met een lettercode. Als achter objecten eenzelfde letter staat, is het onderling verschil niet significant. Voor een aantal variabelen is ook een analyse uitgevoerd over alle vier de jaren samen. Omdat ras 3 in 2022 ontbrak, was de proefopzet van het proefdeel met de onderzaai van vanggewassen over de vier jaren heen niet orthogonaal en kon daarom niet met ANOVA worden geanalyseerd. In plaats hiervan is de analyse met REML uitgevoerd, waarbij de proefobjecten als fixed termen in het model zijn opgenomen en jaar, blok en hoofdplot als random termen. In een aantal gevallen is een lineaire-regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of er een verband is tussen twee bepaalde variabelen.

Gedurende de teelt van de maïs tot aan de oogst waren de objecten G t/m S (zie tabel 1a) gelijk behandeld als object D (9,5 planten per m² en geen onderzaai van een vanggewas). Voor de beoordeling van de effecten van ras, plantdichtheid en onderzaai op de gewasontwikkeling, opbrengst en N-opname van de snijmaïs en op de minerale stikstof in de bodem na oogst van de maïs (Nmin) is voor het object ras 1 met 9,5 planten per m² zonder onderzaai van een vanggewas, per herhaling het gemiddelde genomen van de objecten D en G t/m S.

3 Resultaten

3.1 Resultaten hoofdgewas snijmaïs

In hoofdstuk 3 zijn de resultaten in de tekst beschreven. De tabellen zijn veelal beperkt tot weergave van de resultaten indien er statistisch betrouwbare verschillen waren.

3.1.1 Gewasontwikkeling snijmaïs

Het groeiseizoen van 2018 kenmerkte zich door een warme, zonnige en zeer droge zomer (zie bijlage 4 voor de temperatuur- en neerslaggegevens). April en mei waren ook warmer dan normaal en mei was ook een droge maand.

Het groeiseizoen van 2019 was wederom droog. De zomer was droog en ook april en mei waren droge maanden. De maand april en de zomer waren ook warmer dan normaal. Mei was daarentegen koeler dan normaal.

In het groeiseizoen van 2020 wisselden warmere en koelere en drogere en nattere perioden elkaar af. De maanden april en juni waren warmer dan normaal en mei en juli kouder dan normaal. Augustus was een zeer warme maand. April en mei waren droge maanden. Juni was natter dan normaal; in het midden van juni viel veel regen. De eerste helft van juli was vrij nat. De rest van de zomer was het droog, tot aan oktober.

Ook in het groeiseizoen van 2021 wisselden warmere en koelere en drogere en nattere perioden elkaar af. Het voorjaar van 2021 was koel. Mei was een natte maand. Juni begon zeer warm en droog, maar later had de zomer een gemiddelde temperatuur. De periode half juni t/m juli was natter dan normaal en augustus en september waren droger dan normaal.

In 2018, 2019 en 2020 is de maïs beregend om het gewas van voldoende vocht te voorzien (bijlage 3). In 2021 is er niet beregend. Het gewas kon over voldoende vocht beschikken door de natuurlijke neerslag in de zomer.

Plantgetal

De gerealiseerde plantgetallen van de snijmaïs zijn weergegeven in tabel 2. De plantopkomst na zaai wisselde enigszins per ras, in het ene jaar wat meer dan in het andere. De zaaidichtheid (75.000 of 95.000 zaden per ha) had in elk jaar significant effect op het gerealiseerde plantgetal, maar het ras ook ($F_{pr.} = 0,017$ in 2018; $<0,001$ in 2019, 2020 en 2021). Er was in 2018, 2019 en 2021 geen significante interactie tussen ras en zaaidichtheid en in 2019 wel ($F_{pr.} = 0,044$). Interactie houdt in dat de verschillen in plantdichtheid tussen rassen, verschillen per zaaidichtheid.

Tabel 2. Gerealiseerde plantdichtheden van de snijmaïs per jaar en ras en gemiddeld over de rassen

Ras	Plantgetal (planten per m ²)							
	2018		2019		2020		2021	
	7,5 ¹	9,5 ¹	7,5 ¹	9,5 ¹	7,5 ¹	9,5 ¹	7,5 ¹	9,5 ¹
Ras 1	7,3 a	9,2 c	8,2 b	9,0 c	7,5 a	9,5 c	8,1 b	9,8 c
Ras 2	7,7 b	9,4 cd	7,4 a	8,9 c	7,5 a	9,4 c	6,6 a	7,8 b
Ras 3	7,8 b	9,5 d	6,8 a	8,0 b	8,4 b	10,0 d	-	-
Gemiddeld	7,6 a	9,4 b	7,5 a	8,6 b	7,8 a	9,6 b	7,4 a	8,8 b

¹ beoogde plantdichtheid

Gewasontwikkeling

De gewasontwikkeling van de maïs is in 2018 op één moment beoordeeld en in 2020 en 2021 op twee momenten. Van 2019 ontbreken gegevens van de gewasbeoordeling.

De gewasontwikkeling was bij het lagere plantgetal iets slechter dan bij het hogere plantgetal (tabellen 3, 4 en 5). Verder verschilde de mate van grondbedekking per ras (tabel 6). In 2020 was er op 12 juni nog geen verschil te zien tussen de rassen maar op 30 juli wel. In 2021 was er een gering verschil tussen de rassen.

De onderzaai met rietzwenkgras had in 2018 enigszins nadelig effect op de ontwikkeling van de maïs in juni (tabel 7). In 2020 had de onderzaai van vanggewassen geen duidelijk zichtbaar effect op de ontwikkeling van de maïs. In 2021 had de onderzaai geen duidelijk effect op de ontwikkeling van de maïs op 14 juni en een gering nadelig effect op 30 juli (tabel 8).

Tabel 3. Gewasontwikkeling snijmaïs in 2018, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten

Plantgetal	Gewasstand ¹ op 12 juni	Bodembedekking door het gewas op 12 juni
7,6	7,5 a	36% a
9,4	7,8 b	40% b
F pr.	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

Tabel 4. Gewasontwikkeling snijmaïs in 2020, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten

Plantgetal	Gewasstand ¹		Bodembedekking door het gewas ²
	15 juni	30 juli	30 juli
7,8	7,3 a	8,5 a	91% a
9,6	7,5 b	8,8 b	94% b
F pr.	0,004	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² Op 15 juni bedroeg de bodembedekking gemiddeld 15% en waren de verschillen tussen de plantdichtheden nihil.

Tabel 5. Gewasontwikkeling snijmaïs in 2021, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten

Plantgetal	Gewasstand ^{1,2}	Bodembedekking door het gewas ²	
	30 juli	14 juni	30 juli
7,4	7,8 a	11% a	77% a
8,8	8,0 b	12% b	79% b
F pr.	<0,001	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² Op 14 juni waren de verschillen in gewasstand tussen de plantdichtheden gering.

Tabel 6. Grondbedekking per maïsras per jaar, gemiddeld over de plantdichtheden en onderzaai-objecten

Ras	2018	2020	2021	
	12 juni	30 juli	14 juni	30 juli
Ras 1	40% b	89% a	13% b	79%
Ras 2	39% b	93% ab	11% a	78%
Ras 3	35% a	96% b	-	-
<i>F pr.</i>	0,004	0,030	0,011	<i>n.s.</i>

Tabel 7. Gewasontwikkeling snijmaïs in 2018, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden

Onderzaai	Gewasstand ¹ op 12 juni	Bodembedekking door het gewas op 12 juni
Geen	7,7 b	38% b
rietzwenkgras	7,4 a	35% a
Italiaans raaigras	7,8 b	40% b
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

Tabel 8. Gewasontwikkeling snijmaïs in 2021, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden

Onderzaai	Gewasstand ¹ op 30 juli	Bodembedekking door het gewas op 30 juli
Geen	7,9 b	79% b
rietzwenkgras	7,8 a	77% a
Italiaans raaigras	7,9 b	77% a
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	0,009

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

Afrijping en oogstmoment

De intentie was om het vroegste ras (ras 1) rond 1 september te oogsten en de twee latere rassen respectievelijk eind september en half oktober, maar dat is niet gelukt. Op 1 september was het vroege ras nog niet oogstrijp. Het is in 2018 en 2019 in de 2^e week van september geoogst. In 2020 en 2021 is het wel 1 september geoogst, maar was het eigenlijk nog niet voldoende afgerijpt. Het droge-stofgehalte van de maïs bedroeg 27% in 2020 en 26% in 2021.

Het optimale oogstmoment is wanneer de maïs een droge-stofgehalte heeft van 36% (Werkgroep Handboek snijmaïs, 2019). Dat is het gunstigste voor een zo hoog mogelijke voederwaardeopbrengst in combinatie met minimale inkuilverliezen. Bij inkuilen van de snijmaïs treden bij een droge-stofgehalte onder de 32% persapverliezen op. Vooral bij droge-stofgehalten lager dan 28% zijn deze verliezen hoog. Bij een droge-stofgehalte van 28% blijven de inkuilverliezen beperkt tot 10%. Bij een droge-stofgehalte boven 36% neemt de kans op broei en schimmels toe.

De twee latere rassen waren in 2018, 2019 en 2020 vrijwel gelijktijdig rijp (in de 2^e helft van september) en zijn beide gelijk geoogst. Het had geen zin om de maïs nog tot half oktober op het veld te laten staan. Een nog groen gewas laat weinig licht door, waardoor de vanggewassen zich niet goed kunnen ontwikkelen, maar een afgerijpt gewas laat een ruime hoeveelheid licht door. Bovendien is een afgerijpt gewas vatbaarder voor ziekten en bestaat het risico dat er planten omvallen en het gewas niet goed meer is te oogsten. Behalve raseigenschappen hebben de groeiomstandigheden belangrijke invloed op de vroegrijpheid. De zomers van 2018 en 2019 waren warm en ook augustus 2020 was een zeer warme maand. De vroegheidsverschillen tussen de rassen zijn hierdoor genivelleerd. In 2021 is geen laat ras (ras 3) meer in de proef opgenomen voor oogst half oktober.

3.1.2 Opbrengst, stikstofafvoer en fosfaatafvoer

Plantdichtheid van de maïs

In de tabel 9 is het effect van het plantgetal op de droge-stofopbrengst van de maïs en de stikstof- en fosfaatopname in het oogstproduct c.q. de stikstof- en fosfaatafvoer per jaar weergegeven en in tabel 10 over de vier jaren gemiddeld. Het lagere plantgetal gaf in alle jaren een (bijna) significant lagere droge-stofopbrengst dan het hogere plantgetal. Het N-gehalte en P-gehalte in de droge stof (d.s.) waren veelal hoger bij het lagere plantgetal. Er was in 2018, 2019 en 2020 geen significant verschil in stikstof- en fosfaatopname in het oogstproduct tussen de beide plantgetallen c.q. de stikstof- en fosfaatafvoer. In 2021 was de N-afvoer bij het lagere plantgetal significant lager dan bij het hogere plantgetal. De fosfaatafvoer verschilde niet significant. Er was in alle vier de jaren geen significante interactie tussen plantgetal, ras en/of onderzaai voor deze genoemde variabelen. Gemiddeld over de vier jaren was de droge-stofopbrengst bij het lagere plantgetal significant lager dan bij het hogere, maar was er geen significant verschil in stikstofafvoer en fosfaatafvoer.

De lagere droge-stofopbrengst en stikstof- en fosfaatafvoer in 2020 en 2021 ten opzichte van 2018 en 2019 is vooral veroorzaakt door de lage opbrengst van ras 1, dat in 2020 en 2021 vroegtijdig (onrijp) is geoogst. Zie verderop in deze paragraaf onder "Maïsras".

Tabel 9. Droge-stofopbrengst en stikstof- en fosfaatafvoer van de snijmaïs bij de twee plantdichtheden per jaar, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten

Jaar	Plantgetal (planten per m ²)	Droge-stof- opbrengst (ton/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	N-afvoer (kg/ha)	P-gehalte (g/kg d.s.)	Fosfaat- afvoer (kg/ha)
2018	7,6	21,7 a	12,6 b	274	2,0 b	101
	9,4	22,5 b	12,0 a	271	1,9 a	100
	<i>F pr.</i>	0,015	<0,001	<i>n.s.</i>	0,021	<i>n.s.</i>
2019	7,5	19,9 a	11,3 b	225	2,4 b	110
	8,6	20,6 b	11,0 a	225	2,3 a	109
	<i>F pr.</i>	<0,001	0,002	<i>n.s.</i>	0,002	<i>n.s.</i>
2020	7,8	17,1 a	12,1	207	1,8 b	69
	9,6	17,5 a	12,0	209	1,7 a	69
	<i>F pr.</i>	0,083	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,032	<i>n.s.</i>
2021	7,4	15,3 a	10,5	160 a	1,9 b	67
	8,8	16,4 b	10,5	173 b	1,8 a	68
	<i>F pr.</i>	<0,001	<i>n.s.</i>	0,013	<0,001	<i>n.s.</i>

Tabel 10. Droge-stofopbrengst en stikstof- en fosfaatafvoer van de snijmaïs bij de twee plantdichtheden, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten en gemiddeld over 2018-2021

Plantgetal (planten per m ²)	Droge-stof- opbrengst (ton/ha)	N-afvoer (kg/ha)	Fosfaatafvoer (kg/ha)
7,6	18,6 a	217	87
9,1	19,3 b	219	87
<i>F pr.</i>	<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Onderzaai vanggewas

Het effect van de onderzaai met rietzwenkgras en Italiaans raagrass op de droge-stofopbrengst van de maïs en de stikstof- en fosfaatafvoer per jaar is weergegeven in tabel 11 en over de vier jaren gemiddeld in tabel 13. De onderzaai had in 2018 geen significant effect op de droge-stofopbrengst en

de stikstof- en fosfaatafvoer van de maïs. Ook was er geen significante interactie met plantgetal en/of ras. In de andere drie jaren was er wel een significant effect van onderzaai op de droge-stofopbrengst. Bij de onderzaai met rietzwenkgras was de droge-stofopbrengst in alle drie de jaren (2019 t/m 2021) significant lager dan bij de onderzaai van Italiaans raaigras of geen onderzaai, waarschijnlijk door concurrentie tussen het rietzwenkgras en de maïs. De onderzaai van Italiaans raaigras had geen negatief effect op de droge-stofopbrengst. In 2019 was er een significant interactie-effect tussen ras en onderzaai voor de droge-stofopbrengst (tabel 12). Bij de rassen 1 en 2 leidde de onderzaai van rietzwenkgras tot een wat lagere opbrengst en bij ras 3 gaf het geen (significant) lagere opbrengst. In 2018, 2020 en 2021 was er geen significante interactie.

Het N-gehalte in de droge stof van de maïs was bij onderzaai van rietzwenkgras iets lager (veelal niet significant). De N-afvoer was bij onderzaai van rietzwenkgras in 2019, 2020 en 2021 significant lager t.o.v. geen onderzaai of onderzaai van het raaigras. In 2020 gaf de onderzaai een significant lager P-gehalte in de maïs. In de overige jaren had het geen significant effect op het P-gehalte van de maïs. De fosfaatafvoer was bij rietzwenkgras in 2019 en 2020 significant lager dan bij geen onderzaai. Dat gold niet voor onderzaai van Italiaans raaigras.

Gemiddeld over de vier jaren waren de droge-stofopbrengst en N-afvoer door de maïs bij onderzaai van rietzwenkgras significant lager dan bij geen onderzaai of onderzaai van Italiaans raaigras. De verschillen in fosfaatafvoer waren niet significant.

Tabel 11. Droge-stofproductie en stikstof- en fosfaatafvoer van de snijmaïs (ton/ha) per jaar en onderzaai-object, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden

Jaar	Onderzaai	Droge-stof-opbrengst (ton/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	N-afvoer (kg/ha)	P-gehalte (g/kg d.s.)	Fosfaat-afvoer (kg/ha)
2018	Geen	22,0	12,4	272	1,9	98
	rietzwenkgras	22,1	12,3	271	2,0	103
	Italiaans raaigras	22,2	12,4	274	2,0	101
	<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2019	Geen	20,6 b	11,2	231 b	2,4	112 b
	rietzwenkgras	19,5 a	11,0	214 a	2,4	105 a
	Italiaans raaigras	20,6 b	11,1	229 b	2,4	112 b
	<i>F pr.</i>	0,010	<i>n.s.</i>	0,001	<i>n.s.</i>	0,018
2020	Geen	17,6 b	12,3 b	215 b	1,8 b	72 b
	rietzwenkgras	16,7 a	11,9 a	197 a	1,7 a	66 a
	Italiaans raaigras	17,6 b	12,1 ab	212 b	1,7 a	69 ab
	<i>F pr.</i>	<0,001	0,022	<0,001	0,024	<0,001
2021	Geen	16,2 b	10,7	173 b	1,9	69
	rietzwenkgras	15,3 a	10,3	157 a	1,9	66
	Italiaans raaigras	16,1 b	10,6	171 b	1,8	68
	<i>F pr.</i>	0,012	<i>n.s.</i>	0,025	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Tabel 12. Droge-stofproductie en stikstof- en fosfaatafvoer van de snijmaïs (ton/ha) in 2019 per ras en onderzaai-object, gemiddeld over de plantdichtheden

Ras	Onderzaai	Droge-stof-opbrengst (ton/ha)	N-afvoer (kg/ha)	Fosfaatafvoer (kg/ha)
Ras 1	Geen	21,8 d	245	108
	rietzwenkgras	20,2 bc	219	97
	Italiaans raaigras	21,3 d	231	101
Ras 2	Geen	20,9 cd	228	115
	rietzwenkgras	19,4 ab	212	108
	Italiaans raaigras	21,6 d	233	122
Ras 3	Geen	19,0 a	219	111
	rietzwenkgras	18,9 a	213	110
	Italiaans raaigras	19,1 a	224	113
<i>F pr.</i> ¹		0,035	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen ras en onderzaai.

Tabel 13. Droge-stofproductie en stikstof- en fosfaatafvoer van de snijmaïs (ton/ha) per onderzaai-object, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden en gemiddeld over 2018-2021

Onderzaai	Droge-stof-opbrengst (ton/ha)	N-afvoer (kg/ha)	Fosfaatafvoer (kg/ha)
Geen	19,1 b	223 b	88
rietzwenkgras	18,5 a	210 a	86
Italiaans raaigras	19,2 b	222 b	87
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<i>n.s.</i>

Maïsras

In de tabel 14 zijn de effecten van het ras op de droge-stofopbrengst en de N-afvoer en fosfaatafvoer per jaar weergegeven. In 2018 was er geen significant verschil in droge-stofopbrengst en stikstof- en fosfaatafvoer tussen de drie maïsrassen. In de andere jaren wisselde het per jaar welk ras de hoogste opbrengst gaf. Ras 1 (vroeg oogst) gaf in 2020 en 2021 een aanmerkelijk lagere opbrengst dan ras 2 en 3, omdat het vroegtijdig (onrijp) is geoogst waardoor ook de groeiperiode korter was. Er waren ook verschillen in N-afvoer tussen de rassen, maar die waren in geen enkel jaar significant. In 2019 en 2021 waren er significante verschillen in fosfaatafvoer. Met name in 2021 was bij ras 1 de fosfaatafvoer aanmerkelijk lager dan bij ras 2. Omdat de rassen verschilden per jaar, is geen gemiddelde over de vier jaren samen weergegeven.

Tabel 14. Droge-stofproductie en stikstof- en fosfaatafvoer van de snijmaïs (ton/ha) in 2018 per ras, gemiddeld over de plantdichtheden en onderzaai-objecten

Jaar	Ras	Droge-stof-opbrengst (ton/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	N-afvoer (kg/ha)	P-gehalte (g/kg d.s.)	Fosfaatafvoer (kg/ha)
2018	Ras 1	22,5	12,0	270	1,9 a	100
	Ras 2	21,5	12,6	270	2,0 b	99
	Ras 3	22,3	12,4	277	2,0 b	103
	<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i><0,001</i>	<i>n.s.</i>
2019	Ras 1	21,1 b	11,0 a	231	2,1 a	102 a
	Ras 2	20,6 b	10,9 a	224	2,4 b	115 b
	Ras 3	19,0 a	11,5 a	219	2,6 c	112 b
	<i>F pr.</i>	<i>0,002</i>	<i>0,080</i>	<i>n.s.</i>	<i><0,001</i>	<i>0,053</i>
2020	Ras 1	15,7 a	12,9 b	203	1,9 b	67
	Ras 2	17,3 b	12,2 b	209	1,8 b	70
	Ras 3	19,0 c	11,2 a	212	1,6 a	70
	<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i>0,010</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,011</i>	<i>n.s.</i>
2021	Ras 1	14,4 a	10,6	153 a	1,7 a	56 a
	Ras 2	17,3 b	10,4	181 a	2,0 b	79 b
	<i>F pr.</i>	<i>0,004</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,091</i>	<i>0,034</i>	<i>0,005</i>

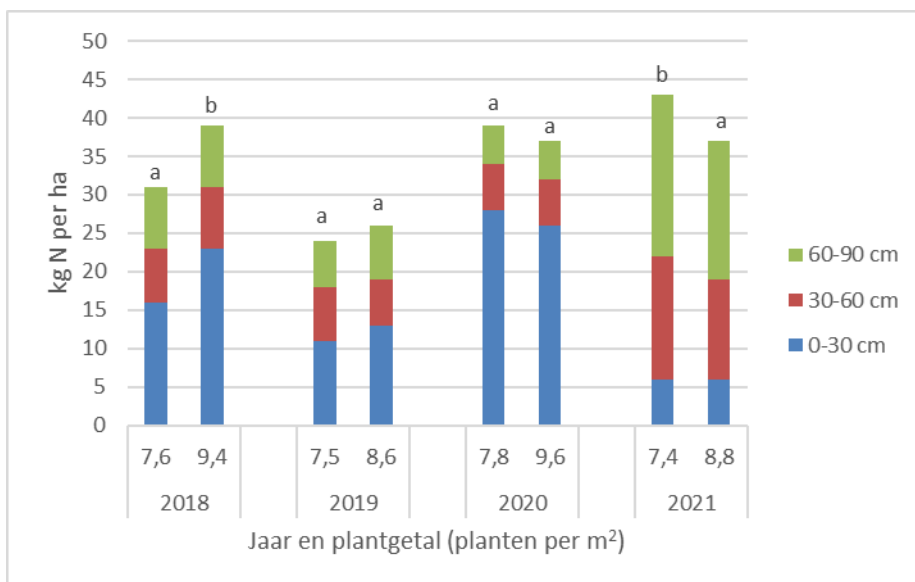
3.1.3 Nmin-mineraal in de bodem na oogst

De N-mineraal (Nmin) in de bodemlaag 0-90 cm na oogst is weergegeven in de figuren 1, 2 en 3 voor respectievelijk de plantdichtheden, onderzaai-objecten en rassen. De cijfers met statistische gegevens per bodemlaag zijn weergegeven in bijlage 6.

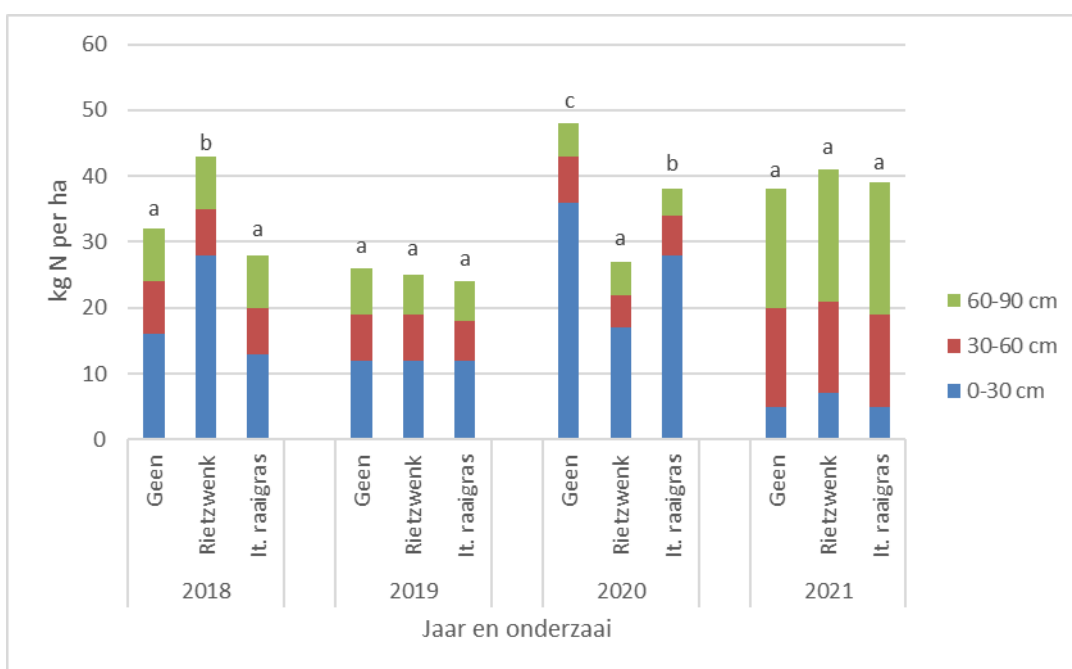
Bij het hogere plantgetal was de Nmin in 2018 significant hoger en in 2021 significant lager dan bij de lagere plantdichtheid. In 2019 en 2020 was er geen significant verschil.

Bij onderzaai van rietzwenkgras was de Nmin in 2018 significant hoger dan bij geen onderzaai en onderzaai van Italiaans raaigras. In 2020 was de Nmin bij rietzwenkgras significant lager dan bij geen onderzaai. In 2019 en 2021 was er geen significant verschil.

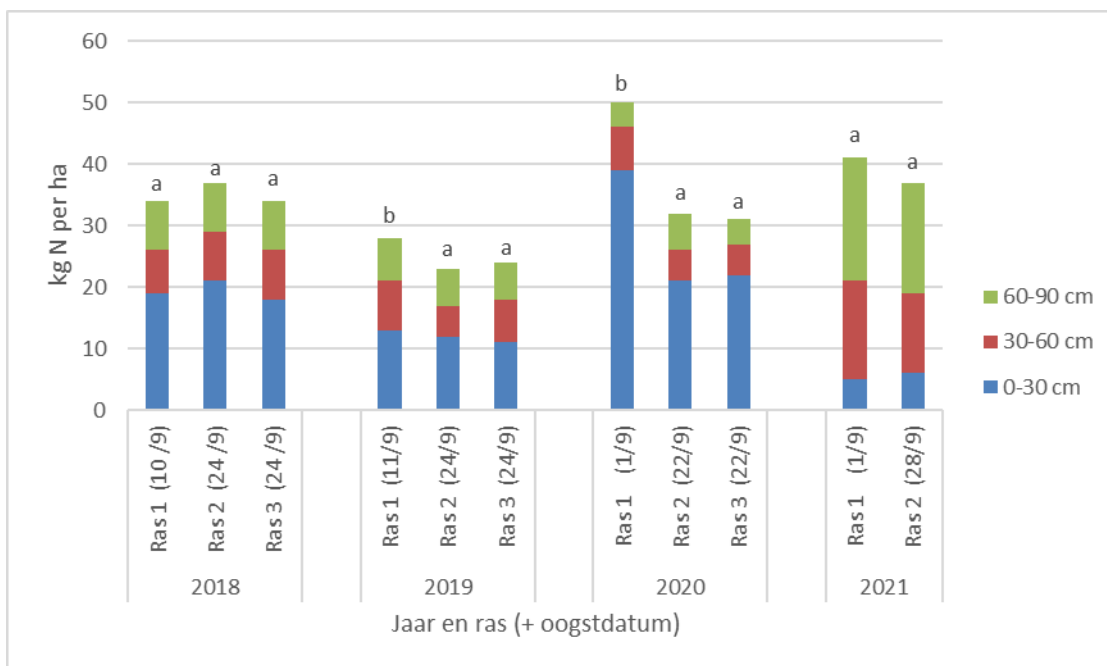
In 2018 en 2021 verschilde de Nmin niet significant tussen de maïsrassen/oogstmomenten. In 2019 en 2020 was deze significant hoger bij ras 1 (de vroege oogst) dan bij de rassen 2 en 3 (de late oogst).



*Figuur 1. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de snijmaïs per jaar bij de twee plantdichtheden, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten
(De lettercodes geven significante verschillen aan voor de bodemlaag 0-90 cm voor de vergelijking tussen de objecten binnen elk jaar, niet tussen de jaren.)*



*Figuur 2. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de snijmaïs bij de onderzaai-objecten per jaar, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden
(De lettercodes geven significante verschillen aan voor de bodemlaag 0-90 cm voor de vergelijking tussen de objecten binnen elk jaar, niet tussen de jaren.)*



Figuur 3. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de snijmaïs per jaar bij de rassen/oogstmomenten, gemiddeld over de plantdichtheden en onderzaai-objecten (De lettercodes geven significante verschillen aan voor de bodemlaag 0-90 cm voor de vergelijking tussen de objecten binnen elk jaar, niet tussen de jaren.)

3.2 Resultaten vanggewassen

3.2.1 Ontwikkeling van de vanggewassen

In paragraaf 3.2.1 is de ontwikkeling van de vanggewassen beschreven. Een uitgebreide beoordeling van de gewasontwikkeling is weergegeven in bijlage 7.

3.2.1.1 Gewasontwikkeling vanggewassen 2018

Na de droge, warme zomer van 2018 was ook het najaar vrij warm en droog. Qua temperatuur en zon waren de groeiomstandigheden echter gunstig in het najaar. De winter was zacht en droger dan normaal.

Door de droogte in de zomer van 2018 groeiden de ondergezaaide vanggewassen slecht, het rietzwenkgras nog slechter dan het Italiaans raaigras. Ook na de maïsoogst groeiden de gewassen nauwelijks door de droogte in september. Later in het najaar, toen de bodem vochtiger was, herstelde het Italiaans raaigras zich, maar het rietzwenkgras niet. In de winter stond er bij het rietzwenkgras dermate weinig gewasmassa op het veld en was de bodembedekking dermate onregelmatig (veel kale plekken in de veldjes), dat geen goede bepaling van de hoeveelheid biomassa en opgenomen stikstof mogelijk was. Dit is daarom vervallen.

Verder ontwikkelden de ondergezaaide gewassen zich bij ras 3 slechter dan bij de rassen 1 en 2. Ook ontwikkelde het Italiaans raaigras zich bij de lagere plantdichtheid van de maïs beter dan bij de hogere, terwijl dit bij het rietzwenkgras niet verschilde.

De vanggewassen die in 2018 na oogst zijn gezaaid (winterrogge, Japanse haver en wintergerst), ontwikkelden zich ondanks de droogte in het najaar goed en ook veel beter dan de ondergezaaide vanggewassen. Wel was het na de zaai van 12 september zo droog dat daardoor de begingroei vertraagde. Na de zaai van 25 september was het vochtiger. Daardoor ontwikkelden de 25 september gezaaide vanggewassen zich vlotter dan de 12 september gezaaide vanggewassen en liepen de groeiachterstand in het najaar in. Qua temperatuur en zon waren de weersomstandigheden gunstig in het najaar.

Aanvankelijk waren er effecten van zaaitijd en zaaidichtheid op de gewasontwikkeling in het najaar te zien, maar eind november waren die effecten verdwenen c.q. niet meer zichtbaar. De verschillen in gewasontwikkeling tussen de drie vanggewassen waren gering. Wintergerst stond iets slechter dan winterrogge en Japanse haver.

De Japanse haver ging in 2018 na vorst half januari afsterven. Toen is de bovengrondse drogestofopbrengst en N-inhoud bepaald. Van de winterrogge, wintergerst en het Italiaans raaigras zijn deze eind februari bepaald.

3.2.1.2 Gewasontwikkeling vanggewassen 2019

Evenals in 2018 bleef het in 2019 lang droog in de nazomer, tot eind september. Tussen eind september en half oktober viel er veel neerslag. De periode erna was droger dan normaal tot februari. Februari was een natte maand en ook maart was vrij nat. De temperatuur in de herfst was gemiddeld genomen normaal. De winter was zacht en warmer dan normaal.

In tegenstelling tot 2018 ontwikkelde het rietzwenkgras zich in 2019 wel goed onder de maïs en ook na de maïs oogst groeide het goed door in het najaar. De ontwikkeling van de vanggewassen was bij de lagere plantdichtheid van de maïs met name bij het rietzwenkgras wat beter dan bij de hogere plantdichtheid. Er was in de zomer geen duidelijk effect van het maïsras op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen. De gewasgroei was in het najaar na ras 1 beter dan na ras 3 en was ook beter bij de lagere plantdichtheid van de maïs. Deze effecten kwamen bij het Italiaans raaigras sterker tot uiting dan bij het rietzwenkgras.

Evenals in 2018 was het in september zo droog dat daardoor de begingroei van de op 13 september na oogst gezaaide vanggewassen vertraagde. Pas begin oktober, nadat er regen was gevallen, was de grond vochtiger. Daardoor ontwikkelden de 25 september gezaaide vanggewassen zich vlotter dan de 13 september gezaaide vanggewassen en liepen evenals in 2018 de groeiachterstand in het najaar in. Over het geheel was de gewasontwikkeling van de vanggewassen na oogst in het najaar van 2019 echter minder goed dan in 2018.

Eind oktober was de gewasontwikkeling bij de vroegere zaai gemiddeld beter dan bij de latere zaai en ook was deze bij de hogere zaaidichtheid beter dan bij de lagere zaaidichtheid, maar half januari waren er nauwelijks nog verschillen te zien. De wintergerst ontwikkelde zich gemiddeld genomen wat minder goed dan de winterrogge en de Japanse haver. De wintergerst vertoonde half januari bladvergelting: zo'n 10-20% van het blad was geel gekleurd.

De Japanse haver stierf niet vroegtijdig door vorst af. Half februari 2020 is van alle vanggewassen de bovengrondse drogestofopbrengst en N-inhoud bepaald.

3.2.1.3 Gewasontwikkeling vanggewassen 2020

De herfst van 2020 was wat warmer dan normaal. De winter kende afwisselend relatief warmere perioden en koudere perioden. De nazomer was droog, tot aan oktober. In oktober viel iets minder neerslag dan normaal. November, december en begin januari waren droog. De rest van januari was nat, maar februari was weer droger dan normaal. Maart was wat natter dan normaal.

Het rietzwenkgras ontwikkelde zich in 2020 beter onder de maïs dan het Italiaans raaigras en behield die voorsprong ook in het najaar. Bij de lagere plantdichtheid ontwikkelde het raaigras zich onder de maïs beter dan bij de hogere plantdichtheid, terwijl dit bij rietzwenkgras nauwelijks verschil uitmaakte. Na de maïs oogst was de ontwikkeling van beide vanggewassen beter na de lagere plantdichtheid dan na het hogere. Bij Italiaans raaigras was dit verschil groter dan bij rietzwenkgras. Het maïsras had in de zomer geen duidelijk effect op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen. Na de maïs oogst was er wel een effect van maïsras c.q. oogstmoment op de ontwikkeling: deze was na de vroegere oogst beter dan na de latere oogst. Verder was het verschil in ontwikkeling tussen rietzwenkgras en Italiaans raaigras kleiner na de vroegere oogst dan na de latere oogst.

De na oogst gezaaide vanggewassen groeiden in het najaar van 2020 beter dan in het najaar van 2019, maar minder goed dan in het najaar van 2018. De gewasontwikkeling was eind oktober aanmerkelijk beter naarmate vroeger was gezaaid, maar later nivelleerden de verschillen. De Japanse haver was eind oktober bij de vroege zaai beter ontwikkeld dan winterrogge en wintergerst, maar bij

de latere zaai waren er geen duidelijke verschillen te zien tussen de gewassen. Zaaidichtheid had niet of nauwelijks effect op de gewasontwikkeling.

Begin januari was de wintergerst gemiddeld genomen wat minder goed gegroeid dan de winterrogge en Japanse haver. De vroeg gezaaide Japanse haver vertoonde vorstschade, de later gezaaide (nog) niet.

Van de vroeg gezaaide Japanse haver is begin januari de droge-stofopbrengst en N-inhoud bepaald en van de later gezaaide Japanse haver begin februari, nadat ook deze na vorst begon af te sterven. Van de overige vanggewassen is het begin maart bepaald.

3.2.1.4 Gewasontwikkeling vanggewassen 2021

September 2021 was een vrij warme, droge maand. De herfst was verder vrij zacht en vrij droog. De winter was zeer zacht met weinig vorst. Februari was een erg natte maand. December, januari en maart waren droger dan normaal.

Het maïsras en oogstmoment van de maïs hadden in de zomer en het najaar geen zichtbaar effect op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen. De gewasontwikkeling van het Italiaans raaigras was beter dan die van het rietzwenkgras.

Begin september waren de vanggewassen bij de lagere plantdichtheid zichtbaar beter ontwikkeld dan bij de hogere plantdichtheid. Verder was het Italiaans raaigras bij ras 2 beter ontwikkeld dan bij ras 1, terwijl het rietzwenkgras bij beide maïsrassen evengoed was ontwikkeld. Later in het najaar verdwenen deze verschillen echter weer.

De vanggewassen die in 2021 na oogst zijn gezaaid, groeiden minder goed dan in 2020, met name bij het latere zaaimoment. Eind oktober was na de vroege zaai de ontwikkeling van de Japanse haver het beste, maar bij de latere zaai waren er geen duidelijke verschillen tussen de gewassen. De Japanse haver liep begin december vorstschade op. Toen is de droge-stofopbrengst en N-opname vastgesteld. Bij de overige vanggewassen is dit eind februari vastgesteld.

Begin januari hadden de vroeg gezaaide Japanse haver en wintergerst de bodem meer bedekt dan de later gezaaide, terwijl er bij winterrogge geen zichtbaar verschil was.

Bij de vroeg gezaaide vanggewassen was er geen zichtbaar verschil in ontwikkeling tussen de hoge en lagere zaaidichtheid. Bij de later gezaaide vanggewassen was de ontwikkeling bij de hogere zaaidichtheid beter dan bij de lagere zaaidichtheid.

3.2.2 Droge-stofproductie, stikstofopname vanggewassen en N-overschot

In paragraaf 3.3.3. zijn de droge-stofopbrengst van de bovengrondse plantdelen van de vanggewassen weergegeven, de stikstofopname in de bovengrondse delen en de totale stikstofopname in boven- en ondergrondse delen.

3.2.2.1 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2018

Zoals vermeld in paragraaf 3.3.1.1. was na de winter van 2018/2019 geen goede opbrengstbepaling mogelijk van het rietzwenkgras en deze is daarom vervallen.

De bovengrondse droge-stofproductie en de N-opname van het Italiaans raaigras was het hoogste na ras 1 en het laagste na ras 3 (tabel 15). Verder waren de droge-stofproducten en N-opname na de lagere plantdichtheden van de maïs significant hoger dan na de hogere plantdichtheden (tabel 16). Er was geen significant interactie-effect tussen ras en plantdichtheid.

Tabel 15. Droge-stofproductie en N-opname van het Italiaans raaigras 2018 na de drie maïsrassen, gemiddeld over de plantdichtheden

Maïsras	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Ras 1	1372 b	15,4 a	21 b	42 b
Ras 2	1073 ab	16,7 ab	18 ab	36 ab
Ras 3	538 a	18,1 b	10 a	21 a
<i>F pr.</i>	<i>0,030</i>	<i>0,040</i>	<i>0,037</i>	<i>0,037</i>

Tabel 16. Droge-stofproductie en N-opname van het Italiaans raaigras 2018 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrassen

Plantgetal	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
7,6	1207 b	16,6	19 b	39 b
9,4	782 a	16,8	13 a	27 a
<i>F pr.</i>	0,010	<i>n.s.</i>	0,006	0,006

Bij de vanggewassen die in 2018 na de oogst van de maïs zijn gezaaid, hadden zaaitijdstip en zaaidichtheid geen significant effect op de bovengrondse droge-stofproductie en op de N-opname. Er waren enkel verschillen tussen de vanggewassoorten (tabel 17). De bovengrondse droge-stofproductie en de totale N-opname van Japanse haver waren significant lager dan die van winterrogge en wintergerst. De lagere droge-stofproductie werd deels gecompenseerd door een hogere N-gehalte in de droge stof.

Tabel 17. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2018, gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
winterrogge	1381 b	18,6 b	25 ab	46 b
Japanse haver	721 a	31,9 c	23 a	38 a
wintergerst	1716 c	16,4 a	27 b	48 b
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	0,022	<0,001

3.2.2.2 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2019

In 2019 hadden maïsrassen, plantdichtheid van de maïs en de gewassoort effect op de totale N-opname van de ondergezaaide vanggewassen. Er waren geen significante interactie-effecten.

Na ras 1 c.q. de vroegere oogst waren de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname significant hoger dan na ras 2 en 3 c.q. de latere oogst (tabel 18). Ook waren ze na het lagere plantgetal van de maïs significant hoger dan na het hogere plantgetal (tabel 19). Het rietzwenkgras gaf een wat hogere bovengrondse droge-stofproductie en N-opname dan het Italiaans raaigras (*n.s.*) en de totale N-opname was ook significant hoger (tabel 20).

Tabel 18. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2019 na de drie maïsrassen, gemiddeld over de plantdichtheden en de twee gewassen

Maïsrassen	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Ras 1	1205 b	21,2 a	24 b	58 b
Ras 2	850 a	23,2 b	18 a	49 a
Ras 3	799 a	23,1 b	18 a	47 a
<i>F pr.</i>	0,050	0,056	0,041	0,020

Tabel 19. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2019 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrassen en de twee gewassen

Plantgetal	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
7,6	1144 b	21,7 a	23 a	55 b
9,4	760 a	23,2 a	17 a	47 a
<i>F pr.</i>	0,043	0,060	0,064	0,048

Tabel 20. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2019, gemiddeld over de maïsrassen en de twee plantdichtheden

Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
rietzwenkgras	1061	23,0 a	23 a	67 b
Italiaans raaigras	842	22,0 a	17 a	35 a
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	0,090	0,070	<0,001

Bij de vanggewassen die in 2019 na oogst zijn gezaaid, waren er bij winterrogge en Japanse haver geen significante verschillen voor de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname tussen de zaaidichtheden. Wintergerst bleef bij de lagere zaaidichtheid sterk achter (tabel 21).

Bij de latere zaai waren de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen iets lager dan bij de vroegere zaai, maar de verschillen waren niet significant.

Tabel 21. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2019 bij de twee zaaidichtheden, gemiddeld over de zaaitijden

Zaai- dichtheid	Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Hoog	winterrogge	1025 b	24,0 a	23 b	43 b
	Japanse haver	1085 b	24,2 a	26 b	42 b
	wintergerst	1180 b	24,5 a	25 b	45 b
Laag	winterrogge	1214 b	21,4 a	25 b	45 b
	Japanse haver	1218 b	23,2 a	28 b	46 b
	wintergerst	446 a	29,7 b	13 a	30 a
<i>F pr.</i> ¹		0,018	0,026	0,018	0,021

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

3.2.2.3 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2020

In 2020 hadden maïsrassen c.q. oogsttijdstip en de gewassoort effect op de totale N-opname van de ondergezaaide vanggewassen. Er waren geen significante interactie-effecten.

Na ras 1 c.q. de vroegere oogst waren de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname significant hoger dan na ras 2 en 3 c.q. de latere oogst (tabel 22), evenals in 2019. Ook waren ze na het lagere plantgetal van de maïs iets hoger dan na het hogere plantgetal, maar het verschil in N-opname was niet significant (tabel 23). Het Italiaans raaigras gaf een significant hogere bovengrondse droge-stofproductie en bovengrondse N-opname dan het rietzwenkgras, maar de totale N-opname was bij het rietzwenkgras significant hoger (tabel 24). Rietzwenkgras neemt meer stikstof op in de ondergrondse delen dan Italiaans raaigras (zie bijlage 5).

Tabel 22. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2020 na de drie maïsrassen, gemiddeld over de plantdichtheden en de twee gewassen

Maïsras	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Ras 1	1411 b	23,8	34 b	73 b
Ras 2	921 a	26,8	24 a	57 a
Ras 3	862 a	24,5	21 a	53 a
<i>F pr.</i>	0,009	<i>n.s.</i>	0,029	0,028

Tabel 23. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2020 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrassen en de twee gewassen

Plantgetal	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
7,8	1154 b	24,3	27	63
9,6	975 a	25,7	25	60
<i>F pr.</i>	0,050	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Tabel 24. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2020, gemiddeld over de maïsrassen en de twee plantdichtheden

Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
rietzwenkgras	956 a	25,6	24 a	68 b
Italiaans raaigras	1173 b	24,4	28 a	54 a
<i>F pr.</i>	0,020	<i>n.s.</i>	0,054	<0,001

Bij de vanggewassen die in 2020 na oogst zijn gezaaid, was de bovengrondse droge-stofproductie van wintergerst significant lager dan die van winterrogge en Japanse haver, maar het N-gehalte in de droge stof was hoger bij wintergerst. De verschillen in N-opname tussen de drie vanggewassen waren niet significant (tabel 25).

Er was in 2020 een significant effect van zaaitijd op de N-opname: deze was wat hoger bij de vroege zaai dan bij de latere zaai (tabel 26).

Zaaidichtheid had geen significant effect op de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen. Ook waren er geen significante interactie-effecten.

Tabel 25. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2020, gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
winterrogge	1402 b	25,9 a	36	60
Japanse haver	1458 b	24,3 a	35	56
wintergerst	1134 a	29,8 b	33	56
<i>F pr.</i>	0,012	<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Tabel 26. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2020 bij de twee zaaitijden, gemiddeld over de gewassoorten en zaaidichtheden

Zaaitijd	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
2 september	1416 a	26,4 a	37 b	60 b
23 september	1246 a	26,9 a	33 a	55 a
<i>F pr.</i>	0,063	<i>n.s.</i>	0,050	0,050

3.2.2.4 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2021

In 2021 hadden maïsrassen c.q. oogsttijdstip en de plantdichtheid van de maïs geen significant effect op de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen. Ook waren er geen significante interactie-effecten. Er was enkel een effect van de gewassoort (tabel 27). Het Italiaans raaigras gaf een wat hogere bovengrondse droge-stofproductie (n.s.) en hogere bovengrondse N-opname dan het rietzwenkgras, maar de totale N-opname was bij het rietzwenkgras significant hoger, door een hogere opname in de ondergrondse delen dan bij Italiaans raaigras (zie bijlage 5).

Tabel 27. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2021, gemiddeld over de maïsrassen en de twee plantdichtheden

Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
rietzwenkgras	692 a	16,4 a	11 a	51 b
Italiaans raaigras	875 a	19,1 b	16 b	34 a
<i>F pr.</i>	0,072	0,037	0,003	<0,001

Bij de vanggewassen die in 2021 na oogst zijn gezaaid, was er een significante interactie tussen zaaimoment en gewassoort. Japanse haver gaf de hoogste bovengrondse droge-stofopbrengst bij de vroege zaai, maar juist de laagste bij de latere zaai (tabel 28). Dit werd deels gecompenseerd door een hoger N-gehalte. Bij de vroege zaai was de N-opname het hoogste bij winterrogge en Japanse haver en bij de latere zaai bij winterrogge.

Zaaidichtheid had geen significant effect op de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen. Ook waren er geen significante interacties met zaaidichtheid.

Tabel 28. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2021 bij de twee zaaidichtheden, gemiddeld over de zaaitijden

Zaaitijd	Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
3 september	winterrogge	1019 b	22,9 c	23 c	43 c
	Japanse haver	1371 c	20,7 bc	28 d	46 c
	wintergerst	788 b	17,9 ab	14 ab	31 ab
24 september	winterrogge	1006 b	17,9 ab	17 b	36 b
	Japanse haver	483 a	30,5 d	14 ab	25 a
	wintergerst	849 b	15,3 a	11 a	28 a
<i>F pr.</i> ¹		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

3.2.2.5 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen over de vier jaren

De verschillen tussen de vanggewassen en de effecten daarop van de proefobjecten verschillen per jaar. Om een beeld te kunnen vormen van de prestatie van de vanggewassen en het effect van de behandelingen in de proef, moeten de resultaten over meerdere jaren gemiddeld worden beschouwd. Omdat rietzwenkgras in de data van 2018 ontbreekt en ras 3 in 2021 niet in de proef was opgenomen, is de proefopzet van het proefdeel met de onderzaai van vanggewassen over de vier jaren heen niet orthogonaal en kan daarom niet met ANOVA worden geanalyseerd. De analyse is daarom uitgevoerd met REML (paragraaf 2.3). Een kanttekening hierbij is dat de resultaten van rietzwenkgras zijn gebaseerd op de proefjaren 2019 t/m 2021. Als de droge-stofproductie en N-opname in 2018 betrouwbaar hadden kunnen worden vastgesteld, waren deze waarschijnlijk zeer laag geweest en zou rietzwenkgras er gemiddeld over de vier jaren slechter uitkomen dan is gepresenteerd in onderstaande tabellen.

Het proefdeel met de zaai van vanggewassen na oogst was over de vier jaar heen was wel orthogonaal en is geanalyseerd met ANOVA.

Het effect van maïsrassen op de ondergezaaide vanggewassen is gemiddeld over de vier jaar niet aan te geven, omdat de rassen niet elk jaar hetzelfde waren. Maar gemiddeld waren de droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen hoger na ras 1 c.q. de vroege oogst dan na de rassen 2 en 3 c.q. de latere oogst. In plaats van ras is daarom oogstmoment in de analyse opgenomen.

De totale N-opname van het rietzwenkgras was hoger dan van het Italiaans raaigras (tabel 29). Bij de vroegere oogst van de maïs waren de bovengrondse droge-stofproductie en totale stikstofopname van de ondergezaaide vanggewassen gemiddeld over de vier jaar hoger dan bij de latere oogst. Het verschil in totale N-opname was bij het Italiaans raaigras groter dan bij het rietzwenkgras. Bij de lagere plantdichtheid van de maïs waren de bovengrondse droge-stofproductie en (totale) stikstofopname van de vanggewas hoger dan na de hoger plantdichtheid (tabel 30). Er waren geen significante interactie-effecten tussen plantdichtheid en vanggewassoort en/of oogstmoment van de maïs.

Tabel 29. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen bij de twee oogstmomenten van de maïs, gemiddeld over de twee plantdichtheden en de vier jaar

Oogst maïs	Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
1-11 september	rietzwenkgras	1073 b	21 bc	64 c
	Italiaans raaigras	1306 b	25 c	49 b
22-28 september	rietzwenkgras	828 a	17 ab	58 c
	Italiaans raaigras	772 a	16 a	33 a
<i>F pr. interactie¹</i>		0,055	0,064	0,013
<i>F pr. oogstmoment²</i>		<0,001	<0,001	<0,001
<i>F pr. vanggewas</i>		n.s.	n.s.	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen oogstmoment van de maïs en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van oogstmoment, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de oogstmomenten.

Tabel 30. Droge-stofproductie en N-opname van de ondergezaaide vanggewassen in 2020 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de twee gewassen, de oogstmomenten van de maïs en de vier jaar

Plantgetal	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
7,6	1122 b	22 b	54 b
9,1	867 a	18 a	48 a
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	0,005

Bij de vanggewassen die na oogst zijn gezaaid, was er bij de vroege zaai gemiddeld over de vier jaar geen significant verschil in bovengrondse droge-stofproductie en totale N-opname, hoewel de N-opname van wintergerst iets lager was dan van de andere twee vanggewassen (tabel 31). Bij de latere zaai waren er wel significante verschillen. De bovengrondse droge-stofproductie en totale N-opname van winterrogge was het hoogste.

Bij de hogere zaaidichtheid was de bovengrondse droge-stofproductie van wintergerst het hoogste, maar bij de lagere zaaidichtheid het laagste van de drie vanggewassen (tabel 32). De N-opname van winterrogge was het hoogste. Er was geen significant interactie tussen zaaitijd, zaaidichtheid en vanggewas.

Tabel 31. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen bij de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden en de vier jaar

Zaaitijd	Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
2-13 sep	winterrogge	1203 bc	27 cd	48 c
	Japanse haver	1255 c	29 d	47 c
	wintergerst	1152 bc	24 bc	45 bc
23-25 sep	winterrogge	1255 c	26 bc	46 c
	Japanse haver	873 a	24 ab	39 a
	wintergerst	1088 b	21 a	41 ab
<i>F pr. interactie¹</i>		0,001	0,092	0,049
<i>F pr. zaaitijd²</i>		0,008	<0,001	<0,001
<i>F pr. vangggewas³</i>		0,021	<0,001	0,002

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

Tabel 32. Droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen bij de twee zaaidichtheden, gemiddeld over de zaaitijden en over de vier proefjaren

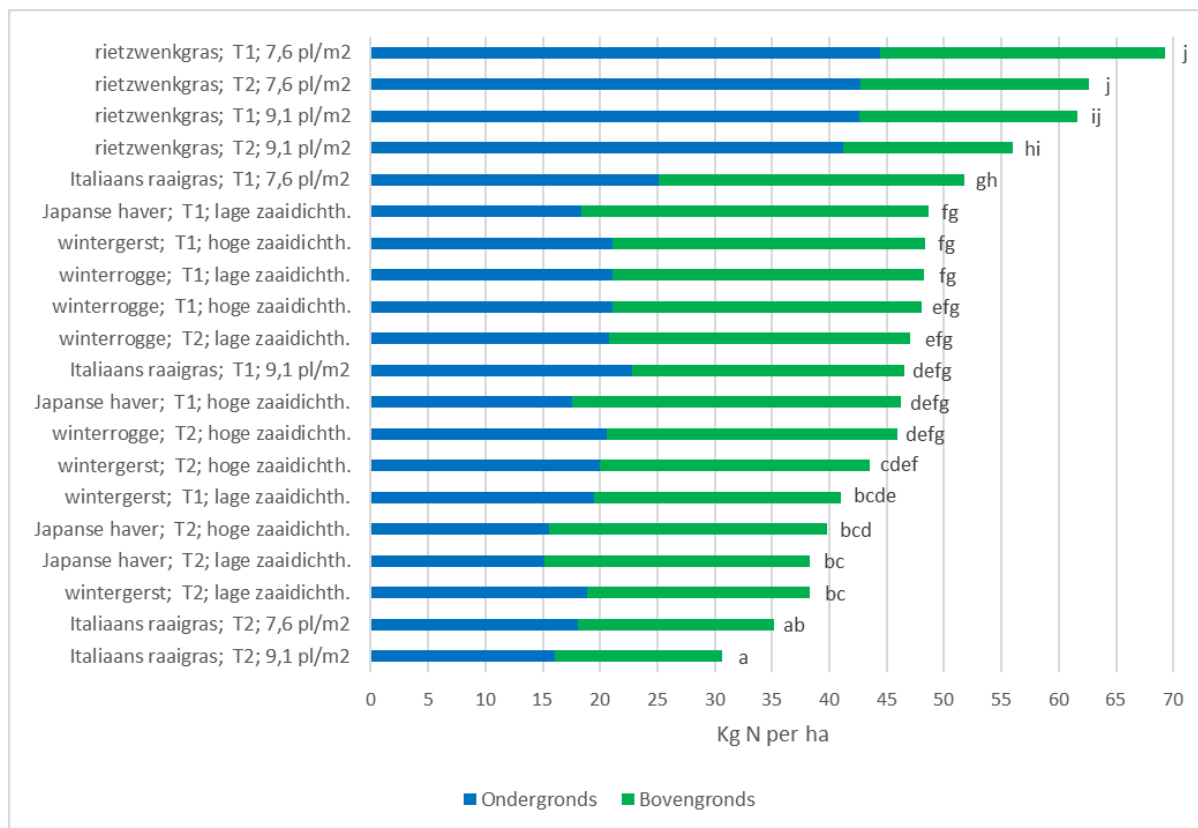
Zaaidichtheid	Vanggewas	Bovengrondse droge stof (kg/ha)	Bovengrondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Hoog	winterrogge	1172 bc	26 b	47 cd
	Japanse haver	1071 ab	26 b	43 ab
	wintergerst	1250 c	25 b	46 bcd
Laag	winterrogge	1286 c	27 b	48 d
	Japanse haver	1058 ab	27 b	43 abc
	wintergerst	991 a	21 a	40 a
<i>F pr. interactie¹</i>		0,008	0,014	0,019
<i>F pr. zaaidichtheid²</i>		n.s.	n.s.	n.s.
<i>F pr. vangggewas³</i>		0,021	<0,001	0,002

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

Tot slot is voor de stikstofopname nog een analyse gedaan over alle individuele vanggewasobjecten samen (met REML). De N-opname was gemiddeld het hoogste bij rietzwenkgras (figuur 4), maar zoals eerder aangeven is daar de mislukte onderteelt van 2018 niet in meegenomen.



Figuur 4. Gemiddelde N-opname door de vanggewassen, voor rietzwenkgras en Italiaans raaigras bij de twee oogstmomenten en de twee plantdichtheden van de maïs en voor de wintergerst, Japanse haver en winterrogge bij de twee zaaimomenten en de twee zaaidichtheden (T1 = vroegere oogst dan wel zaaimoment, T2 = latere oogst dan wel zaaimoment).

3.2.3 Stikstofoverschot inclusief N-opname vanggewassen

Zowel de stikstof die is afgevoerd met het oogstproduct als de stikstof die gedurende de winter is vastgelegd door de vanggewassen, kan in de winter niet verloren gaan. In de tabellen 33 en 34 is het N-overschot weergegeven inclusief de N-opname door het vanggewas: N-totaalgift aan de maïs plus N-depositie minus ammoniakvervluchtigingsverlies (zie bijlage 3) minus N-afvoer met de geoogste maïs minus de vastgelegde stikstof in het vanggewas. De N-opname van het rietzwenkgras in 2018 kon niet worden vastgesteld en is niet op het overschot in mindering gebracht.

Het berekende overschot was meestal negatief: de N-afvoer door het maïsgras plus de N-opname door het vanggewas waren hoger dan de N-aanvoer. Een hoger negatief getal betekent dus een sterkere verlaging van het overschot.

In alle vier de jaren gaf de onderzaai van vanggewassen een significante verlaging van het berekende N-overschot (uitgezonderd rietzwenkgras in 2018). In 2019 was het overschot bij rietzwenkgras lager dan bij Italiaans raaigras, in 2020 en 2021 was er geen significant verschil tussen beide. Afgezien van rietzwenkgras in 2018, bedroeg de verlaging gemiddeld zo'n 40 kg N per ha met een spreiding van ca. 30 tot 50 kg N per ha.

Maïsras dan wel oogstmoment had in geen van de vier jaar significant effect op het overschot. De plantdichtheid van de maïs had in 2018, 2019 en 2020 ook geen significant effect, maar wel in 2021. Gemiddeld over de vier jaar was er geen significant effect van plantdichtheid van de maïs op het N-overschot.

Tabel 33. N-overschot incl. N-opname vanggewas (kg N per ha) bij de onderzaai-objecten, gemiddeld over de maïsrassen en plantdichtheden, per jaar

Vanggewas	2018	2019	2020	2021
geen	-77 b	-21 c	-11 b	23 b
rietzwenkgras	-77 b	-72 a	-61 a	-10 a
Italiaans raagras	-113 a	-54 b	-62 a	-7 a
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tabel 34. N-overschot incl. N-opname vanggewas (kg N per ha) bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrassen en onderzaai-objecten, per jaar

Plantgetal ¹	2018	2019	2020	2021
7,4-7,8	-93	-53	-45	9 b
8,6-9,6	-86	-46	-45	-5 a
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,026

¹ Zie tabel 2 voor de plantgetallen per jaar.

Bij de vanggewassen die na oogst zijn gezaaid, zijn de effecten van vanggewassoort, zaaitijd en zaaidichtheid vergeleken en is ook een vergelijking gemaakt met geen vanggewas na oogst. De referentie hiervoor is object D (ras 1 met 9,5 planten per m² zonder onderzaai van een vanggewas). In 2018, 2019 en 2020 was er enkel een significant verschil in N-overschot tussen wel of geen vanggewas (tabel 35). Bij de vanggewassen onderling waren er geen significante effecten. Ook was er geen significant effect van zaaitijd. In 2021 waren er bij de vroege zaai geen significante verschillen tussen de vanggewassen en bij de latere zaai gaf winterrogge een sterkere verlaging van het overschot dan Japanse haver en wintergerst. Ook gemiddeld over de vier jaar kwam dit effect tot uiting. De verlaging bedroeg gemiddeld ca. 45 kg N per ha met een spreiding van ca. 20 tot 60 kg N per ha.

Zaaidichtheid van de vanggewassen had gemiddeld over de vanggewassen geen significant effect op het N-overschot (tabel 36). Wel was er in 2019 een zwakke interactie met vanggewas en gemiddeld over de vier jaar was er significante interactie. Bij winterrogge en Japanse haver had de zaaidichtheid geen significant effect op het N-overschot. Bij wintergerst leidde de hogere zaaidichtheid tot een sterkere verlaging van het N-overschot dan de lagere zaaidichtheid.

Tabel 35. N-overschot incl. N-opname vanggewas (kg N per ha) bij de vanggewasobjecten na oogst bij de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden, per jaar en gemiddeld over de vier jaren

Zaaitijd	Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021
-	geen	-70	-32	-10	25 d	-22 c
2-13 sep	winterrogge	-121	-73	-61	-3 ab	-64 ab
	Japanse haver	-117	-82	-63	-6 ab	-67 ab
	wintergerst	-131	-69	-71	5 bc	-66 ab
23-25 sep	winterrogge	-124	-82	-66	-10 a	-71 a
	Japanse haver	-111	-80	-64	13 cd	-60 b
	wintergerst	-121	-72	-53	12 cd	-59 b
<i>F pr. interactie¹</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,045	0,088
<i>F pr. zaaitijd²</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<i>F pr. vanggewassen³</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,014	<i>n.s.</i>
<i>F pr. wel/geen vanggewas⁴</i>		<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

⁴ F pr. voor het effect van geen vanggewas versus het gemiddelde van de objecten met vanggewas na oogst.

Tabel 36. N-overschot incl. N-opname vanggewas (kg N per ha) bij de vanggewasobjecten na oogst bij de twee zaaidichtheden, gemiddeld over de zaaitijden, per jaar en gemiddeld over de vier jaren

Zaaidichth.	Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021
Hoog	winterrogge	-123	-76 ab	-59	-12	-67 a
	Japanse haver	-117	-75 ab	-57	8	-60 ab
	wintergerst	-129	-81 a	-66	5	-68 a
Laag	winterrogge	-122	-79 ab	-68	-2	-68 a
	Japanse haver	-111	-87 a	-70	-2	-67 a
	wintergerst	-124	-60 b	-58	13	-57 b
<i>F pr. interactie¹</i>		<i>n.s.</i>	<i>0,061</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,036</i>
<i>F pr. zaaidichtheid²</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<i>F pr. vangggewas³</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

3.2.4 Nmin in de bodem aan het einde van de winter

De Nmin in de bodem aan het einde van de winter was na de relatief droge najaars- en winterperiode van 2018/2019 hoger dan aan het einde van de winter van de andere jaren.

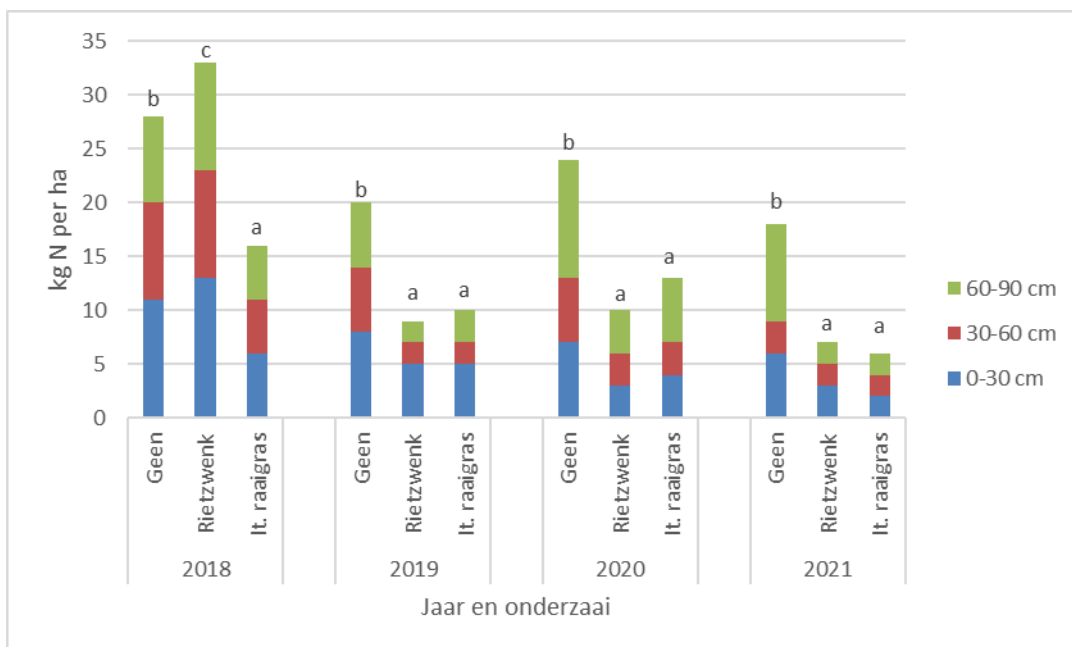
De effecten van de proefobjecten op de minerale N-voorraad in de bodem (Nmin) na de winter waren niet jaarlijks gelijk. In twee jaren was er nog een effect van het maïsras op de Nmin na de winter, maar in de andere twee jaren niet. Ook was er in sommige jaren een invloed van de plantdichtheid van de maïs op de Nmin na de winter, maar die was klein. In 2018, 2019 en 2021 was er bij Japanse haver een effect van zaaidichtheid op de Nmin na de winter, maar ook dit effect was klein. Bij winterrogge en wintergerst was er geen duidelijk effect van zaaitijd. Wel was er in alle jaren een duidelijk effect van de teelt van wel of geen vanggewas op de Nmin na de winter. Verder was de Nmin na de winter in 2018, 2020 en 2021 bij Japanse haver hoger dan bij winterrogge en wintergerst. In deze drie jaren vroomde de Japanse haver in de winter dood, waarna er waarschijnlijk stikstof vrijkwam uit het gewas.

In de figuren 5 en 6 is volstaan met een weergave van de gemiddelde Nmin na de winter bij respectievelijk de onderzaai-objecten en de vanggewasobjecten na oogst. Een uitgebreidere weergave van de resultaten met de cijfers en statistische gegevens per bodemlaag is opgenomen in bijlage 8. De Nmin bij geen vanggewas in figuur 5 is de gemiddelde Nmin na de verschillende maïsrasen en die in figuur 6 is de Nmin na ras 1.

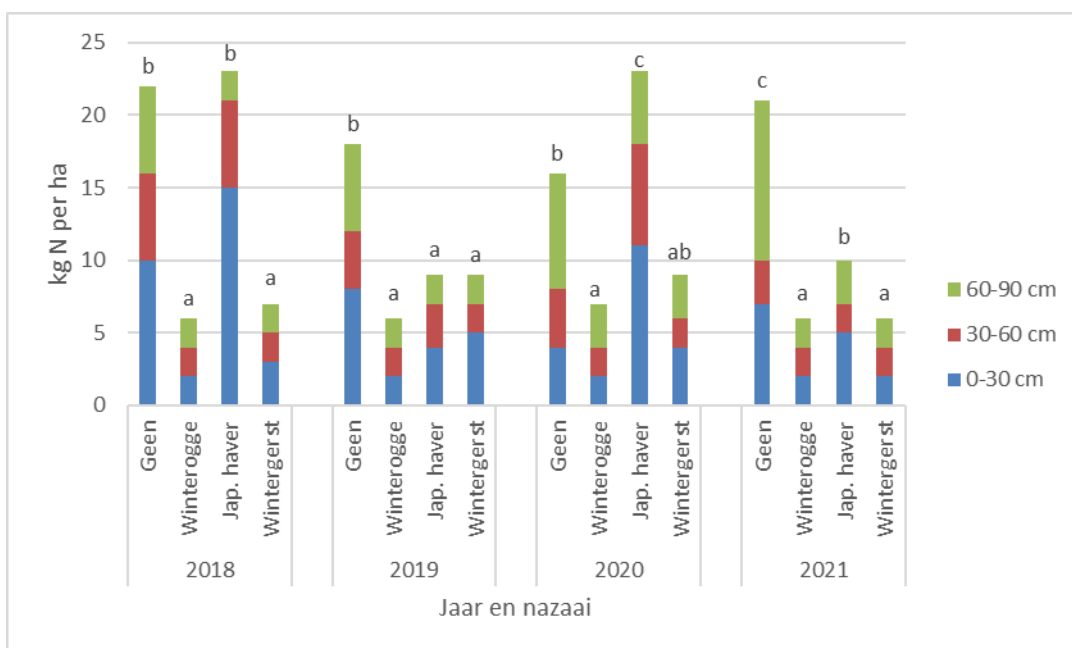
De Nmin na de winter was bij de onderzaai van vanggewassen significant lager dan bij geen vanggewas. Een uitzondering was de mislukte onderteelt van rietzwenkgras in 2018.

Bij de zaai van vanggewassen na oogst was de Nmin na de winter lager dan bij geen vanggewas als winterrogge en wintergerst waren gezaaid, maar niet als Japanse haver was gezaaid in de jaren dat deze in de winter doodvroor.

De hoger Nmin na de winter zonder teelt van een vanggewas duidt erop dat de minerale stikstof in de bodem die niet is opgenomen door een vanggewas, niet allemaal verloren is gegaan. Het effect van de vanggewassen op de reductie van stikstofverlies uit de bodemlaag 0-90 cm is een resultante van de N-opname door het vanggewas en het verschil in Nmin na de winter ten opzichte van geen vanggewas.



Figuur 5. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter bij de onderzaai-objecten, gemiddeld over de maïsrassen en plantdichtheden van de maïs
(De lettercodes geven significante verschillen aan voor de bodemlaag 0-90 cm voor de vergelijking tussen de objecten binnen elk jaar, niet tussen de jaren.)



Figuur 6. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter bij de na oogst gezaaide vanggewassen, gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden
(De lettercodes geven significante verschillen aan voor de bodemlaag 0-90 cm voor de vergelijking tussen de objecten binnen elk jaar, niet tussen de jaren.)

3.2.5 N-bodembalans winterperiode

De reductie van stikstofverlies uit de bodemlaag 0-90 cm is geschat aan de hand van een N-bodembalans voor de winterperiode.

Voor de braakobjecten (zonder vanggewas) is de N-bodembalans voor de laag 0-90 cm in de winterperiode:

$$\text{N-verlies [BR]} = \text{Nmin(0-90) na oogst [BR]} + \text{netto N-mineralisatie [BR]} - \text{Nmin(0-90) eind winter [BR]}$$

Voor de objecten met vanggewas is die balans:

$$\text{N-verlies [VG]} = \text{Nmin(0-90) na oogst [VG]} + \text{netto N-mineralisatie [VG]} - \text{Nmin(0-90) eind winter [VG]} - \text{N-opname vanggewas}$$

Het N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm is de optelsom van:

- uitgespoelde stikstof die in het grondwater terecht is gekomen (de stikstofflux),
- stikstof die is uitgespoeld tot beneden 90 cm van het maaiveld maar zich nog in de onverzadigde zonen boven het grondwater bevindt,
- gasvormig verlies van stikstof door denitrificatie en ammoniakvervluchting.

Netto N-mineralisatie betreft mineralisatie van stikstof uit de bodemorganische stof en uit gewasresten minus immobilisatie van stikstof. De omvang van de netto N-mineralisatie is onbekend. Wanneer wordt aangenomen dat de netto N-mineralisatie in de bodem niet verschilt tussen de braakobjecten en de vanggewasobjecten, kan het verschil in N-verlies worden berekend volgens onderstaande N-balans:

$$\text{N-verlies [BR]} - \text{N-verlies [VG]} = (\text{Nmin(0-90) na oogst [BR]} - \text{Nmin(0-90) eind winter [BR]}) - (\text{Nmin(0-90) na oogst [VG]} - \text{Nmin(0-90) eind winter [VG]} - \text{N-opname vanggewas})$$

Bij de ondergezaaide vanggewassen was er een effect van de gewassoort en in sommige jaren ook van de plantdichtheid van de maïs op de reductie van het N-verlies. In 2020 was er ook een significant effect van maïsras, waarbij de reductie bij ras 1 (vroeg oogst) hoger was dan bij de rassen 2 en 3 (latere oogst). Tussen ras 2 en 3 was geen significant verschil. Deze tendens kwam ook naar voren in 2018 en 2019, maar was in die jaren niet significant. In plaats van ras is daarom oogstmoment van de maïs in de analyse opgenomen. De analyse per jaar is uitgevoerd met ANOVA, die over de jaren heen met REML. Dit laatste levert zogenoemde gefitte waarden op, waarin rekening is gehouden met het jaareffect, die niet gelijk hoeven te zijn aan het rekenkundig gemiddelde.

De reductie was bij rietzwenkgras hoger dan bij Italiaans raaigras (tabel 37). Verder was de reductie bij de vroeg oogst van de maïs bij de lagere plantdichtheid hoger dan bij de hogere plantdichtheid (tabel 38). De vroegere oogst van de maïs gaf gemiddeld over de vier jaar ook een hogere reductie dan de latere oogst bij de lagere plantdichtheid maar niet bij het hogere.

Tabel 37. Reductie N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm (kg N per ha) door de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de drie maïsrasen en plantdichtheden van de maïs, per jaar en gemiddeld over de jaren

Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021 ²
rietzwenkgras	- ¹	55 b	77 b	38 b	55 b
Italiaans raaigras	23	26 a	53 a	21 a	33 a
<i>F pr.</i>		<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,035</i>	<i><0,001</i>

¹ Bij rietzwenkgras kon in 2018 niet worden vastgesteld hoeveel stikstof het gewas had opgenomen (maar dit zal gering zijn geweest). Daardoor kon ook geen N-balans voor de winterperiode worden opgesteld.

² Voor rietzwenkgras alleen gebaseerd op 2019 t/m 2021.

Tabel 38. Reductie N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm (kg N per ha) door de ondergezaaide vanggewassen bij de verschillende oogstmomenten en plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de twee vanggewassen, per jaar en gemiddeld over de jaren

Oogst maïs	Plantgetal ¹	2018 ²	2019	2020	2021	2018-2021
1-11 sep	7,4-7,8	41 b	58 b	99 b	32	67 b
	8,6-9,6	23 ab	35 a	88 b	25	50 a
22-28 sep	7,4-7,8	22 a	36 a	53 a	26	46 a
	8,6-9,6	15 a	39 a	48 a	35	43 a
<i>F pr. interactie³</i>		<i>n.s.</i>	<i>0,023</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,012</i>
<i>F pr. oogst⁴</i>		<i>0,031</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,006</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,002</i>
<i>F pr. plantgetal⁵</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,049</i>

¹ Zie tabel 2 voor de plantgetallen per jaar.

² Alleen vastgesteld op basis van Italiaans raaigras.

³ F pr. voor het interactie-effect tussen oogstmoment en plantdichtheid van de maïs.

⁴ F pr. voor het hoofdeffect van oogstmoment, gemiddeld over de plantdichtheden.

⁵ F pr. voor het hoofdeffect van plantdichtheid, gemiddeld over de oogstmomenten.

Bij de vanggewassen na oogst is het berekende verschil in N-verlies ten opzichte van braak niet weergegeven voor Japanse haver, omdat dit voor drie van de vier jaren een onjuist beeld geeft. De Nmin(0-90 cm) aan het einde van de winter na Japanse haver was verhoogd, doordat er waarschijnlijk stikstof is vrijgekomen uit de afgevroren Japanse haver (zie figuur 6). De N-opname door de Japanse haver was al eerder bepaald, toen het gewas ging afsterven en er nog geen stikstof uit was vrijgekomen. De analyse per jaar alsook over de jaren heen is uitgevoerd met ANOVA.

Het zaaitijdstip had, gemiddeld over de vanggewassen, in geen enkel jaar significant effect op de reductie van het N-verlies en ook niet gemiddeld over de vier jaar. Enkel in 2020 was de reductie bij winterrogge bij de vroege zaai significant hoger dan bij de late zaai (tabel 39). Bij wintergerst was er geen significant verschil.

Het type vanggewas, winterrogge of wintergerst, had in 2018 en 2019 geen significant effect op de reductie van het N-verlies. In 2020 was de reductie bij de vroege zaai bij winterrogge hoger dan bij wintergerst, maar bij de latere zaai was er geen significant verschil. In 2021 gaf winterrogge gemiddeld over de zaaitijden een significant hogere reductie dan wintergerst. Gemiddeld over de vier jaar had het type vanggewas echter geen significant effect op de reductie van het N-verlies.

Het effect van zaaidichtheid verschilde per jaar en vanggewas. In 2019 en 2021 alsook gemiddeld over de vier jaar had zaaidichtheid bij winterrogge geen significant effect op de reductie van het N-verlies en was de reductie bij de lagere zaaidichtheid van wintergerst lager dan bij de hogere zaaidichtheid (tabel 40).

Tabel 39. Reductie N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm (kg N per ha) door de na oogst gezaaide vanggewassen winterrogge en wintergerst, bij de twee zaaitijden, per jaar en gemiddeld over de jaren

Zaaitijd	Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021
2-13 sep	winterrogge	11	24	74 b	26 b	34
	wintergerst	19	25	46 a	15 ab	26
23-25 sep	winterrogge	21	28	47 a	19 ab	29
	wintergerst	24	19	58 ab	8 a	28
<i>F pr.¹</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,035</i>	<i>n.s.²</i>	<i>n.s.</i>

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

² Het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden was wel significant: F pr. = 0,019

Tabel 40. Reductie N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm (kg N per ha) door de vanggewassen, winterrogge en wintergerst bij de twee zaaidichtheden, per jaar en gemiddeld over de jaren

Zaai-dichtheid	Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021
Hoog	winterrogge	12	22 b	56	20 b	28 ab
	wintergerst	16	34 b	61	18 b	32 b
Laag	winterrogge	20	30 b	65	24 b	35 b
	wintergerst	27	10 a	44	5 a	21 a
<i>F pr.</i> ¹		<i>n.s.</i>	<i>0,002</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,054</i>	<i>0,005</i>

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

3.2.6 Nitraatconcentraties ondiepe grondwater

De vanggewassen gaven in alle jaren een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater ten opzichte van geen vanggewas (braak). Bij de ondergezaaide vanggewassen waren de effecten van maïsras en plantgetal van de maïs niet eenduidig. Op sommige meetmomenten waren ze aanwezig, alsook interactie-effecten met de onderzaai, maar op andere momenten niet. Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was er ook regelmatig een effect van zaaitijd op de nitraatconcentratie. Er waren geen significant interactie-effecten tussen vanggewas en zaaimoment, wat betekent dat het effect van zaaitijdstip niet significant verschilde tussen de vanggewassen.

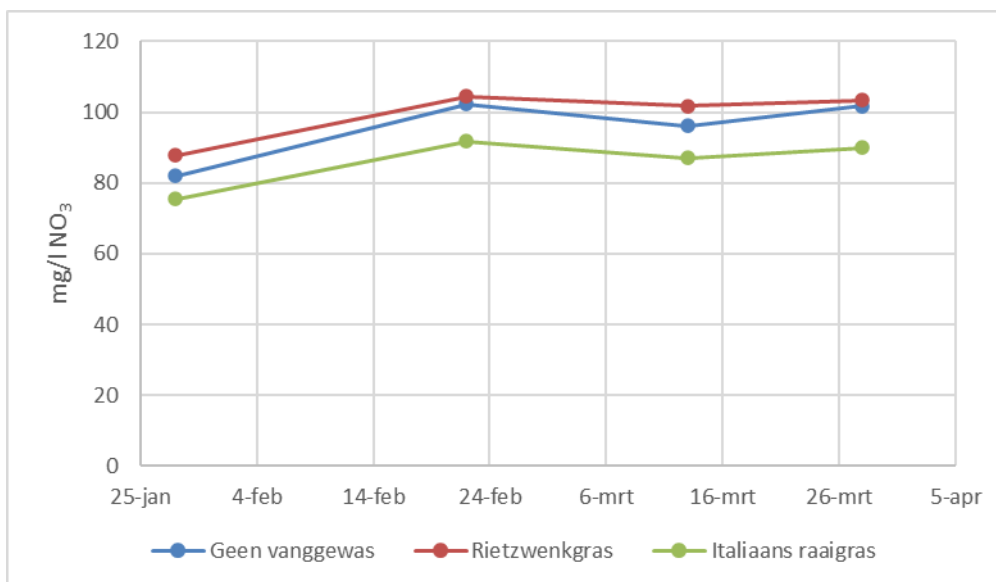
De resultaten zijn hierna per jaar weergegeven. Het effect van de ondergezaaide gewassen, gemiddeld over de maïsrasen en plantdichtheden van de maïs is weergegeven in figuren. De overige effecten zijn, voor zover significant, weergegeven in tabellen. Het effect van de na oogst gezaaide vanggewassen, alsook dat van zaaimoment, is weergegeven in figuren.

3.2.6.1 Nitraatconcentraties grondwater winterperiode 2018/2019

In de winter van 2018/2019 is gemeten van 28 januari t/m 28 maart. De gemiddelde nitraatconcentratie in de proef bedroeg 78 mg/l NO₃ op 28 januari, liep daarna op naar 88 mg/l op 22 februari respectievelijk 86 mg/l op 13 maart en daalde naar 77 mg/l op 28 maart.

Op alle meetmomenten was de nitraatconcentratie bij de onderzaai van Italiaans raaigras significant lager dan bij geen vanggewas (braak). De mislukte teelt van rietzwenkgras gaf geen verlaging van de concentratie (en geen significant verschil t.o.v. braak). De verlaging door het Italiaans raaigras bedroeg gemiddeld over de twee meetmomenten in maart 10 mg/l (figuur 7).

Op 28 maart was er een significant interactie-effect tussen onderzaai en ras (tabel 41) en tussen onderzaai en plantgetal van de maïs (tabel 42). Bij maïsras 1 was de nitraatconcentratie bij braak significant lager dan bij ras 3. Het Italiaans raaigras gaf geen lagere nitraatconcentratie ten opzichte van braak bij maïsras 3. Verder was de nitraatconcentratie bij braak bij het hogere plantgetal van de maïs lager dan bij het lagere plantgetal maar bij Italiaans raaigras was het net andersom. Er was geen significante interactie tussen vanggewasobject, maïsras en plantgetal van de maïs.



Figuur 7. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de onderzaai van vanggewassen in 2018, gemiddeld over de maïsrassen en plantdichtheden van de maïs (F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = 0,005; 0,003; 0,002; 0,004)

Tabel 41. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) op 28 maart 2019 bij de ondergezaaide vanggewassen na de maïsrassen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Maïsras 1	Maïsras 2	Maïsras 3
geen	92 abc	114 d	99 abcd
rietzwenkgras	99 abcd	104 bcd	108 cd
Italiaans raaigras	81 a	85 ab	104 bcd

F pr. interactie-effect = 0,026. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

Tabel 42. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) op 28 maart 2019 bij de ondergezaaide vanggewassen en plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrassen

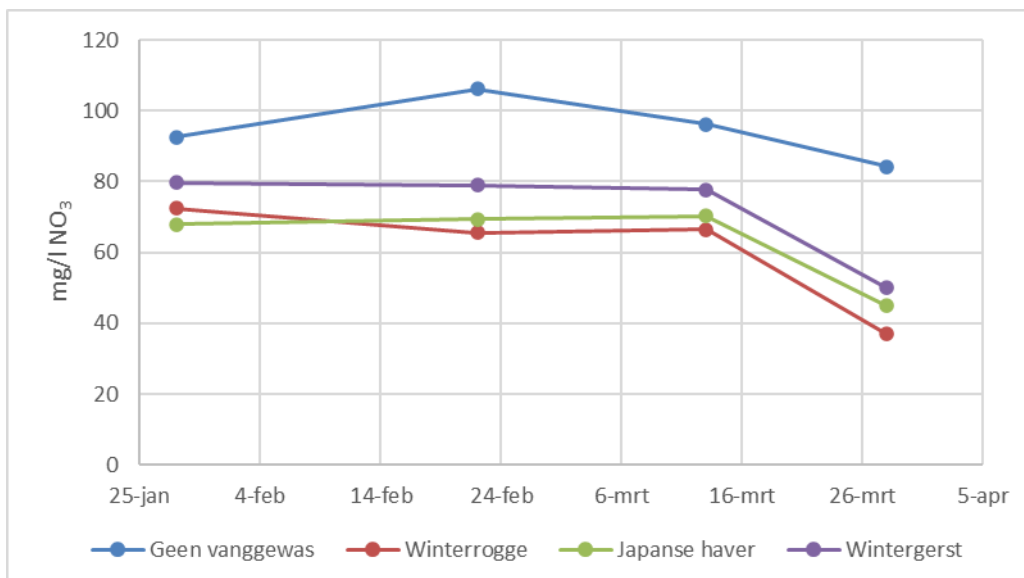
Vanggewas	7,6 planten per m ²	9,4 planten per m ²
geen	109 c	94 b
rietzwenkgras	101 bc	105 bc
Italiaans raaigras	79 a	101 bc

F pr. interactie-effect <0,001. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

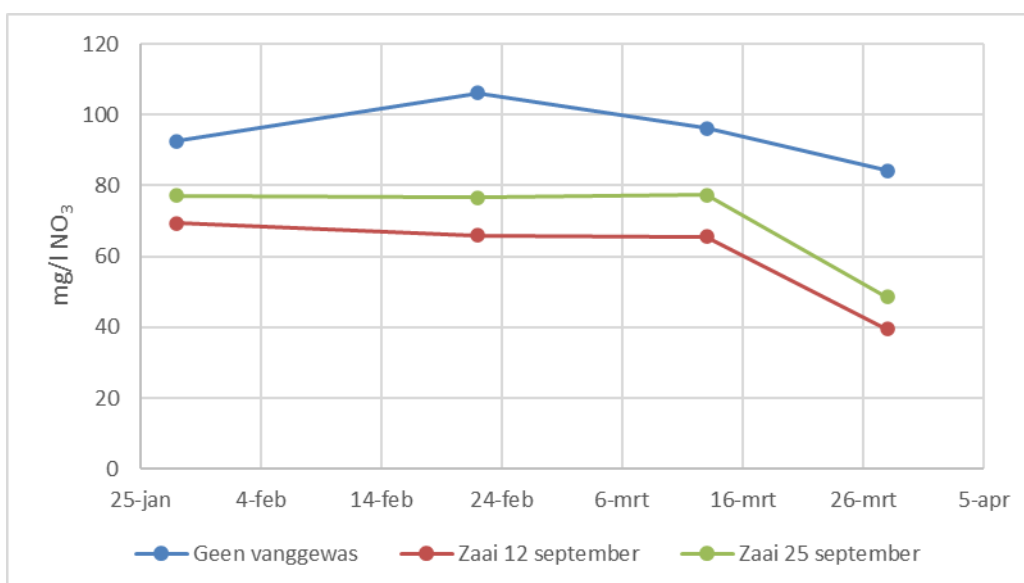
De na oogst gezaaide vanggewassen gaven op alle vier de meetmomenten een significant verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater ten opzichte van geen vanggewas (figuur 8). Wintergerst gaf een wat minder sterke verlaging dan winterrogge en Japanse haver. Enkel op 28 maart was het onderlinge verschil tussen de vanggewassen niet meer significant. Gemiddeld over de twee meetmomenten in maart bedroeg de verlaging 36 mg/l bij winterrogge en Japanse haver en 27 mg/l bij wintergerst.

Bij zaai op 12 september gaven de vanggewassen een significant sterkere verlaging van de nitraatconcentratie dan bij zaai op 25 september (figuur 9).

Bij de lagere zaaidichtheid gaven de vanggewassen gemiddeld genomen een iets sterkere verlaging van de nitraatconcentratie dan bij de hogere zaaidichtheid. Het verschil was echter niet significant, behalve op 28 maart (F pr. = 0,023). De verlaging bedroeg gemiddeld 34 mg/l bij de hogere zaaidichtheid en 47 mg/l bij de lagere.



Figuur 8. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de na oogst gezaaide vanggewassen in 2018 (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden
(F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = 0,023; <0,001; 0,002; <0,001)



Figuur 9. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode per zaaimoment van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2018 (bij maïsras 1), gemiddeld over de vanggewassen en zaaidichtheden
(F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = 0,091; 0,050; 0,006; 0,099)

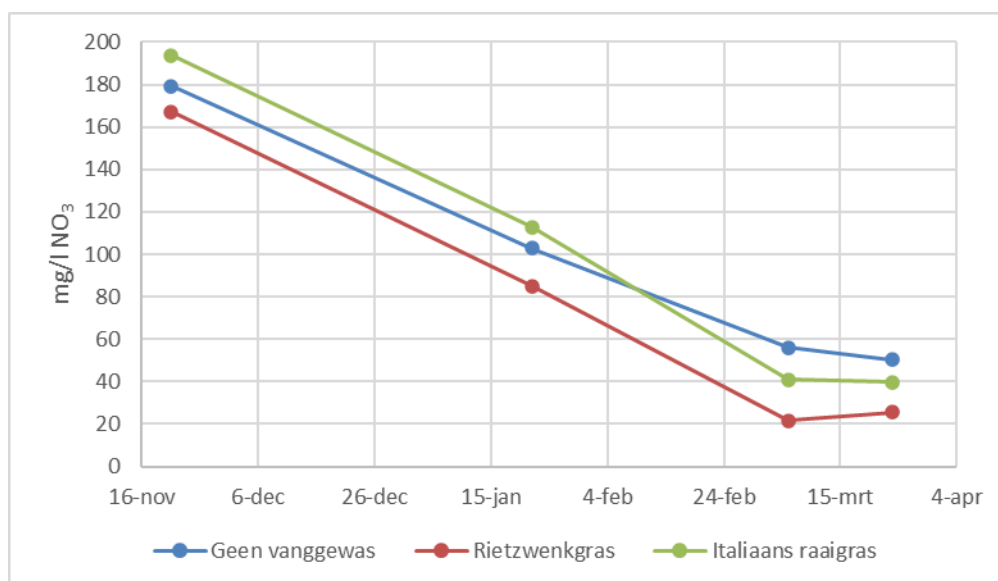
3.2.6.2 Nitraatconcentraties winterperiode 2019/2020

In de winter van 2019/2020 is gemeten van 21 november t/m 24 maart. De gemiddelde nitraatconcentratie in de proef op 21 november was hoog: 179 mg/l NO₃. Dit betreft waarschijnlijk nog het overgebleven nitraat in het grondwater van het voorgaande groeiseizoen en/of stikstof van het vorige groeiseizoen die is uitgespoeld tot beneden 90 cm -mv, maar zich nog in de onverzadigde zone boven het grondwater bevond en na een zeer natte periode in de eerste helft van oktober (figuur B4.6 in bijlage 4) door neerwaarts transport van water alsnog in het grondwater is gekomen. Aangezien de grondwaterstand nog heel laag was op 21 november (233 cm -mv; zie tabel B3.2 in bijlage 3) had er waarschijnlijk nog geen uitspoeling van nitraat vanuit de bovengrond naar het grondwater plaatsgevonden en kan de hoge nitraatconcentratie niet worden toegeschreven aan de

maïsteelt van 2019. Na die eerste meting daalde de concentratie naar 98 mg/l op 22 januari en 30 mg/l op 6 maart respectievelijk 31 mg/l op 24 maart. Die sterke daling zal een gevolg zijn van verdunning door een hoge hoeveelheid neerslag in februari en de eerste twee decaden van maart (zie figuur B4.6 in bijlage 4).

Op alle meetmomenten was de nitraatconcentratie bij de onderzaai van rietzwenkgras significant lager dan bij geen vanggewas (braak). De verlaging bedroeg gemiddeld over de twee meetmomenten in maart 30 mg/l. Het Italiaans raaigras gaf aanvankelijk geen verlaging, maar later wel (significant) op de beide meetmomenten in maart. De verlaging bedroeg gemiddeld 13 mg/l (figuur 10).

Op 22 januari was er een significant interactie-effect tussen onderzaai en maïsras (tabel 43) en tussen onderzaai en plantgetal van de maïs (tabel 44). Italiaans raaigras gaf een significant hogere nitraatconcentratie na ras 2 ten opzichte van braak. Verder was de nitraatconcentratie bij braak bij het hogere plantgetal van de maïs lager dan bij het lagere plantgetal, bij rietzwenkgras was het net andersom en bij Italiaans raaigras was er geen significant verschil ten opzichte van braak. Op 6 maart waren deze effecten weer verdwenen. Op 24 maart was er wederom een interactie (zwak significant) tussen onderzaai en maïsras (tabel 45). Het rietzwenkgras gaf na alle maïsrasen een significante verlaging van de nitraatconcentratie, het Italiaans raaigras alleen na maïsras 1 en niet na de rassen 2 en 3.



Figuur 10. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de onderzaai van vanggewassen in 2019, gemiddeld over de maïsrasen en plantdichtheden van de maïs (*F pr.* voor de opeenvolgende meetmomenten = 0,022; <0,001; <0,001; <0,001)

Tabel 43. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) op 22 januari 2020 bij de ondergezaaide vanggewassen na de maïsrasen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Maïsras 1	Maïsras 2	Maïsras 3
geen	98 bc	98 bc	113 cd
rietzwenkgras	84 ab	77 a	94 ab
Italiaans raaigras	98 bc	128 d	113 cd

F pr. interactie-effect = 0,032. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

Tabel 44. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) op 22 januari 2020 bij de ondergezaaide vanggewassen en plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrasen

Vanggewas	7,6 planten per m ²	9,4 planten per m ²
geen	97 bc	108 cd
rietzwenkgras	77 a	93 b
Italiaans raaigras	120 d	106 bcd

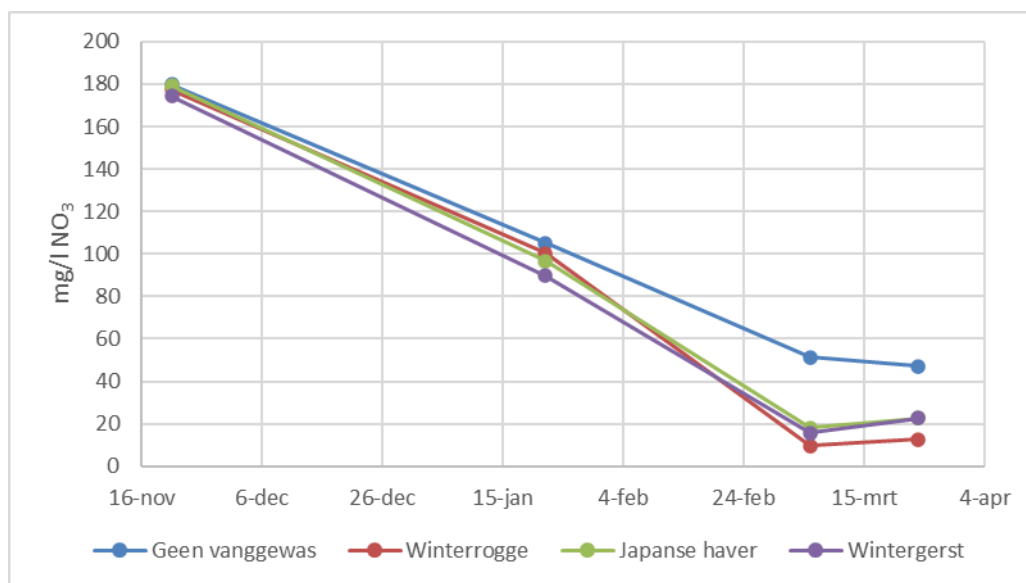
F pr. interactie-effect = 0,013. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

Tabel 45. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) op 24 maart 2020 bij de ondergezaaide vanggewassen na de maïsrasen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Maïsras 1	Maïsras 2	Maïsras 3
geen	56 d	46 cd	49 cd
rietzwenkgras	20 a	29 ab	28 ab
Italiaans raaigras	32 ab	41 bc	47 cd

F pr. interactie-effect = 0,081. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

De na oogst gezaaide vanggewassen in 2019 hadden op 21 november en 22 januari geen significant effect op de nitraatconcentratie in het grondwater ten opzichte van braak. Bij de twee metingen in maart gaven ze een significante verlaging van gemiddeld 32 mg/l over de twee meetmomenten. Er was geen significant verschil tussen de vanggewassen onderling. Zaaitijdstip en zaaidichtheid hadden geen significant effect op de nitraatconcentratie.



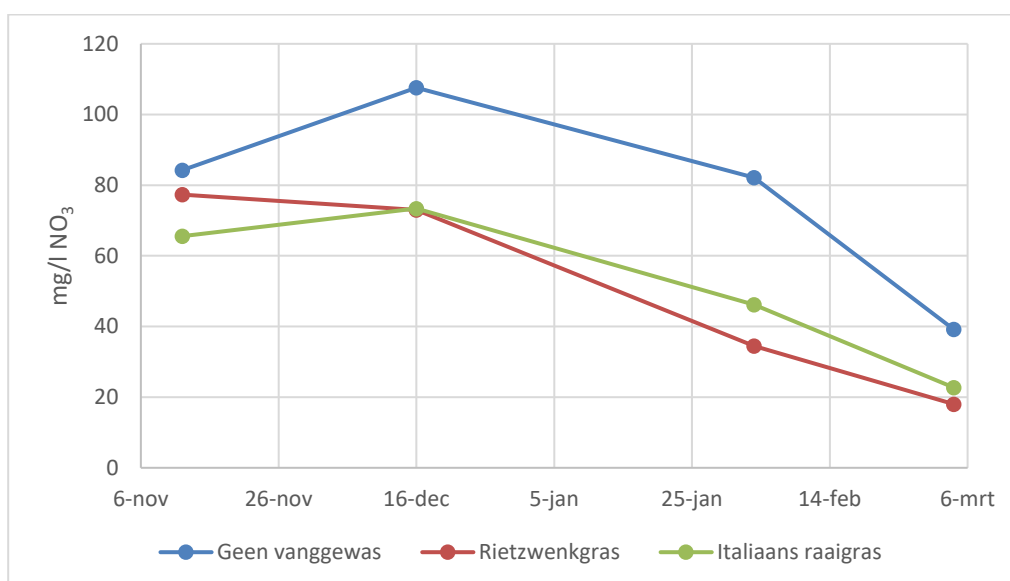
Figuur 10. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de na oogst gezaaide vanggewassen in 2019 (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden
(*F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = n.s.; n.s.; <0,001; 0,006*)

3.2.6.3 Nitraatconcentraties winterperiode 2020/2021

In de winter van 2020/2021 is gemeten van 12 november t/m 4 maart. De gemiddelde nitraatconcentratie in de proef op 12 november bedroeg 72 mg/l NO₃, liep daarna iets op naar 77 mg/l op 16 december en daalde vervolgens naar 47 mg/l op 3 februari en 24 mg/l op 4 maart. In januari en begin februari viel er veel regen (zie figuur B4.7 in bijlage 4) wat waarschijnlijk voor verdunning van de concentratie in het grondwater zorgde.

Bij het eerste meetmoment waren er geen significante verschillen tussen de objecten. Op de volgende drie momenten was de nitraatconcentratie bij de onderzaai van de vanggewassen significant lager dan bij geen vanggewas (braak). Er was geen significant verschil tussen beide vanggewassen (figuur 11). De verlaging bedroeg gemiddeld over de laatste twee meetmomenten 30 mg/l.

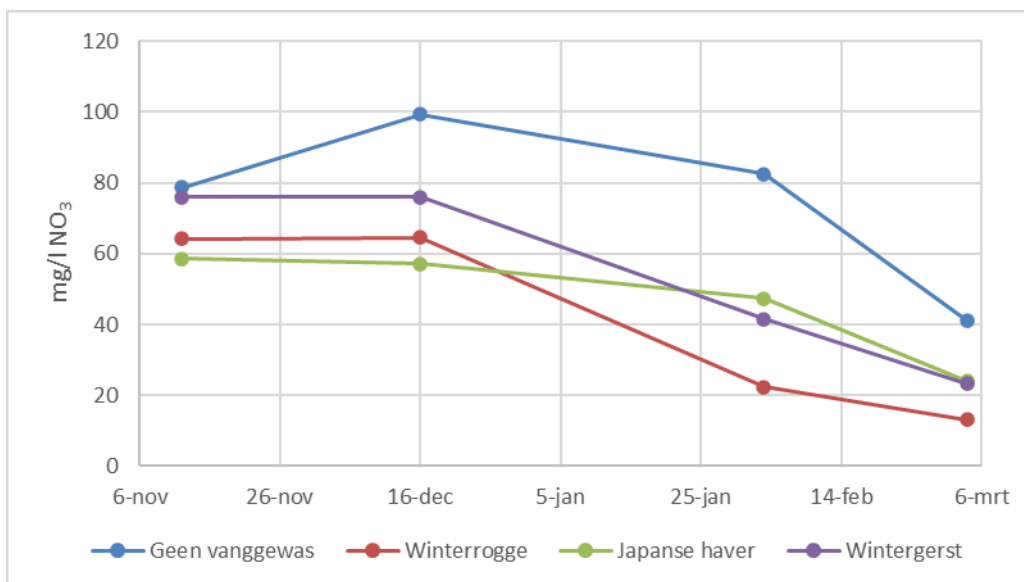
Op 3 februari was er een significant effect van maïsras dan wel oogstmoment van de maïs (F pr. = 0,027). De nitraatconcentratie was na ras 1 (vroeg oogst) significant lager dan na de rassen 2 en 3 (latere oogst). Tussen ras 2 en 3 (latere oogst) was er geen verschil. De verlaging trad zowel op bij braak als bij de vanggewassen en bedroeg gemiddeld 23 mg/l. Er was geen significant interactie-effect tussen maïsras en vanggewasobject, wat betekent dat de mate van verlaging niet significant verschilde tussen de vanggewasobjecten. Op 4 maart was dit effect echter weer verdwenen.



Figuur 11. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de onderzaai van vanggewassen in 2020, gemiddeld over de maïsrassen en plantdichtheden van de maïs (F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = n.s.; <0,014; <0,027; 0,001)

De vanggewassen die in 2020 na oogst zijn gezaaid, lieten vanaf half december een duidelijke verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater zien. Bij de laatste twee meetmomenten was de nitraatconcentratie bij winterrogge significant lager dan bij Japanse haver en wintergerst. De verlaging ten opzichte van braak bedroeg gemiddeld over de twee laatste momenten 44 mg/l bij winterrogge en 28 mg/l bij Japanse haver en wintergerst.

Er was geen significant effect van zaaidichtheid op de nitraatconcentratie noch van zaaimoment. Enkel op 3 februari was er een zwak significant interactie-effect tussen vanggewas en zaaimoment (F pr. = 0,098). De Japanse haver gaf bij de zaaien op 2 september een verlaging van 22 mg/l ten opzichte van braak en bij zaaien op 23 september een verlaging van 49 mg/l. Dit is een merkwaardig effect, tegen de verwachting in, waarvoor geen verklaring is gevonden. Bij winterrogge en wintergerst was er geen significant verschil tussen de zaaitijden. Het effect was op 4 maart nog steeds aanwezig, maar niet meer significant.

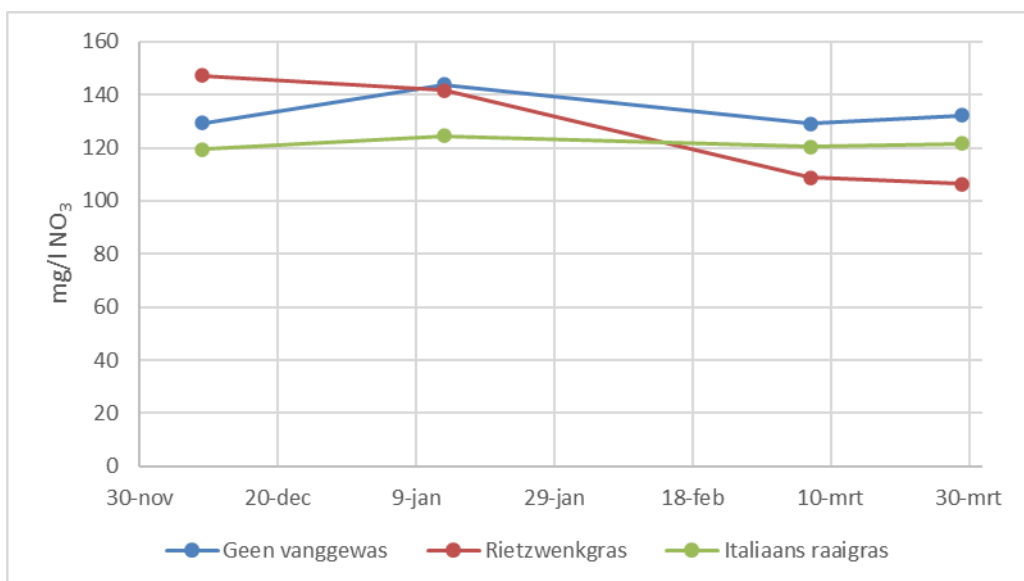


Figuur 12. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de na oogst gezaaide vanggewassen in 2020 (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden
(*F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = n.s.; 0,065; 0,011; 0,044*)

3.2.6.4 Nitraatconcentraties winterperiode 2021/2022

In de winter van 2021/2022 is gemeten van 9 december t/m 29 maart. De gemiddelde nitraatconcentratie in de proef bedroeg 131 mg/l NO₃ op 9 december en ook op 13 januari. Daarna daalde de concentratie niet of nauwelijks en bedroeg gemiddeld 112 mg/l op 7 maart respectievelijk 116 mg/l op 29 maart.

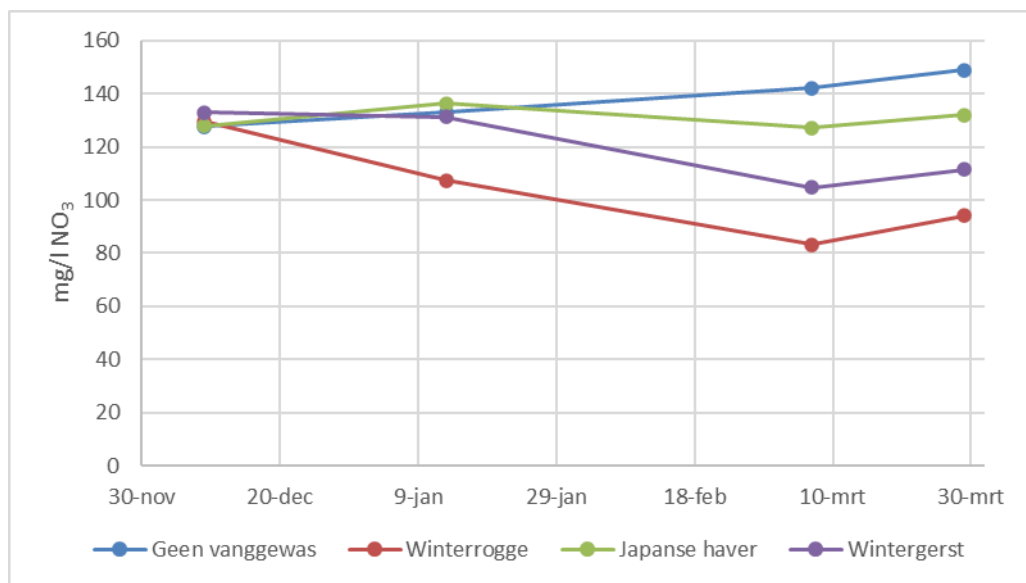
Er was tot en met de meting van 7 maart geen significant effect van de ondergezaaide vanggewassen op de nitraatconcentratie in het grondwater (figuur 13). Op 29 maart gaf rietzwenkgras een significante verlaging ten opzichte van braak van 26 mg/l. Italiaans raaigras gaf een geringe verlaging, die niet significant was. Maïsras en plantgetal van de maïs hadden geen significant effect op de gemeten nitraatconcentraties.



Figuur 13. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de onderzaai van vanggewassen in 2021, gemiddeld over de maïsrasen en plantdichtheden van de maïs (*F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = n.s.; n.s.; n.s.; 0,074*)

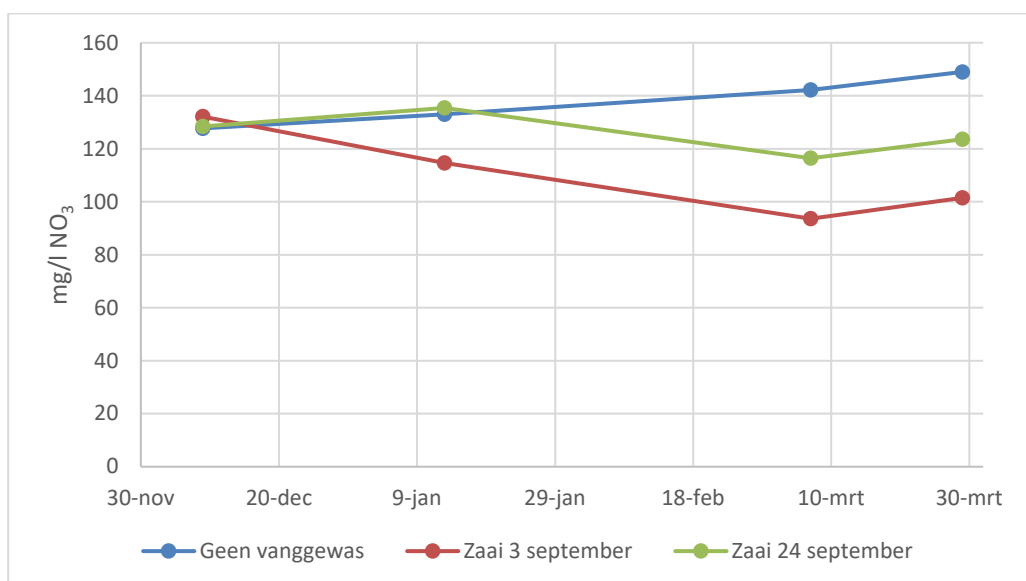
De na oogst gezaaide vanggewassen hadden op 9 december nog geen effect op de nitraatconcentratie. Op 13 januari gaf winterrogge een bijna significante verlaging van de nitraatconcentratie ten opzichte van braak en de andere twee vanggewassen nog niet (figuur 14). In maart was het verschil wel significant. Wintergerst gaf in maart ook een significante verlaging. Japanse haver gaf een lichte verlaging die niet significant was. Gemiddeld over de twee meetmomenten in maart, bedroeg de verlaging 57 mg/l bij winterrogge, 38 mg/l bij wintergerst en 16 mg/l bij Japanse haver.

Verder was er vanaf 13 januari een significant effect van zaaimoment (figuur 15). Bij zaaien van de vanggewassen op 3 september was de nitraatconcentratie significant lager dan bij zaaien op 24 september. Er was geen significante interactie met vanggewas. Gemiddeld over de twee meetmomenten in maart bedroeg de verlaging bij de vroege zaai 48 mg/l en bij de latere zaai 26 mg/l. Zaaidichtheid had geen effect op de nitraatconcentratie en ook was er geen significant interactie-effect met vanggewas en/of zaaimoment.



Figuur 14. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode bij de na oogst gezaaide vanggewassen in 2021 (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

(F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = n.s.; 0,034; <0,001; <0,001)



Figuur 15. Verloop van de nitraatconcentratie in het grondwater in de winterperiode per zaaimoment van de na oogst gezaaide vanggewassen in 2021, gemiddeld over de vanggewassen en zaaidichtheden (F pr. voor de opeenvolgende meetmomenten = n.s.; 0,032; 0,011; 0,004)

3.2.6.5 Nitraatconcentraties einde winter gemiddeld over de vier seizoenen

Het effect van de vanggewassen op de verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater verschilde enigszins per groeiseizoen. Ook de onderlinge verschillen tussen vanggewassen wisselden nogal per groeiseizoen. Verder waren de effecten van oogstmoment van de maïs of zaaimoment van de vanggewassen en zaaidichtheid, niet eenduidig. Om een beeld te kunnen vormen van de effectiviteit van de vanggewassen moet hun effect over meerder jaren heen worden bekeken. Daarom is een analyse gedaan over de vier proefjaren samen. Daartoe is van elk seizoen het gemiddelde van de laatste twee meetmomenten genomen (het derde en vierde moment). Dat was einde van de winter of begin van de lente. Deze nitraatconcentraties zijn het belangrijkste, want die zijn bepalend voor de concentratie die de rest van het seizoen, tot aan het volgend uitspoelingsseizoen, in het grondwater aanwezig blijft.

De analyse voor het proefdeel met de ondergezaaide vanggewassen is uitgevoerd met REML en die voor de na oogst gezaaide vanggewassen met ANOVA. Bij de onderzaai is oogstmoment van de maïs als factor opgenomen in plaats van ras.

Gemiddeld over de jaren was er een significant effect van de vanggewassen en van het oogstmoment van de maïs. Plantdichtheid van de maïs had geen significant effect en ook waren er geen significante interactie-effecten. De nitraatconcentratie werd met gemiddeld 19 mg/l verlaagd door de ondergezaaide gewassen en er was geen significant verschil tussen de beide vanggewassen (tabel 46). Echter, omdat de rietzwenkgrasteelt in 2018 mislukte, is ook nog een analyse gedaan zonder opname van rietzwenkgras in dat jaar. Dan gaf rietzwenkgras een sterkere verlaging van de nitraatconcentratie dan Italiaans raaigras: een verlaging van gemiddeld 31 versus gemiddeld 16 mg/l. Het effect van oogstmoment van de maïs was beperkt maar wel significant ($F_{pr.} = 0,035$). Bij het vroege oogstmoment was de nitraatconcentratie gemiddeld 8 mg/l lager dan bij het latere oogstmoment. De interactie met vanggewas was niet significant, maar het verschil was bij rietzwenkgras wat groter dan bij Italiaans raaigras.

Tabel 46. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) gemiddeld over de vier jaren en de laatste twee meetmomenten (eind winter/begin lente) bij de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de oogstmomenten en de plantdichtheden van de maïs

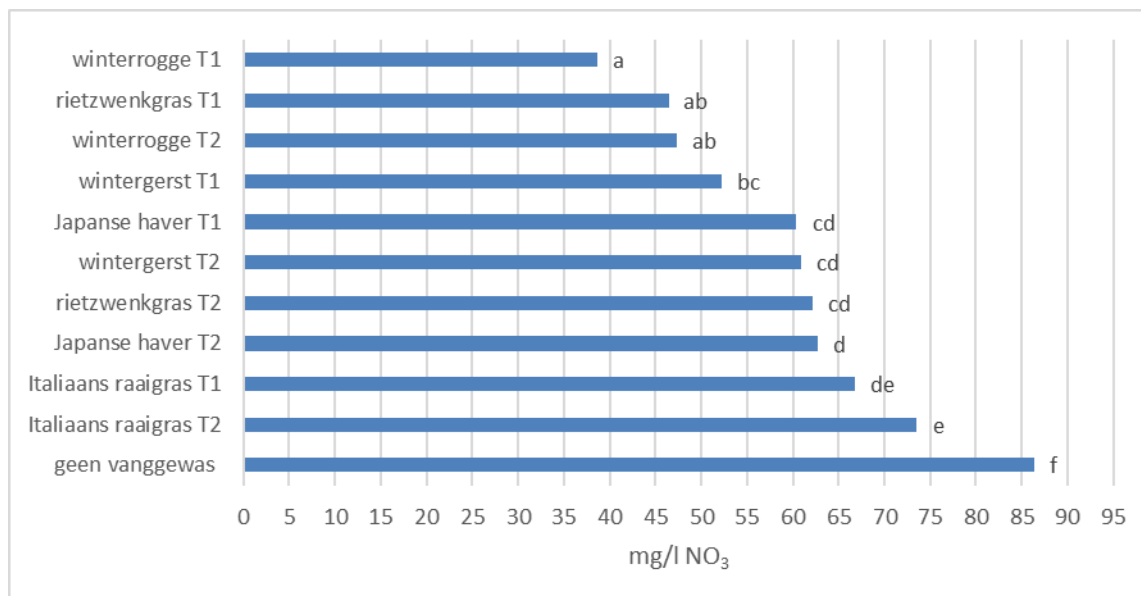
Vanggewas	Inclusief rietzwenkgras 2018	Exclusief rietzwenkgras 2018
geen	86 b	86 c
rietzwenkgras	63 a	55 a
Italiaans raaigras	70 a	70 b
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>

Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was er gemiddeld over de vier jaar een significant effect van vanggewas en van zaaimoment. Zaaidichtheid had geen significant effect en ook waren er geen significante interactie-effecten. Winterrogge gaf de sterkste verlaging ten opzichte van braak: gemiddeld 45 mg/l. Japanse haver en wintergerst verschilden niet significant en gaven gemiddeld een verlaging van 28 mg/l (tabel 47). Het effect van zaaimoment van de vanggewassen was beperkt maar wel significant ($F_{pr.} = 0,016$). De nitraatconcentratie was bij de vroege zaai 6 mg/l lager dan bij de latere zaai. Er was geen significante interactie tussen vanggewas en zaaitijd.

Tabel 47. Nitraatconcentratie in het grondwater (mg/l) gemiddeld over de vier jaren en de laatste twee meetmomenten (einde winter/begin lente) bij de na oogst gezaaide vanggewassen (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaimomenten en zaaidichtheden

Vanggewas	NO ₃
geen	87 c
winterrogge	42 a
Japanse haver	61 b
wintergerst	56 b
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>

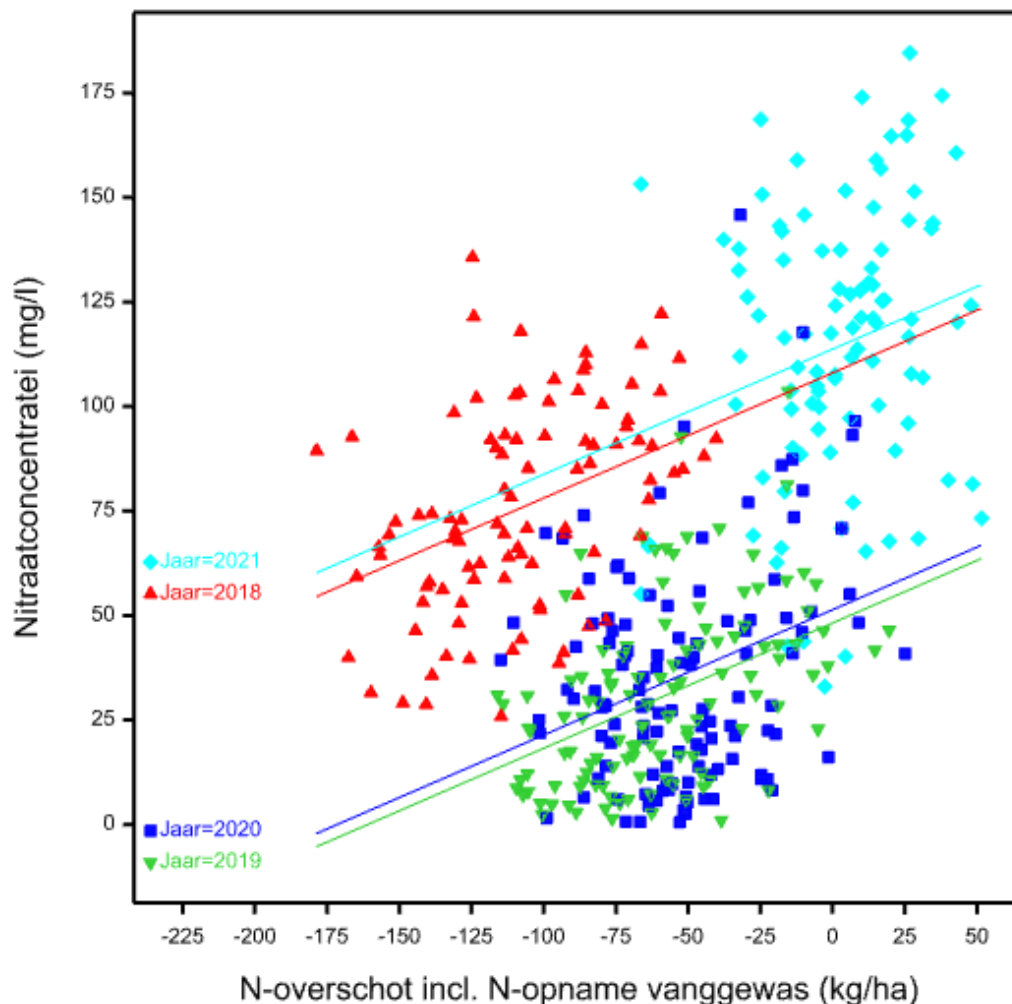
Tot slot is nog een analyse gedaan over alle vanggewassen samen (met REML). Daarbij is rietzwenkgras in 2018 buiten beschouwing gelaten. Verder zijn plantdichtheid van de maïs en zaaidichtheid van de vanggewassen niet meegenomen in de analyse, omdat deze factoren gemiddeld over de jaren geen significant effect hadden op de nitraatconcentratie. De vroeg gezaaide winterrogge na oogst gaf gemiddeld over de jaren de sterkste verlaging van de nitraatconcentratie en de onderzaai van Italiaans raaigras gaf de zwakste verlaging (figuur 16). Het effect van oogstmoment van de maïs dan wel zaaimoment van de vanggewassen was het sterkste aanwezig bij rietzwenkgras en het zwakste bij Japanse haver.



Figuur 16. Nitraatconcentratie in het grondwater aan het einde van de winter/begin van de lente gemiddeld over de vier proeffjaren, voor rietzwenkgras en Italiaans raaigras bij de twee oogstmomenten en voor de wintergerst, Japanse haver en wintergerst bij de twee zaaimomenten (T1 = vroegere oogst dan wel zaaimoment, T2 = latere oogst dan wel zaaimoment)

In figuur 17 is de gemeten nitraatconcentratie aan het einde van de winter/begin van de lente uitgezet tegen het berekende N-overschot incl. de N-opname door het vanggewas (zie paragraaf 3.2.3). Het berekende N-overschot is het verschil tussen stikstofaanvoer en stikstofafvoer door de maïs (het N-overschot) minus de stikstof die is vastgelegd door de vanggewassen. De data van de objecten met rietzwenkgras in 2018 zijn niet opgenomen, omdat de N-opname door het rietzwenkgras niet kon worden vastgesteld.

De spreiding tussen de waarnemingen was groot, maar het effect was wel significant (F pr. <0,001). De nitraatconcentratie nam met gemiddeld 0,30 mg/l toe per 1 kg/ha stijging van het N-overschot. Er was hiervoor geen significant interactie-effect met jaar (de toename verschilde niet significant tussen de jaren), maar wel was een significant niveauverschil tussen de jaren 2018 en 2021 enerzijds en 2019 en 2020 anderzijds (F pr. <0,001).



Figuur 17. Nitraatconcentratie in het grondwater aan het einde van de winter/begin van de lente uitgezet tegen het N-overschot incl. N-opname vanggewas per veldje per jaar ($R^2 = 0,65$)

3.2.7 Stikstofflux

De stikstofflux is de berekende, uitgespoelde hoeveelheid stikstof (N) in kg per ha (zie bijlage 7 in Van Geel et al., 2023³) voor de berekeningswijze. Het betreft de flux over een periode tussen de eerste en de laatste grondwateranalyse (figuren 7 t/m 15; tabel B3.2 in bijlage 3): een periode van vier maanden in de winterperiode.

Bij de ondergezaaide vanggewassen was er in geen van de jaren een significant effect van maïsras op de N-flux. Wel was er in sommige jaren een tendens dat de N-flux bij ras 1 (vroeg oogst) lager was dan bij de rassen 2 en 3 (latere oogst). Daarom is in de analyse oogstmoment van de maïs opgenomen in plaats van ras.

De N-flux was bij de vanggewassen lager dan bij braak, behalve bij de mislukte rietzwenkgrasteelt in 2018 (tabel 48). In 2021 was het verschil klein en niet significant. Gemiddeld over de jaren was de N-flux bij rietzwenkgras lager dan bij Italiaans raaigras (zonder rietzwenkgras in 2018).

In 2019 was er een significant interactie-effect tussen vanggewas en oogstmoment van de maïs. De N-flux was bij rietzwenkgras na de vroege maïs oogst 5 kg/ha lager dan na de latere maïs oogst. Bij Italiaans raaigras en braak was er geen significant effect van oogstmoment van de maïs. In andere jaren trad die interactie niet op. Oogstmoment van de maïs had in de overige jaren geen significant effect. Gemiddeld over de jaren was de N-flux na de vroege oogst 3 kg/ha lager dan na de latere oogst. Dit was een significant verschil. Plantdichtheid van de maïs had geen significant effect op de N-flux.

³ <https://edepot.wur.nl/631358>

Tabel 48. Stikstofflux (kg/ha) naar het grondwater bij de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de oogstmomenten en plantdichtheden van de maïs, per jaar en gemiddeld over de jaren

Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021 ¹
geen	36 b	22 c	25 b	45	32 c
rietzwenkgras	37 b	10 a	11 a	37	20 a
Italiaans raaigras	32 a	17 b	14 a	41	26 b
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<i>n.s.</i>	<0,001

¹ Voor rietzwenkgras alleen gebaseerd op 2019 t/m 2021.

Bij de vanggewassen die na oogst zijn gezaaid, was de N-flux significant lager dan bij braak. Verder was de N-flux bij winterrogge gemiddeld over de jaren significant lager dan bij Japanse haver en wintergerst (tabel 49).

Bij de vroege zaai was de N-flux significant lager (gemiddeld 3 kg/ha) dan bij de latere zaai. Er was geen significant interactie met vanggewas (tabel 50).

Er was in 2018 een significant effect van zaaidichtheid (*F pr.* = 0,015). De N-flux was bij de latere zaai 4 kg/ha hoger dan bij de vroege zaai. In de overige jaren was er geen significant effect van zaaidichtheid en ook niet gemiddeld over de jaren. Ook waren er geen interactie-effecten tussen vanggewas, zaaitijd en/of zaaidichtheid.

Tabel 49. Stikstofflux (kg/ha) naar het grondwater bij de na oogst gezaaide vanggewassen, gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden, per jaar en gemiddeld over de jaren

Vanggewas	2018	2019	2020	2021	2018-2021
geen	33 c	21 b	25 c	50 c	32 c
winterrogge	19 a	5 a	8 a	29 a	15 a
Japanse haver	21 ab	9 a	15 b	44 c	22 b
wintergerst	23 b	9 a	14 b	37 b	21 b
<i>F pr.</i>	0,042	<i>n.s.</i> ¹	0,028	<0,001	<0,001

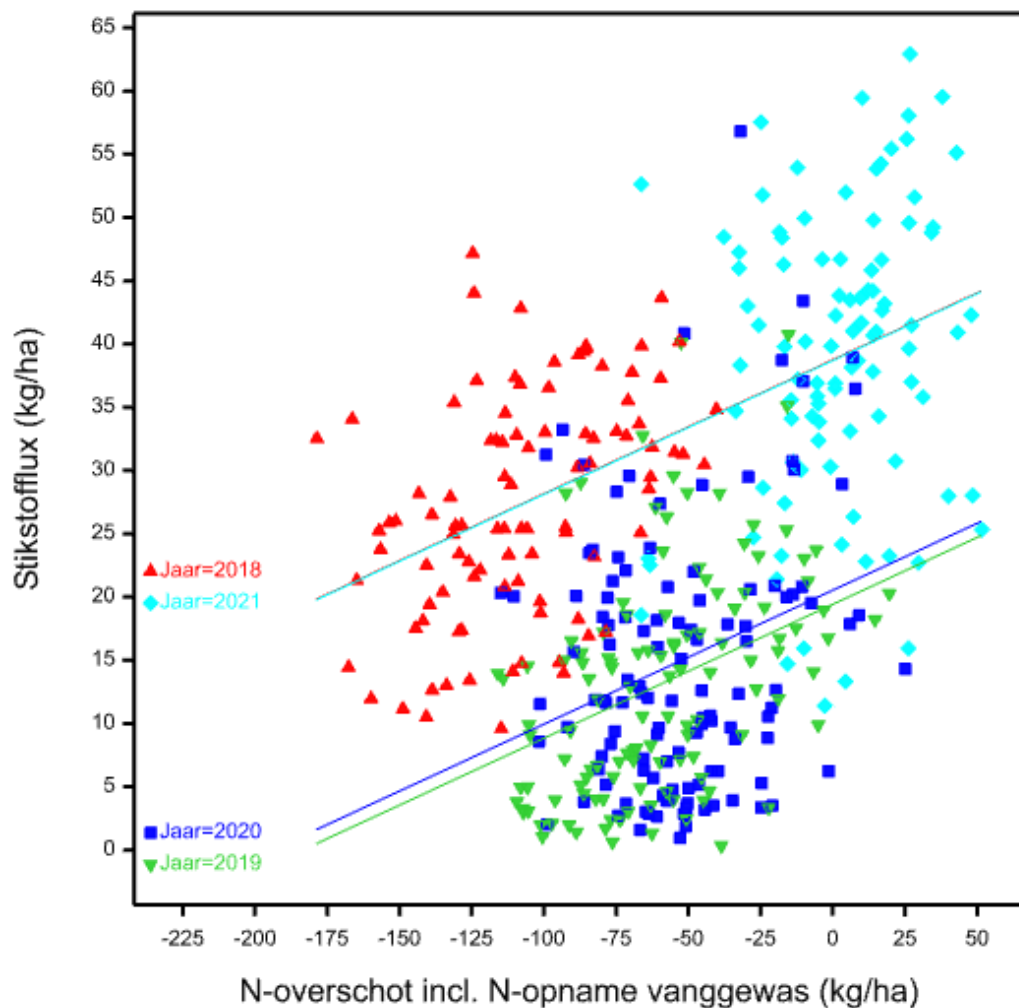
¹ Alleen het verschil tussen geen vanggewas versus het gemiddelde van de vanggewassen was significant: *F pr.* <0,001.

Tabel 50. Stikstofflux (kg/ha) naar het grondwater bij de zaaitijden van de na oogst gezaaide vanggewassen, gemiddeld over de gewassen en de zaaidichtheden, per jaar en gemiddeld over de jaren

Zaaitijd	2018	2019	2020	2021	2018-2021
geen	33 c	21 b	25 b	50 b	32 c
2-13 sep	19 a	9 a	13 a	33 a	18 a
23-25 sep	23 b	6 a	12 a	41 b	21 b
<i>F pr.</i>	0,012	<i>n.s.</i> ¹	<i>n.s.</i> ¹	0,003	0,022

¹ Alleen het verschil tussen geen vanggewas versus het gemiddelde van de zaaitijden van de vanggewassen was significant: *F pr.* <0,001 in 2018 en *F pr.* = 0,001 in 2019.

In figuur 18 is de stikstofflux uitgezet tegen het berekende N-overschot incl. de N-opname door het vanggewas (zie paragraaf 3.2.3), exclusief de data van de objecten met rietzwenkgras in 2018. De spreiding tussen de waarnemingen was groot, maar het effect was wel significant (*F pr.* <0,001). De N-flux nam met gemiddeld 0,11 kg/ha toe per 1 kg/ha stijging van het N-overschot. Er was hiervoor geen significant interactie-effect met jaar, maar wel was een significant niveauverschil tussen de jaren 2018 en 2021 enerzijds en 2019 en 2020 anderzijds (*F pr.* <0,001).



Figuur 18. Stikstof flux naar het grondwater uitgezet tegen het N-overschot incl. N-opname vanggewas per veldje per jaar ($R^2 = 0,55$)

De berekende reductie van het N-verlies in de winterperiode (zie paragraaf 3.2.5) vertoonde geen relatie met reductie van de N-flux ten opzichte van braak (figuur 19).

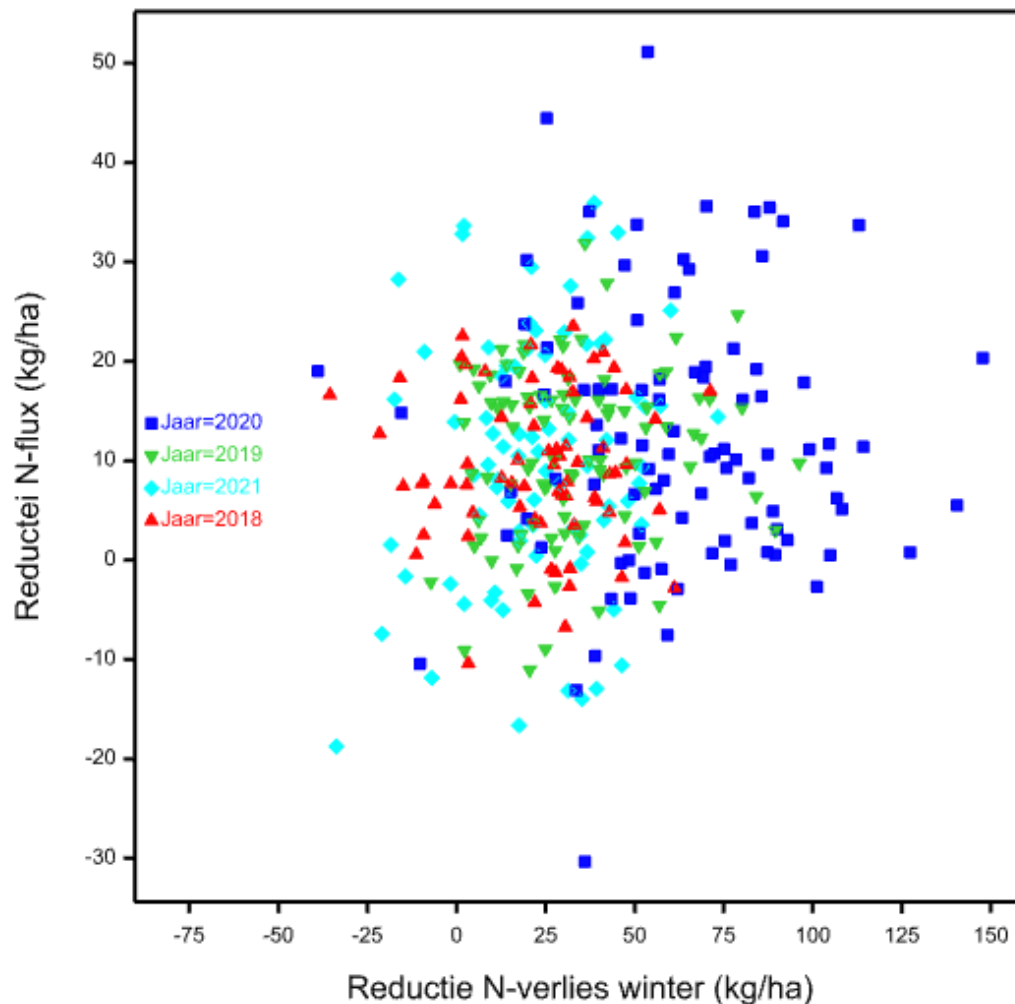
Het N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm is de optelsom van:

- uitgespoelde stikstof die in het grondwater terecht is gekomen (de N-flux),
- stikstof die is uitgespoeld tot beneden 90 cm van het maaiveld maar zich nog in de onverzadigde zonen boven het grondwater bevindt,
- gasvormig verlies van stikstof door denitrificatie en ammoniakvervluchtiging.

Als de hoeveelheid stikstof in de onverzadigde zone boven het hangwater, de gasvormige N-verliezen, en de N-mineralisatie niet zouden verschillen tussen de braakobjecten en de vanggewasobjecten, dan zou het verschil in N-verlies tussen beide gelijk moeten zijn aan de N-flux of zou er een relatie tussen beide moeten zijn. Als het verschil in N-verlies ongelijk is aan de N-flux, duidt dit erop dat er bij de andere voornoemde posten ook verschillen zijn tussen de braakobjecten en de vanggewasobjecten. De reductie van N-flux was gemiddeld ook veel lager dan de reductie van het N-verlies. Het kan erop duiden dat lang niet alle stikstof die verloren is gegaan uit de bodemlaag 0-90 cm in de winterperiode, is uitgespoeld naar het grondwater. Het verschil tussen de reductie van de N-flux en de reductie van het N-verlies in de winterperiode, varieerde per jaar (tabel 51).

Tabel 51. Reductie stikstofflux (kg/ha) naar het grondwater en reductie N-verlies winter (kg/ha) in de proeven, gemiddeld per jaar

Jaar	Reductie N-flux	Reductie N-verlies winter
2018	10	23
2019	11	33
2020	12	62
2021	10	23



Figuur 19. Reductie stikstofflux naar het grondwater uitgezet tegen reductie N-verlies winterperiode per veldje per jaar

3.2.8 Concentraties van andere stoffen in het grondwater

In bijlage 9 wordt ingegaan op de concentratie opgeloste organische koolstof (DOC) die op een aantal momenten in het grondwater gelijktijdig met het nitraatgehalte is gemeten. Een hogere DOC-concentratie in het grondwater ging gepaard met een lagere nitraatconcentratie, wat ook werd gevonden bij de proeven met vanggewassen na aardappel (Van Geel et al., 2023). De variatie in DOC-concentratie in het grondwater was voor een belangrijk deel een gevolg van veldvariatie. Daarnaast hadden ook de vanggewassen in meer of mindere mate invloed op de DOC-concentratie. Op een aantal momenten gaven ze gelijktijdig een verhoging van de DOC-concentratie en verlaging van de nitraatconcentratie, maar niet altijd. Het gecombineerde effect kwam tot uiting in de winterseizoenen van 2019/2020 en 2021/2022, maar niet duidelijk in 2020/2021. In de winter van 2018/2019 is DOC niet gemeten.

Op 7 en 29 maart 2022 zijn in de grondwatermonsters naast nitraat en DOC een aantal kationen gemeten. De concentratie van de kationen Ca, Mg, Na en K was vrij sterk tot sterk gecorreleerd met de nitraatconcentratie en in iets mindere mate met de DOC-concentratie. Een verandering in de verhouding tussen de kationen en nitraat is een aanwijzing voor het optreden van denitrificatie. Als er denitrificatie optreedt, blijft de concentratie van de kationen gelijk, maar daalt de nitraatconcentratie. De metingen wijzen uit dat in de periode tussen 7 en 29 maart denitrificatie via DOC kwantitatief niet een heel belangrijk proces kan zijn geweest, omdat de verhouding tussen nitraat en kationen nauwelijks veranderde. Maart 2022 was echter een vrij droge maand (zie figuur B4.8 in bijlage 4) en dat kan een reden zijn dat tussen 7 en 29 maart geen denitrificatie optrad. Of er in de natte periode daarvoor wel of geen denitrificatie is opgetreden, kan hier niet uit worden opgemaakt.

Verschillen in kationenconcentraties, met name calcium, in het bodemvocht kunnen ook de oorzaak zijn van de verschillen in de DOC-concentraties. De DOC-concentratie neemt af bij toename van de Ca-concentratie. De gevonden variatie in DOC-concentratie kan deels zijn veroorzaakt door variatie in de kationenconcentraties (Römkens & Dolfig, 1998) in de percelen en deels door opname van de kationen door de vanggewassen.

4 Discussie

4.1 Resultaten snijmaïsteelt

Plantdichtheid van de maïs

Bij de lagere plantdichtheid was de droge-stofopbrengst van de snijmaïs gemiddeld over de vier jaar bijna 4% lager dan bij de hogere plantdichtheid. Door een iets hoger N- en P-gehalte in de droge stof, was er geen verschil in stikstof- en fosfaatopname in het geoogste product c.q. geen verschil in stikstof- en fosfaatafvoer. Enige uitzondering was een 13 kg N per ha lagere N-afvoer in 2021.

Het verschil in minerale stikstof (N_{min}) die na oogst van de maïs achterbleef in de bodem bij de verschillende plantdichtheden wisselde per jaar, maar gemiddeld over de vier jaren was het gelijk (34 kg N per ha in de laag 0-90 cm).

Onderzaai vangewas

De onderzaai met rietzwenkgras had soms enigszins nadelig effect op de ontwikkeling van de maïs, waarschijnlijk door concurrentie om vocht en voedingsstoffen. Ook verlaagde het de droge-stofopbrengst van de maïs met ca. 5%, behalve in 2018 toen de teelt van het rietzwenkgras was mislukt. De N-afvoer door de maïs was gemiddeld over de vier jaar 13 kg N per ha lager bij onderzaai van rietzwenkgras en 17 kg N per ha wanneer het alleen over 2019, 2020 en 2021 wordt bekeken. De fosfaatafvoer was in 2019 en 2020 ook 6-7 kg/ha lager, maar gemiddeld over de jaren was er geen significant verschil. De onderzaai van Italiaans raaigras had geen duidelijk negatief effect op de droge-stofopbrengst en de stikstof- en fosfaatafvoer van de maïs.

De onderzaai van vanggewassen gaf in 2019, 2019 en 2021 geen verlaging van de N_{min} na oogst ten opzichte van geen vanggewas. Bij de mislukte teelt van rietzwenkgras in 2018 was de N_{min} 0-90 cm zelfs 12 kg N per ha hoger dan zonder vanggewas. Een goede verklaring hiervoor ontbreekt. Enkel in 2020 was de N_{min} 0-90 cm na oogst lager bij de onderzaai van vanggewassen lager ten opzichte van geen vanggewas, bij rietzwenkgras nog meer (21 kg/ha) dan bij Italiaans raaigras (9 kg/ha).

Oogstmoment

Het bleek niet goed mogelijk om de maïs (bij een vroeg ras) rond 1 september te oogsten in een voldoende oogststrijpstadium. In 2020 en 2021 is dat toch gedaan, terwijl het gewas nog niet voldoende was afgerijpt. Dat gaf een 15% lagere droge-stofopbrengst gemiddeld over de beide jaren ten opzichte van de rassen die in de tweede helft van september werden geoogst. Ook was het droge-stofgehalte van de maïs te laag, waardoor meer inkuilverliezen optreden en ook de voederwaarde lager is. De stikstof- en fosfaatafvoer waren in 2020 iets lager (niet significant) maar in 2021 aanmerkelijk lager ten opzichte van de later geoogst rassen: 28 kg N per ha (zwak significant) en 23 kg P_2O_5 per ha (significant). In 2018 en 2019, toen het vroege ras in de 2^e week van september is geoogst, trad dit verschil niet op.

Al eerder constateerde Verhoeven et al. (2011) bij aardappel dat het vroegtijdig afbreken van de groei van een aardappelgewas met nog volop groen loof, leidde tot opbrengderving, een lagere N-afvoer en hoger N-overschot en geen verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater, ondanks dat het vanggewas eerder kan worden gezaaid. De bevinding met het voortijdig oogsten van snijmaïs ligt hiermee in lijn.

In 2018, 2019 en 2021 had maïsras dan wel het oogstmoment een gering en veelal geen significant effect op de N_{min} 0-90 cm na oogst. In 2020 was de N_{min} na het vroeg geoogste ras wel aanmerkelijk hoger dan na de later geoogst rassen: 19-20 kg/ha.

4.2 Resultaten vanggewassen

De groei en bovengrondse droge-stofproductie van de vanggewassen verschilde per gewas en per jaar, door verschillen in groeiomstandigheden in de nazomer en herfst (temperatuur, zonneschijn en vocht). Over het geheel gezien groeiden de vanggewassen het beste in 2018 en 2020 (met uitzondering van de mislukte rietzwenkgrasteelt in 2018) en het slechtste in 2021. De totale N-opname verschilde ook per gewas per jaar. Gemiddeld over alle vanggewasobjecten varieerde de N-opname van ca. 40 kg per ha in 2018 en 2021 tot ca. 60 kg per ha in 2020.

Bovengrondse gewasontwikkeling en droge-stofproductie ging echter niet gelijk op met de N-opname door het gewas. Er waren verschillen in de verhouding tussen N-opname in de boven- en ondergrondse gewasdelen (wortels en stoppels). Met name bij rietzwenkgras zat er relatief veel stikstof in de ondergrondse delen. Ook waren er verschillen in N-gehalte in de droge stof per gewas tussen de jaren. Het Italiaans raaigras had gemiddeld genomen de hoogste N-opname in 2020 (gemiddeld 54 kg per ha), terwijl deze in 2018, 2019 en 2021 op een min of meer gelijk niveau lag (gemiddeld rond de 35 kg per ha). Het rietzwenkgras had (afgezien van 2018) de hoogste N-opname in 2019 en 2020 (67-68 kg per ha). De drie na oogst gezaaide vanggewassen hadden gemiddeld de hoogste N-opname in 2020 (57 kg per ha) en de laagste in 2021 (35 kg/ha). Bij winterrogge was de N-opname in 2019 gemiddeld even laag als in 2021 (gemiddeld ca. 40 kg per ha) en bij Japanse haver was deze in 2018 bijna even laag als in 2021 (gemiddeld ca. 35 kg per ha).

De effecten van de ander proefobjecten op de ontwikkeling en N-opname van de vanggewassen varieerden per jaar. Om de vanggewassen goed te kunnen beoordelen alsook de effecten van oogstmoment en plantdichtheid van de maïs op de ondergezaaide vanggewassen en het effect van zaaimoment en zaaidichtheid op de na oogst gezaaide vanggewassen, moeten de resultaten over meerdere jaren samen worden beschouwd.

Ondergezaaide vanggewassen

De onderteelt van het rietzwenkgras mislukte in 2018, maar in 2019 en 2020 groeide het rietzwenkgras beter dan het Italiaans raaigras en nam meer stikstof op. In 2021 was de groei van het Italiaans raaigras wat beter dan die van het rietzwenkgras, maar het rietzwenkgras nam meer stikstof op. Gemiddeld nam het rietzwenkgras (exclusief 2018) 15 kg/ha meer stikstof op dan het Italiaans raaigras na het vroeg geoogste maïsras en 25 kg/ha na de later geoogste maïsras. Ook nam rietzwenkgras gemiddeld 16 kg per ha meer stikstof op dan de na oogst gezaaide vanggewassen. Italiaans raaigras nam na het vroeg geoogste maïsras een vergelijkbare hoeveelheid stikstof op als de vroeg gezaaide vanggewassen na oogst: 45-50 kg per ha. Na de later geoogste maïsras nam het echter minder stikstof op (33 kg per ha) dan de na de latere oogst gezaaide vanggewassen (gemiddeld 42 kg per ha), met name minder dan de winterrogge (46 kg per ha). Dit resultaat wijkt af van dat van Van Dijk et al. (1995), die in meerjarig onderzoek (1988-1994) op droge zandgrond te Heino met vanggewassen bij een continue teelt snijmaïs gemiddeld over de jaren een gering verschil in N-opname vonden tussen ondergezaaid raaigras en na oogst gezaaide winterrogge. In deze proeven was de maïs ook eind september geoogst en de winterrogge eind september gezaaid, wat overeenkomt met de latere oogst of zaai in dit vierjarig onderzoek te Vredepeel. Komainda et al. (2016) vonden daarentegen ook een hogere N-opname bij winterrogge dan bij Italiaans raaigras bij zaai van beide in de periode 10 september – 15 oktober als vanggewas na snijmaïs.

Oogstmoment maïs

De ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen was na het vroeg geoogste maïsras veelal beter dan na de later geoogste maïsras (hoewel er tussen die rassen soms ook verschillen waren) en de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname waren veelal hoger. Het oogstmoment van de maïs had bij Italiaans raaigras sterker effect op de N-opname dan bij rietzwenkgras. Het verschil bedroeg 16 kg per ha bij Italiaans raaigras en 6 kg N per ha bij rietzwenkgras.

Plantdichtheid van de maïs

Bij de lagere plantdichtheid van de maïs ontwikkelden de ondergezaaide vanggewassen zich tijdens de maïsteelt en daarna over het algemeen beter dan bij de hogere plantdichtheid en namen gemiddeld 6 kg/ha meer stikstof op.

Na oogst gezaaide vanggewassen en zaaitijd

De onderlinge verschillen qua gewasontwikkeling, bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van de na oogst gezaaide vanggewassen wisselden per jaar. Het verschil was het ene jaar wat groter dan het andere.

Aanvankelijk hadden de vanggewassen bij de vroegere zaai een groeivoorsprong in het eerste deel van de herfst ten opzichte van die bij de latere zaai, maar later in de herfst en in de winter nivelleerden de verschillen of verdwenen.

Een vroeger gezaaid vanggewas heeft een langere groeiperiode vóór de winter dan een later gezaaid gewas en kan daardoor in principe meer biomassa vormen en stikstof opnemen. Daarnaast bleek dat een voldoende vochtige grond na zaaien een belangrijke voorwaarde is voor een goede start en ontwikkeling van de vanggewassen. In 2018 en 2019 was het in september zo droog dat hierdoor de begingroei van de vanggewassen die in de 1^e helft van september waren gezaaid, vertraagde. De eind september gezaaide vanggewassen ontwikkelden zich vlotter, doordat de grond daarna vochtiger was en liepen de groeiachterstand in het najaar in. Uiteindelijk verschilden de ontwikkeling en N-opname van de vanggewassen in 2018 en 2019 niet significant tussen de vroegere of latere zaai. In 2020 en 2021 was de ontwikkeling bij de vroege zaai wel iets beter dan bij de latere zaai en de N-opname iets hoger, maar in 2021 varieerde het per gewas.

Gemiddeld over de vier jaar was er bij de vroege zaai geen duidelijk verschil in bovengrondse droge-stofproductie en totale N-opname tussen de drie vanggewassen. Bij de latere zaai waren deze bij Japanse haver en wintergerst lager dan bij winterrogge. De N-opname was gemiddeld 6 kg/ha dan bij winterrogge. Bij winterrogge was er ook geen duidelijk verschil in bovengrondse droge-stofproductie en totale N-opname tussen de twee zaaimomenten.

In drie van de vier jaar stierf de Japanse haver voortijdig af in de winter door vorst, waarna er al stikstof vrijkwam uit het gewas. Die stikstof bevond zich aan het einde van de winter nog in de bodemlaag 0-60 cm. Als die stikstof niet verder uitspoelt naar een diepere bodemlaag, is deze (grotendeels) beschikbaar voor het volggewas, afhankelijk van de bewortelingsdiepte. Als de stikstof wel verder uitspoelt, kan dit later alsnog tot een verhoging van de nitraatconcentratie in het grondwater leiden.

Zaaidichtheid

Het effect van zaaidichtheid op de gewasontwikkeling wisselde per jaar en gewas. Soms was er geen effect van zaaidichtheid. In andere gevallen was er aanvankelijk wel een effect, maar verdween dat later in het najaar of de winter.

Gemiddeld over de vier jaar had de zaaidichtheid geen duidelijke effect op bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van winterrogge en Japanse haver. Bij wintergerst waren deze bij de lagere zaaidichtheid lager dan bij de hogere: het verschil in N-opname bedroeg 6 kg per ha.

Bij winterrogge en Japanse haver kon dus worden volstaan met 75 respectievelijk 50 kg zaaizaad per ha en bij wintergerst was 112 kg per ha te weinig. De bovengrondse droge-stofproductie was 21% lager dan bij de 225 kg zaaizaad per ha en de N-opname was 13% lager. Een wat hogere zaaidichtheid, tussen de 112 en 225 kg/ha in, zal toereikend zijn

Stikstofoverschot

De onderzaai van rietzwenkgras verlaagde de maïsopbrengst enigszins en ook de N-afvoer met de geoogste maïs met ca. 15 kg N per ha. Bij gelijke N-gift is dan het N-overschot hoger. Daar staat tegenover dat het rietzwenkgras meer stikstof opnam dan de andere vanggewassen: gemiddeld zo'n 20 kg N per ha meer. Stikstof die van het veld is afgevoerd met het geoogste product kan niet verloren gaan in de winter, maar stikstof die is vastgelegd in een vanggewas en over de winter heen wordt getild, evenmin. Daarom is de opgenomen stikstof door de vanggewassen op het N-overschot in mindering gebracht.

De ondergezaaide vanggewassen verlaagden het overschot met gemiddeld 40 kg N per ha met een spreiding van ca. 30 tot 50 kg N per ha. In 2019 verlaagde rietzwenkgras het overschot meer dan Italiaans raaigras, maar in 2020 en 2021 was er geen duidelijk verschil tussen beide. Het oogstmoment van de maïs had in geen van de vier jaar duidelijk effect op het overschot en de plantdichtheid van de maïs gemiddeld over de vier jaar ook niet.

De na oogst gezaaide vanggewassen verlaagden het overschot met gemiddeld 40-45 kg N per ha met een spreiding van ca. 20 tot 60 kg N per ha. Het effect van zaaitijd en zaaidichtheid op het N-overschot kwam overeen met het effect op de N-opname. Bij de vroegere zaai was er geen duidelijk verschil tussen de drie vanggewassen in verlaging van het overschot. Bij de latere zaai gaven Japanse haver en wintergerst gemiddeld over de vier jaar een wat mindere sterke verlaging van het overschot (11-12 kg/ha) dan winterrogge. Bij winterrogge verschilde de verlaging van het N-overschot niet duidelijk tussen de zaaitijden. Bij winterrogge en Japanse haver had de zaaidichtheid geen significant effect op het N-overschot. Bij wintergerst leidde de hogere zaaidichtheid tot een sterkere verlaging van het N-overschot dan de lagere zaaidichtheid.

In tegenstelling tot stikstof die met het geoogste product van het veld wordt afgevoerd, wordt de stikstof die is vastgelegd in een vanggewas en over de winter heen wordt getild, niet van het veld afgevoerd en komt na inwerken van het vanggewas geleidelijk weer vrij door mineralisatie. Een deel daarvan kan mineraliseren in een periode dat er geen stikstofopname plaatsvindt door gewassen (ontijdige mineralisatie). Dit is in de regel de nazomer en herfst. Deze stikstof kan dan alsnog deels verloren gaan in de volgende winter. Om dat te voorkomen of het verlies te beperken, zou er wederom een (vang)gewas in de herfst moeten worden geteeld dat de stikstof vastlegt en over de winter heen tilt. Als dit niet gebeurt, valt nog te bezien of het effect op de nitraatuitspoeling van een betere ontwikkeling en hogere N-opname van het ondergezaaide vanggewas, op langere termijn opweegt tegen een lagere opbrengst en N-afvoer van de maïs.

N-balans winterperiode

Het N-verlies in de winter werd algeheel verlaagd door de teelt van vanggewassen. De stikstofbalans over de winterperiode gaf echter een wat ander beeld dan het berekende N-overschot.

De berekende reductie van het stikstofverlies uit de bodemlaag 0-90 cm was in alle jaren bij onderzaai van rietzwenkgras groter dan bij Italiaans raaigras. Gemiddeld bedroeg het verschil 22 kg N per ha. Oogstmoment en plantdichtheid van de maïs hadden in tegenstelling tot het N-overschot wel effect op de reductie van het N-verlies in de winter. Bij de vroegere oogst was deze bij de lage plantdichtheid 17 kg N per ha hoger dan bij de hogere plantdichtheid. Bij de latere oogst was er geen duidelijk verschil tussen de plantdichtheden. Bij de vroege oogst was de reductie gemiddeld 7-10 kg N per ha hoger dan bij de latere oogst.

Bij de na oogst gezaaide vanggewassen had het type vanggewas gemiddeld over de vier jaar geen duidelijk effect op de reductie van het N-verlies. Het zaaitijdstip had gemiddeld over de vier jaar ook geen duidelijk effect hierop, hoewel bij de vroegere zaai de reductie wat hoger leek te zijn bij wintergerst dan bij winterrogge (8 kg N per ha).

De zaaidichtheid had gemiddeld over de vier jaar bij winterrogge geen duidelijk effect op de reductie van het N-verlies en bij wintergerst was de reductie bij de lagere zaaidichtheid 14 kg N per ha lager dan bij de hogere zaaidichtheid.

4.3 Nitraat grondwater

Jaarverschillen

In 2021 lag de proef nabij het Peelkanaal (zie bijlage 1). De afstand tot het kanaal bedroeg ca. 550 m. Smit et al. (2005) vonden vrij sterke aanwijzingen dat water vanuit het Peelkanaal tot onder de naastgelegen percelen infiltreert, resulterend in een verlaging van de nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater. Die invloed van het Peelkanaal was beperkt tot een afstand van <150 m vanaf het kanaal. De proef van 2021 lag dus op een voldoende grote afstand van het kanaal om een invloed op de nitraatconcentratie in het grondwater te kunnen uitsluiten.

De hoogte van de gemeten nitraatconcentraties in het grondwater verschilde tussen de jaren dan wel percelen. De nitraatconcentraties worden niet alleen beïnvloed door het N-overschot van de voorgaande teelt, maar ook door wat er in de voorgaande jaren is gebeurd op de percelen. Deze na-ijling van nitraat kan wel vier jaar duren (Fraters et al., 2007).

Het verloop van de nitraatconcentratie gedurende de winter verschilde ook sterk tussen de jaren. In de winter van 2018/2019 bleef deze gemiddeld in de proef vrij constant rondom een niveau van zo'n 80 mg/l. In de winter van 2019/2020 begon deze zeer hoog en daalde daarna sterk tot gemiddeld ca.

30 mg/l in maart. In de winter van 2020/2021 liep de concentratie aanvankelijk iets op tussen half november en half december en daalde daarna tot gemiddeld ca. 25 mg/l begin maart. In de winter van 2021/2022 bleef de concentratie gemiddeld weer vrij constant rond de 120 mg/l.

De verschillen tussen de jaren waren groter dan de verschillen tussen de proefobjecten. Dit betekende ook dat in het ene jaar gemakkelijk aan de nitraatnorm van 50 mg/l kon worden voldaan en in het ander jaar geheel niet, ook niet met de teelt van vanggewassen.

Verder valt op dat in de winterseizoenen van 2018/2019 en 2021/2022 de nitraatconcentratie aan het einde van de winter/begin van de lente bij eenzelfde N-overschot ca. 60 mg/l hoger was dan in de winter seizoenen van 2019/2020 en 2020/2021 (figuur 19). Dit verschil trad ook op bij de vanggewassenproeven na aardappel: een hogere nitraatconcentratie bij eenzelfde N-overschot aan het einde van de winter in 2018/2019 ten opzichte van 2019/2020 en 2020/2021 en een klein verschil tussen de laatst genoemde twee seizoenen (figuur 5c in Van Geel et al., 2023). Aangezien de proeven met vanggewassen na aardappelen en maïs in dezelfde jaren op verschillende percelen lagen, wijst dit sterk op een jaareffect en niet op een perceeleffect.

Hetzelfde beeld kwam naar voren bij de stikstoflux: deze was bij een gelijk N-overschot in de seizoenen 2018/2019 en 2021/2022 bijna 20 kg N per ha hoger dan in de seizoenen 2019/2020 en 2020/2021 (figuur 20). Ook was de berekende reductie van het N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm lager dan de reductie van de N-flux en was dit verschil in 2019/2020 en 2020/2021 groter dan in 2018/2019 en 2021/2022. Dit is een indicatie dat in 2019/2020 en 2020/2021 een groter deel van het winter-N-verlies niet in het grondwater terecht is gekomen ten opzichte van de andere twee seizoenen.

De winterperiodes van 2018/2019 en 2021/2022 waren droger dan normaal en ongeveer gelijk qua totale neerslaghoeveelheid. De winterperiode van 2019/2020 was veel natter. Die van 2020/2021 was wat minder nat, maar wel natter dan de seizoenen van 2018/2019 en 2021/2022. De actuele, gemeten grondwaterstanden aan het einde van de winter in 2020 en 2021 waren 25-50 cm hoger dan aan het einde van de winter in 2019 en 2022 (figuur B3.1 in bijlage 3). Met name in 2019/2020 steeg de grondwaterspiegel sterk. Mogelijk is in de nattere winters van 2019/2020 en 2020/2021 een groter deel van de stikstof verloren gegaan door denitrificatie dan in de andere twee, drogere winters. Onder nattere omstandigheden treedt eerder zuurstofgebrek op in de bodem en dat leidt tot afbraak van nitraat door het bodemleven en reductie tot gasvormige stikstofverbindingen die vervluchtigen. Dit zou betekenen dat er ondanks meer regen niet meer stikstof in het grondwater is gekomen, maar dat door het extra water de nitraatconcentratie in het grondwater is verdund en daardoor daalde of dat er verdringing van het grondwater plaatsvond door nieuw water dat geen of weinig nitraat meer bevat. Een andere mogelijkheid is nog dat een deel van de stikstof is uitgespoeld tot beneden 90 cm van het maaiveld (-mv) maar nog niet naar grondwater c.q. zich nog in het bodemvocht in de onverzadigde zone boven het grondwater bevond en dus niet is meegenomen in de nitraatmeting van het grondwater. Echter, in de twee natte winters steeg het grondwaterniveau tot 100 cm -mv (tabel B3.2 en figuur B3.1 in bijlage 3). De onverzadigde zone tussen 90 cm -mv en de grondwaterspiegel is dan zo'n 10 cm. Het lijkt onwaarschijnlijk dat zich in zo'n relatief dunne bodemlaag net onder 90 cm -mv veel stikstof heeft opgehoopt.

De nitraatconcentratie was in de winter van 2022/2022 hoger dan in de winter van 2018/2019. Hier speelde het verschil in grondwaterstand mogelijk wel een rol. In de winter van 2021/2022 was de grondwaterstand de hele winter hoger dan in de winter van 2018/2019 en dan komt de stikstof die met de waterflux naar beneden wordt getransporteerd, eerder in het grondwater. Verder wordt nitraat dat is opgelost in het bodemvocht in de onverzadigde zone tussen 90 cm -mv en de grondwaterspiegel, bij stijging van de grondwaterspiegel nitraat in het grondwater zonder dat er neerwaarts transport heeft plaatsgevonden. Aan het einde van de winter van 2019 was de grondwaterstand ca. 150 cm -mv tegenover ca. 125 cm -mv in 2022 en was de onverzadigde zone tussen 90 cm -mv en de grondwaterspiegel zo'n 60 cm versus zo'n 35 cm in 2022. Mogelijk zat er aan het einde van de winter van 2019 nog meer stikstof in die grotere onverzadigde zone boven het grondwater dan aan het einde van de winter in 2022.

Effect vanggewassen

Het effect van de vanggewassen op de nitraatconcentratie in het grondwater werd veelal pas in de loop van de winter duidelijk zichtbaar. De nitraatstikstof die het diepste in de bodem zit, zal het eerste in het grondwater terecht komen en de nitraatstikstof die boven in de bodem zit (in de bovenste decimeters) als laatste. Alleen in die bovenlaag zal er verschil zijn in hoeveelheid stikstof die wel of

niet is vastgelegd door de vanggewassen en die wel of niet kan uitspoelen. De bewortelingsdiepte van de vanggewassen bedroeg naar schatting maximaal 30 à 40 cm. Dieper in de bodem is de stikstof buiten het bereik van de wortels van de vanggewassen. De neerslaghoeveelheid en de verdeling ervan in de winterperiode en de diepte van de grondwaterstand zijn bepalend voor hoe snel de nitraatstikstof in het grondwater komt.

De gemiddelde nitraatconcentratie aan het einde van de winter / begin van de lente gedurende de vier jaar zonder vanggewas na mais was 86 mg nitraat per liter en overschreed daarmee de norm van 50 mg/l. De teelt van vanggewassen leidde tot een significant lagere nitraatconcentratie, waarbij de gemiddelde nitraatconcentratie bij winterrogge na snijmais het laagste was: 42 mg/l, gemiddeld over de beide zaaimomenten. De nitraatconcentratie bleef gemiddeld over de vier jaar aan het einde van de winter / begin van de lente onder de 50 mg/l bij zowel de vroeger als later gezaaide winterrogge en bij het rietzwenkgras na de vroegste maïsoogst.

De effecten van de verschillende proefobjecten waren per seizoen nogal wisselend en om een goed beeld te kunnen vormen, moet het effect over meerdere jaren worden beoordeeld. Zoals eerder aangegeven in dit rapport, is daarbij de concentratie aan het einde van de winter het meest relevant, want dat is bepalend voor de concentratie die de rest van de zomer in het grondwater blijft. Over het algemeen waren de verschillen tussen de objecten aan het einde van de winter ook het grootste, behalve in 2020/2021. Toen waren de verschillen begin maart, met name het verschil tussen wel of geen vanggewas, kleiner dan begin februari en half december. Een mogelijke verklaring is dat de hogere grondwaterstand in de winter op het proefveld van 2020/2021 ten opzichte 2019/2020 ertoe heeft bijgedragen dat de verschillen nivelleerden. Hoe hoger het grondwater staat, hoe "sneller" het bodemvocht is omgezet naar grondwater en hoe sneller een piek wordt gevonden en weer verdwijnt.

Gemiddeld over de vier seizoenen had het oogstmoment van de maïs een beperkt effect op de verlaging van de nitraatconcentratie en de N-flux: 9 mg/l NO₃ en 3 kg N per ha lager bij de vroegere oogst dan bij de latere oogst. Plantdichtheid van de maïs had geen duidelijk effect op de nitraatconcentratie en evenmin op de N-flux. Van de ondergezaaide vanggewassen gaf rietzwenkgras (mits de teelt was geslaagd) een sterkere verlaging van de nitraatconcentratie en N-flux dan Italiaans raaigras: een verlaging van 31 versus 16 mg/l NO₃ en 12 versus 6 kg N/ha, gemiddeld over de beide oogstmomenten van de maïs.

Van de na oogst gezaaide vanggewassen gaf winterrogge de sterkste verlaging: 45 mg/l NO₃ en 17 kg N per ha. Tussen Japanse haver en wintergerst was er geen duidelijk verschil. Die gaven een verlaging van 28 mg/l NO₃ en 11 kg N per ha. In de proeven met vanggewassen na aardappel voldeden wintergerst en Japanse haver gemiddeld genomen even goed als winterrogge ten aanzien van verlaging van de nitraatconcentratie (Van Geel et al., 2023). De proeven met vanggewassen na maïs gaven dus een ander beeld.

De zaaidichtheid van het vanggewas had geen duidelijk effect op de nitraatconcentratie. Het effect van zaaitijd was gering: een 6 mg/l lagere concentratie NO₃ en 3 kg N per ha lagere N-flux bij de vroegere zaai dan bij de latere zaai. Het effect van zaaitijdstip was daarmee veel kleiner dan het effect van wel of geen vanggewas. Ook uit de proeven met vanggewassen na aardappel kwam naar voren dat de verlaging van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wat minder groot was naarmate later werd gezaaid, maar dat de verlaging door een later gezaaid vanggewas ten opzichte van geen vanggewas, altijd nog groter was dan het verschil tussen een vroeger of later gezaaid vanggewas.

Over het geheel bezien, gaf de vroeg gezaaide winterrogge de sterkste verlaging van de nitraatconcentratie: 48 mg/l, gevolgd door de later gezaaide winterrogge en het rietzwenkgras na de vroege maïsoogst: 40 mg/l en vervolgens de vroeg gezaaide wintergerst: 35 mg/l. Het Italiaans raaigras gaf de zwakste verlaging: respectievelijk 19 en 13 mg/l na de vroege en latere maïsoogst. De overige vanggewasobjecten zaten er tussen en verschilden niet van elkaar qua verlaging van de nitraatconcentratie: een gemiddelde verlaging van 25 mg/l.

Dat rietzwenkgras de nitraatconcentratie niet sterker verlaagde dan winterrogge, ondanks dat het meer stikstof had opgenomen, komt wellicht omdat het de N-afvoer met de geoogste maïs verlaagde, waardoor het voordeel van een hogere N-opname door het vanggewas min of meer wegvalt tegen een hoger N-overschot van de hoofdteelt.

Het zal in praktijk lang niet altijd mogelijk zijn om de maïs begin september te oogsten. Omdat deze dan nog niet oogstrijp is en omdat het qua capaciteit onmogelijk is om alle maïs op zandgrond in één of twee weken tijd te oogsten. De vanggewassen zullen daardoor eerder eind september worden gezaaid dan begin september. Dan gaf winterrogge in de proeven een sterkere verlaging van de nitraatconcentratie dan rietzwenkgras na maïs die eind september werd geoogst.

Evenwel blijft een aandachtspunt dat winterrogge een waardplant is voor een aantal probleemaaltjes, die zich op winterrogge kunnen vermeerderen (zie de inleiding van het rapport). In hoeverre er vermeerdering optreedt bij de teelt als vanggewas, is niet helemaal duidelijk en wordt nader onderzocht in de PPS Groenbemesters. Dit is sterk bepalend voor het perspectief van winterrogge als vanggewas op zandgrond. Van rietzwenkgras is nog weinig bekend over de waardplantstatus voor plant-parasitaire aaltjes. Het verdient aanbeveling dit te onderzoeken.

De effecten van oogstmoment en plantdichtheid van de maïs in geval van de ondergezaaide vanggewassen of zaaimoment en zaaidichtheid in geval van de na oogst gezaaide vanggewassen op de N-opname van de vanggewassen, het stikstofoverschot of het berekende N-verlies in de winterperiode kwamen deels overeen met de verlaging van de nitraatconcentratie dan wel de N-flux, maar deels ook niet. Uit de proeven met vanggewassen na aardappel kwam ook naar voren dat er geen goed verband hoeft te zijn tussen het stikstofoverschot of de vermindering van het N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm en de reductie van de nitraatuitspoeling (Van Geel et al., 2023). Een modelberekeningen met ANIMO liet toen ook zien dat de vermindering van de stikstofuitspoeling niet evenredig hoeft te zijn met de N-opname door het vanggewas, omdat ook andere processen van de stikstofhuishouding in de bodem van invloed zijn op de nitraatuitspoeling.

De berekende reductie van de N-flux naar het grondwater door de vanggewassen was lager dan de N-vastlegging door de vanggewassen dan wel de verlaging van het N-overschot of de vermindering van het N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm in de winterperiode. Dit lijkt in tegenspraak met de bevinding uit eerder onderzoek (zie de inleiding van het rapport), waaruit bleek dat de reductie van stikstofuitspoeling door de vanggewassen hoger was dan op basis van de N-opname door de vanggewassen mocht worden verwacht. De N-flux in het door Schröder et al. (1996) aangehaalde onderzoek is echter berekend op basis van het neerslagoverschot en de nitraatconcentratie in het bodemvocht op één meter beneden maaiveld, gemeten m.b.v. cups. Dit wijkt af van de methode die in het onderzoek te Vredepeel is gebruikt, waarbij de nitraatconcentratie direct in het grondwater is gemeten. Er is geen onderzoek bekend waarin beide methoden zijn vergeleken.

Meting in het grondwater is vanzelfsprekend omdat de norm voor nitraat ook het grondwater betreft, maar is vanuit onderzoek gezien lastig, omdat grondwater niet alleen wordt beïnvloed door de teelt, maar ook door de omgeving en de variatie in een perceel. Verder is in dit onderzoek de meetperiode relatief kort geweest: tot en met maart, om een volgende teelt mogelijk te maken, terwijl het effect op nitraat pas in februari/maart zichtbaar werd. Of de N-flux over een relatief korte periode als het winterseizoen goed kan worden berekend op basis van de nitraatconcentraties gemeten in het grondwater m.b.v. peilbuizen, is twijfelachtig. Wanneer de nitraatmetingen langer worden voortgezet na de winter, is de berekende N-flux waarschijnlijk hoger en het verschil tussen de vanggewasobjecten en braak groter.

Bij vervolgonderzoek kan gedacht worden aan grotere onderzoekplots, meer herhalingen en een analyse van bodemvocht om effecten van de omgeving uit te sluiten. Ook kan worden gedacht aan langer voortzetten van de metingen, waardoor de effecten van vanggewassen op de nitraatconcentratie nog duidelijker worden en het effect op de stikstoflux en de reductie hiervan door een vanggewas over een heel jaar kan worden gemeten. Voor de uitvoering kan dit inhouden dat de peilbuizen moeten worden verwijderd als in het voorjaar de grond wordt bewerkt en er wordt gezaaid, gepoot of geplant en dat ze daarna weer moeten worden teruggeplaatst.

De verlaging van de nitraatconcentratie na maïs door de teelt van vanggewassen in deze proeven betreft de verlaging op perceelniveau. Voor de grondwaterkwaliteit is het effect op gebiedsniveau (in dit geval de regio Zuidelijk zand) op lange termijn van belang. In de milieueffectrapportage (MER) van het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn (Van Boekel et al., 2021) is in bijlage 7.3 het effect van vanggewassen op de reductie van de nitraatconcentratie in het grondwater modelmatig berekend en

daar komt een lagere reductie van de nitraatconcentratie uit op gebiedsniveau door de teelt van vanggewassen.

Verder zijn de gevonden verlagingen van de nitraatconcentratie in de proeven gerelateerd aan de specifieke bodemeigenschappen van de percelen te Vredepeel en de grondwaterstanden in de betreffende winters. Ze zijn daarom niet representatief voor wat gemiddeld op landelijk niveau mag worden verwacht. Hiervoor zouden de relaties tussen N-overschot en nitraatconcentratie van Fraters et al. (2012) kunnen worden gebruikt. Deze relaties zijn echter gebaseerd op het berekende N-overschot (aanvoer minus afvoer van stikstof) en niet op N-opname door een vanggewas. Het effect van het vanggewas kan wel worden verrekend in de N-balans, zoals in de MER van het 7^e actieprogramma is gedaan. Het kan leiden tot een lagere N-bemesting door rekening te houden met de N-nawerking uit het ingewerkte vanggewas of een hogere N-afvoer (met name bij suboptimale N-bemesting) door een hoger N-aanbod aan het volggewas. Het verdient aanbeveling om de uitspoelfactoren van Fraters et al. (2012) te valideren voor bedrijfssystemen met vanggewassen. Misschien moeten hiervoor afzonderlijke factoren worden afgeleid.

Als laatste moet nog worden opgemerkt, dat hoewel de metingen van de nitraatconcentratie in de proeven overeenkomt met de methode van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), de meetmoment beperkt zijn gebleven tot de winterperiode, terwijl in het LMM ook in de zomerperiode wordt gemeten. Hoewel de nitraatconcentraties die aan het einde van de winter / begin van de lente zijn gemeten, bepalend zijn voor de concentratie die de rest van het seizoen (tot aan het volgend uitspoelingsseizoen) in het grondwater aanwezig blijft, hoeft het niet gelijk te zijn aan de concentratie die in de zomer wordt gemeten. Boumans & Fraters (2017) vonden dat er een geleidelijke stijging is van de geschatte nitraatconcentratie tussen oktober en februari en een geleidelijke daling tussen februari en oktober. De concentratie is in de zomerperiode iets lager dan in of aan het einde van de winter (LMM, 2023). Hoeveel verschil dit uitmaakt voor het effect van de vanggewassen op de nitraatconcentratie, moet uit nader onderzoek blijken.

DOC en kationen

Evenals bij de proeven met vanggewassen na aardappel (Van Geel et al., 2023) kwam bij de proeven met vanggewassen na maïs een relatie tussen de DOC-concentratie en de nitraat-concentratie naar voren: een hogere DOC-concentratie ging gepaard met een lagere nitraatconcentratie (zie bijlage 9). De teelt van vanggewassen had effect op de DOC-concentratie, hoewel er verschillen waren tussen de objecten. Dit kwam in de loop van de winter tot uiting: een veelal hogere DOC-concentratie onder de vanggewassen dan onder braak.

Het lijkt erop dat nitraat en DOC gelijktijdig zijn uitgespoeld en in het grondwater gekomen. Dat zou betekenen dat de DOC uit dezelfde bodemlaag komt als de laag waarin N_{min} is beïnvloed door de vanggewassen (de door de vanggewassen doorwortelde laag). Waarom er bij de teelt van vanggewassen meer DOC ontstaat, is niet uitgezocht in dit onderzoek, maar is ook al eerder gevonden door Premrov et al. (2012) bij gele mosterd als vanggewas in Ierland.

Naast de afbraak van gewasresten van de maïs, is bij de vanggewasobjecten mogelijk in de nazomer en herfst extra DOC ontstaan door exudatie van koolstofverbindingen door de wortels van de vanggewassen en/of afsterving van blad in de winter. DOC gevormd uit de resten van vanggewassen is snel afbreekbaar en een direct beschikbare koolstofbron voor het bodemleven. Dit kan de bodemlevenactiviteit stimuleren, wat tot meer zuurstofverbruik leidt in de bodem en dat kan weer de denitrificatie van stikstof in de bodem bevorderen, met name onder natte omstandigheden. Premrov et al. (2012) wijzen er ook op dat een toename van de DOC-concentratie door het vanggewas mogelijk de denitrificatie verhoogt.

Ook op de momenten dat er geen duidelijk effect was van de vanggewassen op de DOC-concentratie, en nitraatconcentratie waren er evengoed toch verschillen tussen de veldjes in de proeven (als gevolg van variatie in de bodem) en ging een hogere DOC-concentratie meestal gepaard met een lagere nitraatconcentratie, ook bij de veldjes zonder vanggewas.

Uit de proeven met vanggewassen na aardappel kon niet goed worden opgemaakt of er een oorzakelijk verband was tussen DOC en nitraat c.q. of een hogere DOC-concentratie heeft geleid tot een hogere denitrificatiesnelheid of dat de DOC- en nitraatconcentratie beide zijn beïnvloed door de vanggewassen, maar dat DOC geen effect heeft gehad op de denitrificatie.

De vanggewassenproeven met maïs versterken de indruk dat DOC wel degelijk een rol speelt bij het verlagen van de nitraatconcentratie. Het RIVM vond in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) ook een omgekeerd evenredige relatie tussen DOC en NO_3 . Dit betreft dan metingen van verschillende bedrijven en percelen in meerdere jaren. Wanneer op een locatie de DOC hoog is, betekent dit vaak dat het organische-stofgehalte van de bodem ook hoog is. Daardoor vindt er meer denitrificatie plaats en is de nitraatconcentratie lager⁴. Met betrekking tot de vanggewassen zou dit kunnen betekenen dat deze op twee manieren de nitraatconcentratie in het grondwater kunnen verlagen: via vastlegging van stikstof en via extra denitrificatie.

Een verandering in de verhouding tussen de kationen en nitraat in het grondwater geeft een aanwijzing voor het optreden van denitrificatie. Op 9 en 29 maart 2022 zijn naast nitraat en DOC kationen in het grondwater gemeten (bijlage 9). De metingen wijzen uit dat in deze periode denitrificatie via DOC kwantitatief niet een heel belangrijk proces kan zijn geweest, omdat de verhouding tussen nitraat en kationen niet wezenlijk veranderde. De twee momenten aan het einde van de winter waarop de kationen zijn gemeten, was echter te beperkt om een verandering in deze verhouding gedurende de gehele winterperiode goed te kunnen vaststellen.

⁴ Persoonlijke communicatie: H. Wismans (2023), RIVM.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

De conclusies zijn weergegeven voor de effecten gemiddeld over de vier proefjaren van de in dit onderzoek opgenomen (niet-vlinderbloemige) vanggewassen.

De gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater aan het einde van de winter / begin van de lente zonder vanggewas na snijmais was 86 mg nitraat per liter. De teelt van stikstofvanggewassen verlaagde deze concentratie met 13 tot 48 mg/l, afhankelijk van het type vanggewas en zaaimoment dan wel oogstmoment van de maïs. De sterkste verlaging werd verkregen door:

- winterrogge, gezaaid na de maïs oogst in de 1^e helft van september: 48 mg/l verlaging;
- winterrogge, gezaaid na de maïs oogst eind september of onderzaai van rietzwenkgras met oogst van de maïs in de 1^e helft van september: 39-40 mg/l verlaging;
- wintergerst, gezaaid na de maïs oogst in de 1^e helft van september: 35 mg/l verlaging.

Zowel bij de vroeger als later gezaaide winterrogge en bij het rietzwenkgras na de vroegste maïs oogst bleef de nitraatconcentratie daardoor (gemiddeld over de vier jaar) onder de 50 mg/l. Onderzaai van Italiaans raaigras gaf de zwakste verlaging: respectievelijk 19 en 13 mg/l na de vroege en latere maïs oogst. Bij de overige vanggewasobjecten bedroeg de verlaging 24-26 mg/l. Dit betrof onderzaai van rietzwenkgras met oogst van de maïs eind september, wintergerst gezaaid na de maïs oogst eind september en Japanse haver gezaaid na de maïs oogst in de 1^e helft van september en eind september. Van de onderzochte vanggewassen gaf winterrogge zowel na de vroege als de latere maïs oogst de sterkste verlaging van de nitraatconcentratie.

De effecten van oogstmoment en plantdichtheid van de maïs en zaaitijdstip en zaaidichtheid van de na oogst gezaaide vanggewassen op de nitraatconcentratie waren relatief klein in verhouding tot het verschil tussen wel of geen vanggewas.

Na het vroeg geoogste maïsras ontwikkelden de ondergezaaide vanggewassen zich veelal beter dan na de later geoogste maïsras, was de stikstofopname veelal hoger en was de nitraatconcentratie in het grondwater 9 mg/l lager dan na de latere maïs oogst. Vroeg oogsten van nog niet oogstrijpe maïs ten gunste van een vanggewas (op 1 september in 2020 en 2021) ging echter ten koste van de droge-stofopbrengst (-15%) en ook was het droge-stofgehalte van de maïs nog te laag, waardoor de voederwaarde lager is en er meer inkuilverliezen optreden.

Bij de lagere plantdichtheid van de maïs (7,5 planten per m²) ontwikkelden de ondergezaaide vanggewassen zich tijdens de maïs teelt en daarna over het algemeen beter dan bij de hogere plantdichtheid (9,5 planten per m²) en namen ook wat meer stikstof op, maar er was geen duidelijk effect op de nitraatconcentratie in het grondwater. De droge-stofopbrengst van de maïs was bij de lagere plantdichtheid bijna 4% lager dan bij de hogere.

Bij de onderzaai van rietzwenkgras was de droge-stofopbrengst van de maïs ca. 5% lager dan zonder onderzaai. Onderzaai van Italiaans raaigras verlaagde de maïsopbrengst niet.

Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was in twee van de vier jaar de ontwikkeling bij de vroegere zaai beter en de N-opname wat hoger dan bij de latere zaai, maar in de andere twee jaar niet door droogte in september. Bij de vroegere zaai was de nitraatconcentratie gemiddeld 6 mg/l lager dan bij de latere zaai.

De zaaidichtheid van het vanggewas (een ruime hoeveelheid zaaizaad of de helft hiervan) had bij winterrogge en Japanse haver geen duidelijk effect op de N-opname. Bij wintergerst was de N-opname bij de lagere zaaidichtheid wat lager dan bij de hogere. De zaaidichtheid had geen duidelijk effect op de nitraatconcentratie in het grondwater.

5.2 Aanbevelingen

Het perspectief van winterrogge en rietzwenkgras als N-vanggewas hangt naast het effect op de nitraatconcentratie mede af van de inpasbaarheid in het bouwplan in verband met vermeerdering van plant-parasitaire aaltjes. Aanbevolen wordt om het effect van deze vanggewassen op de vermeerdering van deze aaltjes nader te onderzoeken.

De gevonden verlagingen van de nitraatconcentratie zijn locatie-specifiek en hoeven niet representatief te zijn voor wat gemiddeld op landelijk niveau mag worden verwacht. Om hiervan een beter beeld te krijgen, wordt aanbevolen om op meerdere locatie c.q. verschillende zandgronden die variëren voor hydrologische en andere bodemeigenschappen en gedurende meerdere jaren kleine proeven aan te leggen met stikstofvanggewassen. Ook wordt aanbevolen om de relaties tussen N-overschot en nitraatconcentratie te valideren voor bedrijfssystemen met vanggewassen. Misschien moeten hiervoor aparte relaties worden afgeleid.

De proefresultaten geven de indruk dat de vanggewassen de nitraatconcentratie in het grondwater kunnen verlagen door vastlegging van stikstof in de winterperiode alsook door extra denitrificatie van stikstof. Het verdient aanbeveling om dit proces nader te onderzoeken.

Bij vervolgonderzoek wordt aanbevolen de onderzoekplots groter te maken om effecten van de omgeving uit te sluiten. Ook wordt aanbevolen de nitraatmetingen in het grondwater langer voort te zetten na de winter, waardoor de effecten van vanggewassen op de nitraatconcentratie nog duidelijker worden en het effect op de stikstoflux en de reductie hiervan door een vanggewas over een heel jaar kan worden gemeten in plaats van alleen in de winterperiode.

Dankwoord

De auteurs danken de volgende personen voor hun medewerking aan dit onderzoek: Kevin Duan en Piet Groenendijk van WEnR voor het berekenen van waterfluxen, medewerkers van CBLB-WUR voor de chemische analyses, medewerkers van Unifarm voor de grondwaterbemonsteringen en medewerkers van proefboerderij Vredepeel voor de teelt en bemonsteringen van de gewassen en de bodembemonsteringen.

Literatuur

- Appelo, C.A.J. & Postma, D. (2005). *Geochemistry, groundwater and pollution*, 2nd ed, 649 p.
- Bakker, M. G., Acharya, J., Moorman, T. B., Robertson, A. E. & Kaspar, T. C. (2016). The Potential for Cereal Rye Cover Crops to Host Corn Seedling Pathogens. *Phytopathology*, 106, 591-601.
- Basche, A. D., Kaspar, T. C., Archontoulis, S. V., Jaynes, D. B., Sauer, T. J., Parkin, T. B. & Miguez, F. E. (2016). Soil water improvements with the long-term use of a winter rye cover crop. *Agricultural Water Management*, 172, 40-50.
- Berntsen, J., Olesen, J. E., Petersen, B. M. & Hansen, E. M. (2006). Long-term fate of nitrogen uptake in catch crops. *European Journal of Agronomy*, 25, 383-390.
- Boumans, L. & Fraters, D. (2017). Actualisering van de trendmodellering van gemeten nitraatconcentraties bij landbouwbedrijven Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid. Rapport 2016-0211. RIVM, Bilthoven.
- Constantin, J., Beaudoin, N., Laurent, F., Cohan, J.-P., Duyme, F. & Mary, B. (2011). Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization. *Plant and Soil*, 341, 137-154.
- Elhakeem, A., R.J. Porre, E. Hoffland, J.C. van Dam, S.M. Drost, G.B. De Deyn (2023). Radish-based cover crop mixtures mitigate leaching and increase availability of nitrogen to the cash crop. *Field Crops Research* 292 (2023) 108803.
- Fraters, B., L.J.M. Boumans, T.C. van Leeuwen & J.W. Reijs (2007). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Rapport 680716002, RIVM, Bilthoven.
- Fraters, B., T.C. van Leeuwen, A. Hooijboer, M.W. Hoogeveen, L.J.M. Boumans & J.W. Reijs (2012). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Rapport 680716006. RIVM, Bilthoven.
- Gabriel, J., Muñoz-Carpena, R. & Quemada, M. (2012). The role of cover crops in irrigated systems: Water balance, nitrate leaching and soil mineral nitrogen accumulation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 155, 50-61.
- De Vos, J. A. (2001). Monitoring nitrate leaching from submerged drains. *Journal of environmental quality*, 30(3), 1092-1096.
- Groenendijk, P., Velthof, G.L., Schröder, J.J., de Koeijer, T.J., & Luesink, H.H. (2017). Milieueffectrapportage van maatregelen zesde Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Op planniveau. Wageningen Environmental Research rapport, No. 2842. Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/425038>
- Heinen, M. (2006). Application of a widely used denitrification model to Dutch data sets. *Geoderma*, 133, 464-473.
- Hoving, I.E., G. Holshof, M. Stienezen en G. Roerink (2019). Test grasgroeivoorspelling in de praktijk. Resultaten modelmatige schatting drogestofopbrengst en ruw eiwitgehalte. Wageningen Livestock Research, Rapport 1251.
- Jahangir, M. M. R., Minet, E. P., Johnston, P., Premrov, A., Coxon, C. E., Hackett, R. & Richards, K. G. (2014). Mustard catch crop enhances denitrification in shallow groundwater beneath a spring barley field. *Chemosphere*, 103, 234-239.
- Komainsa, M., Taube, F., Kluß, C. & Herrmann, A. (2016). Above-and belowground nitrogen uptake of winter catch crops sown after silage maize as affected by sowing date. *European Journal of Agronomy*, 79, 31-42.
- Komainsa, M., Taube, F., Kluß, C. & Herrmann, A. (2018). Effects of catch crops on silage maize (*Zea mays* L.): yield, nitrogen uptake efficiency and losses. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110, 51-69.

-
- Landman, A. (1988). Geschiktheid van groenbemesters voor N-conservering na drijfmesttoepassing. *Ad fundum* 6, 16-24.
- Leeuwen-Haagsma, W.K. van, Hoek, H., Molendijk, L.P.G., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B.M.A.; Groot, G.A. de (2019). Handboek Groenbemesters 2019. WUR Open Teelten, Lelystad. <https://www.handboekgroenbemesters.nl/nl/handboekgroenbemesters.htm>
- LMM (2023). LMM-nieuws. Vraag en antwoord, Jaargang 16, nr. 4 (december 2023), p. 8-9.
- Ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Infrastructuur en Waterstaat (2017). Zesde Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2018 - 2021).
- Parkin, T.B., T.C. Kaspar & J.W. Singer (2006). Cover crop effects on the fate of N following soil application of manure. *Plant and Soil* 289, p. 141-152.
- Planbureau voor de Leefomgeving (2017). Evaluatie Meststoffenwet 2016: Syntheserapport. PBL-publicatienummer: 2258, Den Haag.
- Oorts, K., Laurent, F., Mary, B., Thiebaud, P., Labreuche, J. & Nicolardot, B. (2007). Experimental and simulated soil mineral N dynamics for long-term tillage systems in northern France. *Soil and Tillage Research*, 94, 441-456.
- Oste, L. A., Temminghoff, E. J., & Riemsdijk, W. V. (2002). Solid-solution partitioning of organic matter in soils as influenced by an increase in pH or Ca concentration. *Environmental science & technology*, 36(2), 208-214.
- Plaza-Bonilla, D., Nolot, J.-M., Raffalliac, D. & Justes, E. (2015). Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: field evidence and model simulations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212, 1-12.
- Premrov, A., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. & Richards, K. G. (2014). Effects of over-winter green cover on soil solution nitrate concentrations beneath tillage land. *Science of the Total Environment*, 470-471, 967-974.
- Premrov, A., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. & Richards, K. G. (2012). Effects of over-winter green cover on groundwater nitrate and dissolved organic carbon concentrations beneath tillage land. *Science of the Total Environment*, 438, 144-153.
- Römken, P. F., & Dolfin, J. (1998). Effect of Ca on the solubility and molecular size distribution of DOC and Cu binding in soil solution samples. *Environmental Science & Technology*, 32(3), 363-369.
- Schröder, J.J., Visser, de W., Assinck, F.B.T. & Velthof, G.L. (2013). Effects of short-term nitrogen supply from livestock manures and cover crops on silage maize production and nitrate leaching. *Soil Use and Management*, 29(2), 151 - 160.
- Schröder, J.J. (1997). Estimates of the carbon and nitrogen yield of shoots and roots of cover crops. In: J.J. Schröder (Ed.) Long term reduction of nitrate leaching by cover crops. Second progress report of EU Concerted Action (AIR3) 2108. Nota 53, AB-DLO, Wageningen, The Netherlands, 81-93.
- Schröder, J.J., van Dijk, W. & de Groot, W.J.M. (1996). Effects of cover crops on the nitrogen fluxes in a silage maize production system. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 293-315.
- Smit, A., J.J. de Haan & K.B. Zwart (2005). Kan de akkerbouw en groenteteelt op zandgrond voldoen aan de nitraatnorm? Resultaten Experimenteel Onderzoek op de Kernbedrijven Vredepeel en Meterik. Telen met toekomst OV0502. Alterra, Wageningen.
- Thomsen, I. & Christensen, B. (1999). Nitrogen conserving potential of successive ryegrass catch crops in continuous spring barley. *Soil Use and Management*, 15, 195-200.
- Van Boekel, E., P. Groenendijk, J. Kros, L. Renaud, J.C. Voogd, G. Ros, Y. Fujita, G.J. Noij en W. van Dijk (2021). Effecten van maatregelen in het zevende Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Milieueffectrapportage op planniveau. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3108.
- Van Bruggen, C., A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, G.L. Velthof & T. van der Zee (2022). Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2020. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 224

-
- Van Dijk, W., J.J. Schröder, L. ten Holte & W.J.M. de Groot (1995). Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Verslag van onderzoek op ROV Aver-Heino tussen voorjaar 1991 en najaar 1994. Verslag nr. 201, PAGV, Lelystad.
- Van Enckevort, P.L.A., J.R. van der Schoot & W. van den Berg (2002). Relatie tussen N-overschot en N-uitspoeling op gewasniveau voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. PPO-projectrapport nr. 1125234. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector AGV, Lelystad.
- Van Geel, W.C.A., R.P.J.J. Rietra, H.A.G. Verstegen, K. Duan, P. Groenendijk & J.T.W. Verhoeven (2023). Stikstofvanggewassen na consumptieaardappel op zandgrond. Verslag van driejarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel. Wageningen Research, Rapport WPR-1018. <https://edepot.wur.nl/631358>
- Van Geel, W.C.A. & H.A.G. Verstegen (2008). Wintergerst als groenbemester en stikstofvanggewas. PPO nr. 3253013350. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector AGV, Lelystad.
- van Genuchten, M. Th. (1980). A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 892–898
- Van Schöll, L., A.M. van Dam & P.A. Leffelaar (1997). Mineralisation of nitrogen from an incorporated catch crop at low temperatures: experiment and simulation. *Plant and Soil* 188: 211-219.
- Verhoeven, J., Bus, C., van Dijk, W., van Geel, W., van Schooten, H., Schröder, J. & Wustman, R. (2011). Teeltvervroeging bij consumptieaardappel en snijmaïs op zand ten behoeve van vanggewassen. Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector AGV, Lelystad. <https://edepot.wur.nl/177975>
- Vinten, A.J.A. (1999). Predicting Water and Chloride Transport in Drained Soils Derived from Glacial Till. *Journal of Environmental Quality* 28:980-987.
- 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, 152142.
- 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, 152142.
- Vos, J.A. & Assinck, F.B.T. (2004). Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. Rapportnr. OV0406, Wageningen.
- Vos, J. & Van der Putten, P. (2001). Field observations on nitrogen catch crops. III. Transfer of nitrogen to the succeeding main crop. *Plant and Soil*, 236, 263-273.
- Vos, J. & Van Der Putten, P. (2004). Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops. II. Effect of catch crops on nitrate leaching in autumn and winter. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70, 23-31.
- Werkgroep Handboek snijmaïs (2019). Eindredactie: H. van Schooten (Wageningen Livestock Research), B. Philipsen (Wageningen Livestock Research), J. Groten (Wageningen UR Open Teelten). Wageningen Livestock Research, Handboek snijmaïs 40.

Bijlage 1 Ligging van de proefpercelen en bodemvruchtbaarheidsgegevens

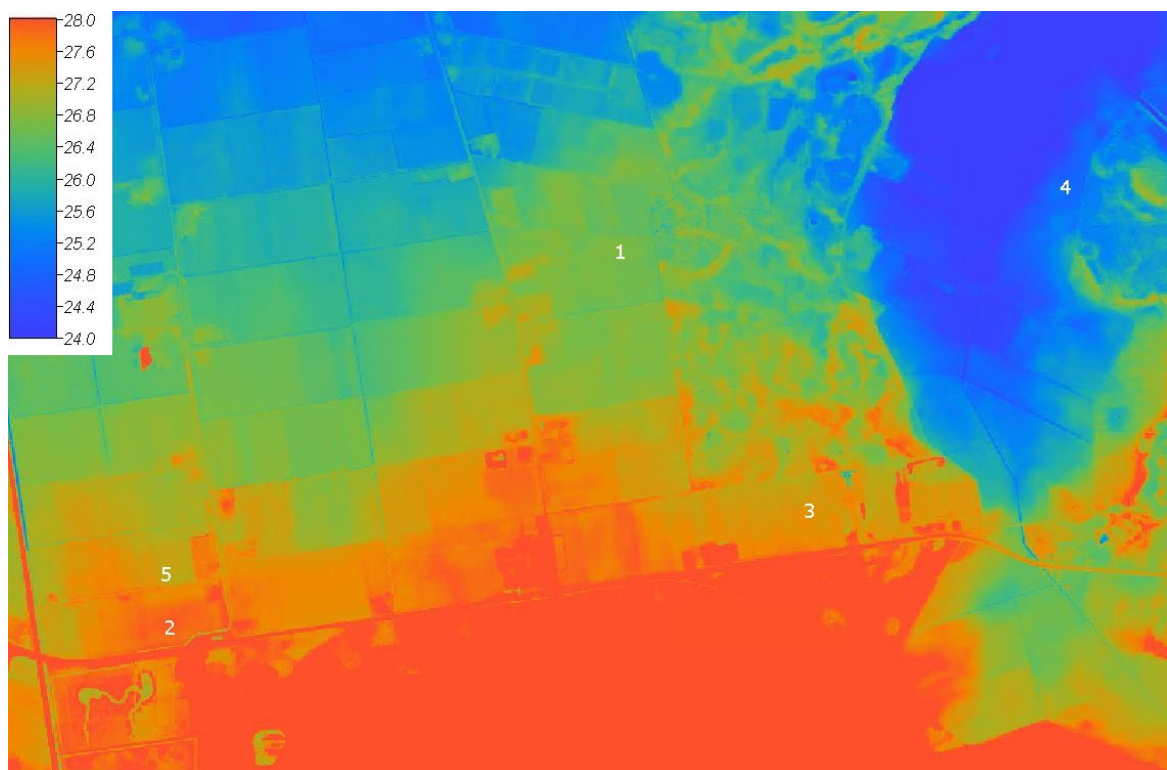
Ligging van de proefpercelen

Tabel B1.1. Locaties van de proefvelden

veld	2018/'19	2019/'20	2020/'21	2021/'22	XY-coördinaten
1	mais	aardappel		ten oosten van Twistweg aan bosrand	188777 395937
2	aardappel			ten noorden van Ripseweg bij proefboerderij	187111 394595
3		mais		Beekweg	189486 394929 *
4			mais	ten oosten van Kuulenweg	190299 396180
5			aardappel	ten westen van proefboerderij	187157 394812
6				mais bij proefboerderij, naast veld 2	187025 394407

*peilbuis onvoldoende kwaliteit, filter te diep, onttrekking in de omgeving

De locatie van de percelen is bekeken op de hoogtekaart, de grondwatertrappenkaart en de bodemkaart. Op de hoogtekaart (m +NAP) is te zien dat proefveld 4 enkele meters lager ligt dan de andere (Figuur B1.1).



Figuur B1.1. Hoogtekaart in omgeving Vredepeel (www.pdok.nl)

Op de volgende uitsnede van de grondwatertrappenkaart zijn de proefpercelen nogmaals weergegeven (Figuur B1.2). De resolutie van deze kaart is voldoende gedetailleerd om een schatting te maken van de grondwatertrap per locatie.



Figuur B1.2. Grondwatertrappenkaart in omgeving Vredepeel. Gt's in getekende vakken, van links naar rechts: IVc (2 en 5), VIIIo (1), VIIIId (3), en IVc (4) (www.pdok.nl).

Volgens de bodemkaart wordt voor vier van de vijf percelen de bodem gekenmerkt als een veldpodzol (Hn21; Figuur B1.3). De bodem bij veld 4 is meer moerig van aard.



Figuur B1.3. Bodemkaart in omgeving Vredepeel

Bodemvruchtbaarheidsgegevens

Proefperceel 2018-2019 (Twistweg Vissers Oost)



Bemestingswijzer
Akker-/tuinbouw
VP 2335Vanggewas na mais

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: 0652002106
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Uw klantnummer: 6026117

Wageningen Plant Research
H. Verstegen
Vredeweg 1 C
5816 AJ VREDEPEEL

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr: 795329/004359276	Datum monsternamen: 30-04-2018	Datum verslag: 08-05-2018	Subsidieverlener: Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN						
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog		
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4420	3580 - 5220						
	C/N-ratio		20	13 - 17						
	N-leverend vermogen	kg N/ha	40	95 - 145						
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	7	20 - 30						
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	905	645 - 905						
	C/S-ratio		97	50 - 75						
	S-leverend vermogen	kg S/ha	9	20 - 30						
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	17,7	5,8 - 9,7						
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	1000	420 - 645						
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	245	225 - 355						
Fysisch	K-bodemvoorraad	kg K/ha	225	255 - 390						
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	80	235 - 545						
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	3490	2765 - 4145						
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	515	160 - 275						
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	225	150 - 420						
	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	115	115 - 160						
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	35	75 - 110						
	Zuurgraad (pH)		5,4	5,6 - 6,1						
	C-organisch	%	2,7							
	Organische stof	%	4,8							
	C/OS-ratio		0,56	0,45 - 0,55						
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0						
	Klei (<2 µm)	%	< 1							
	Silt (2-50 µm)	%	7							
	Zand (>50 µm)	%	88							
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	68	> 61						
	CEC-bezetting	%	91	> 95						
	Ca-bezetting	%	79	75 - 85						
	Mg-bezetting	%	8,5	6,0 - 10						
	K-bezetting	%	2,6	2,0 - 5,0						
	Na-bezetting	%	0,7	1,0 - 1,5						
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0						
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0						
		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed		
	Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0						
	Verslemping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0						
	Biologisch		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
		Bodemleven	mg N/kg	24	60 - 80					

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 3

795329, 08-05-2018



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. M. van den Heuvel, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. De verspreiding
wordt deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegestaan. Eurofins Agro Testing
Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade van welke aard ook voortvloeiend
uit het gebruik van door of namens ons verspreide onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het Rijk-register voor testlaboratoria zoals
nader omschreven in de afdeling onder nr. L122 voor uitbuitend de monsternamings- en/of de
analysemethoden.

VP 2335Vanggewas na mais

Resultaat



Essentiële nutriënten

Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving

De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-Al = 71 mg P_2O_5 /100 g
Pw = 75 mg P_2O_5 /l

Advies

Er is door u geen bemestingsadvies aangevraagd!

Toelichting

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 16

Organische stof Figuur: Kwaliteit van de organische stof



Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en/of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabiel. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de ruheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Naastr klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het versleppingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slomp op. Bij 10-20% klei is het risico op slomp het grootst.

Contact & info

Bemonsterde laag: 0 - 25 cm
Grondsoort: Zand
Monster genomen door: Afgehaald van depot
Contactpersoon monsternamen: Patrick Bens: 0652002106

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Pagina: 2
Totaal aantal pagina's: 3

795329, 08-05-2018

VP 2335Vanggewas na mais

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA	
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1370	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
resultaten	S-plantbeschikbaar	2,3	mg S/kg	Em: CCL3/PAE®	
	S-totale bodemvoorraad	280	mg S/kg	Em: NIRS (TSC®)	Q
	P-plantbeschikbaar	5,5	mg P/kg	Em: CCL3/PAE®	Q
	P-bodemvoorraad	71	mg P ₂ O ₅ /100 g	PAL1: Gw NEN 5793	Q
	K-plantbeschikbaar	76	mg K/kg	Em: CCL3/PAE®	Q
	K-bodemvoorraad	1,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,3	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSC®)	
	Ca-bodemvoorraad	55	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Mg-plantbeschikbaar	159	mg Mg/kg	Em: CCL3/PAE®	Q
	Mg-bodemvoorraad	5,8	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Na-plantbeschikbaar	35	mg Na/kg	Em: CCL3/PAE®	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Zuurgraad (pH)	5,4		Em: NIRS (TSC®)	
	O-organisch	2,7	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	Organische stof	4,8	%	Em: NIRS (TSC®)	Q
	C-anorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei (<2 µm)	< 1	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Silt (2-50 µm)	7	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Zand (>50 µm)	88	%	Em: NIRS (TSC®)	
	Klei-humus (CEC)	68	mmol+/kg	Em: NIRS (TSC®)	
	Bodemleven	24	mg N/kg	Em: NIRS (TSC®)	
De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.					

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analyseresultaten.

Q: Methode geaccrediteerd door RvA.

Emt: Eigen methode, Gw: Gelijkaardig aan, Cf: Conform.

P-bodemvoorraad: Deze analyse is in duplo uitgevoerd.

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.

Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheids termijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.

De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op het aan Eurofins Agro aangeleverde materiaal op 01-05-2018.

BemestingsWijzer
Akker-/tuinbouw
Beekweg Oost

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: Patrick Bens: 0652002106
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Uw klantnummer: 6026117

Wageningen Plant Research
H. Verstegen
Vredeweg 1 C
5816 AJ VREDEPEEL

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:	Subsidieleverancier:				
	765809/004671308	05-04-2019	16-04-2019	Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4140	3740 - 5450	<div></div>	<div></div>		
	C/N-ratio		16	13 - 17	<div></div>	<div></div>		
	N-leverend vermogen	kg N/ha	55	95 - 145	<div></div>			
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	15	20 - 30	<div></div>			
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	640	675 - 945	<div></div>	<div></div>		
	C/S-ratio		106	50 - 75	<div></div>	<div></div>		
	S-leverend vermogen	kg S/ha	5	20 - 30	<div></div>			
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	12,1	6,1 - 10,1	<div></div>	<div></div>		
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	970	440 - 675	<div></div>	<div></div>		
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	160	235 - 370	<div></div>			
K-bodemvoorraad	kg K/ha	210	220 - 350	<div></div>	<div></div>			
Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	25	245 - 565	<div></div>				
Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	2090	1750 - 2620	<div></div>	<div></div>			
Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	530	170 - 285	<div></div>	<div></div>			
Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	305	110 - 380	<div></div>	<div></div>			
Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	40	120 - 170	<div></div>				
Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	30	75 - 115	<div></div>	<div></div>			
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,3	5,6 - 6,1	<div></div>			
	C-organisch	%	2,0					
	Organische stof	%	3,5					
	C/OS-ratio		0,57	0,45 - 0,55	<div></div>	<div></div>		
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	<div></div>			
	Klei (<2 µm)	%	< 1					
	Silt (2-50 µm)	%	5					
	Zand (>50 µm)	%	92					
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	43	> 37	<div></div>	<div></div>		
	CEC-bezetting	%	94	> 95	<div></div>	<div></div>		
	Ca-bezetting	%	72	75 - 85	<div></div>	<div></div>		
	Mg-bezetting	%	17	6,0 - 10	<div></div>	<div></div>		
	K-bezetting	%	3,7	2,0 - 5,0	<div></div>	<div></div>		
	Na-bezetting	%	0,9	1,0 - 1,5	<div></div>	<div></div>		
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0	<div></div>			
Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	<div></div>				
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed	
	Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	Verslemping	rapportcijfer	7,7	6,0 - 8,0	<div></div>	<div></div>		
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Biologisch	Microbiële activiteit	mg N/kg	33	60 - 80	<div></div>			

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 3

765809, 16-04-2019



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van Berthum, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen BV aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade van welke aard ook voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verspreide onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitkultuur de monstername- en/of de analysemethoden.



Beekweg Oost

Resultaat



Essentiële nutriënten

Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving

De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-Al = 66 mg P_2O_5 /100 g
Pw = 61 mg P_2O_5 /l

Advies

Er is door u geen bemestingsadvies aangevraagd!

Toelichting

Kali:
Het K-getal is voor dit perceel 12

Organische stof Figuur: Kwaliteit van de organische stof



Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en/of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabiel. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de ruheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Naaft klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het versleppingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slomp op. Bij 10-20% klei is het risico op slomp het grootst.

Contact & info

Bemonsterde laag: 0 - 25 cm
Grondsoort: Zand
Monster genomen door: Afgehaald van depot
Contactpersoon monsternamen: Patrick Bens: 0652002106

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Pagina: 2
Totaal aantal pagina's: 3

765809, 16-04-2019

Beekweg Oost

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1230	mg N/kg	Emt: NIRS (TSC0)
resultaten	S-plaantbeschikbaar	4,6	mg S/kg	Emt: CCL3(PAE0)
	S-totale bodemvoorraad	190	mg S/kg	Emt: NIRS (TSC0)
	P-plaantbeschikbaar	3,6	mg P/kg	Emt: CCL3(PAE0)
	P-bodemvoorraad	66	mg P ₂ O ₅ /100 g	Emt: NIRS (TSC0)
	K-plaantbeschikbaar	47	mg K/kg	Emt: CCL3(PAE0)
	K-bodemvoorraad	1,6	mmol+/kg	Emt: NIRS (TSC0)
	Ca-plaantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Emt: NIRS (TSC0)
	Ca-bodemvoorraad	32	mmol+/kg	Emt: NIRS (TSC0)
	Mg-plaantbeschikbaar	158	mg Mg/kg	Emt: CCL3(PAE0)
	Mg-bodemvoorraad	7,5	mmol+/kg	Emt: NIRS (TSC0)
	Na-plaantbeschikbaar	12	mg Na/kg	Emt: CCL3(PAE0)
	Na-bodemvoorraad	0,4	mmol+/kg	Emt: NIRS (TSC0)
	Zuurgraad (pH)	5,3		Emt: NIRS (TSC0)
	C-organisch	2,0	%	Emt: NIRS (TSC0)
	Organische stof	3,5	%	Emt: NIRS (TSC0)
	C-anorganisch	0,04	%	Emt: NIRS (TSC0)
	Koolzure kalk	<0,2	%	Emt: NIRS (TSC0)
	Klei (<2 µm)	<1	%	Emt: NIRS (TSC0)
	Silt (2-50 µm)	5	%	Emt: NIRS (TSC0)
	Zand (>50 µm)	92	%	Emt: NIRS (TSC0)
	Klei-humus (CEC)	43	mmol+/kg	Emt: NIRS (TSC0)
	Microbiële activiteit	33	mg N/kg	Emt: NIRS (TSC0)

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analysesresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA

Emt: Eigen methode, Gwr: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.

Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheids termijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.

De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 08-04-2019

Proefperceel 2020-2021 (Kuulenweg Hoogspanning)



Rapport

BemestingsWijzer
Akker-/tuinbouw
VP2518 0-30cm

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: Patrick Bens: 0852002108
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Uw klantnummer: 6026117

Wageningen Plant Research
H. Verstegen
Vredeweg 1 C
5816 AJ VREDEPEEL

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monstername:	Datum verslag:	Subsidieleverancier:					
	761842/005022832	14-04-2020	21-04-2020	Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN					
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog	
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	5370	4380 - 6390	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	C/N-ratio		16	13 - 17	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	N-leverend vermogen	kg N/ha	70	95 - 145	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	8	20 - 30	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	945	790 - 1105	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	C/S-ratio		92	50 - 75	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	S-leverend vermogen	kg S/ha	10	20 - 30	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	8,7	7,1 - 11,8	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	895	515 - 790	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	145	275 - 435	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
K-bodemvoorraad	kg K/ha	230	310 - 475	<div></div>	<div></div>	<div></div>			
Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	30	285 - 665	<div></div>	<div></div>	<div></div>			
Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	4510	3220 - 4830	<div></div>	<div></div>	<div></div>			
Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	585	195 - 335	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	315	180 - 510	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	25	140 - 195	<div></div>	<div></div>	<div></div>			
Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	45	90 - 135	<div></div>	<div></div>	<div></div>			
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,5	5,6 - 6,1	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	C-organisch	%	2,2		<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	Organische stof	%	4,2		<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	C/OS-ratio		0,52	0,45 - 0,55	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	Klei (<2 µm)	%	2		<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	Silt (2-50 µm)	%	13		<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	Zand (>50 µm)	%	81		<div></div>	<div></div>	<div></div>		
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	66	> 55	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	CEC-bezetting	%	99	> 95	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	Ca-bezetting	%	86	75 - 85	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	Mg-bezetting	%	10	6,0 - 10	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	K-bezetting	%	2,3	2,0 - 5,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	Na-bezetting	%	0,8	1,0 - 1,5	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	
		Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	zeer goed	
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>		
Verslemping	rapportcijfer	7,8	6,0 - 8,0	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>		

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 3
Rapportidentificatie:
761842/005022832, 21-04-2020



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van Berthum, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek
worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing
Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van door of namens ons verspreide onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals
nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitkultuur de monstername- en/of de
analysemethoden.

[Handwritten signature]

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vtj laag	goed	vtj hoog	hoog
Biologisch								
Microbiële biomassa	mg C/kg	169	210 - 630					
Microbiële activiteit	mg N/kg	22	60 - 80					
Schimmel/bacterie-ratio		0,6	0,6 - 0,9					



Essentiële nutriënten

Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en/of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving

De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

Wetgeving	Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte . Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven: P-bodemvoorraad (P-AJ) = 52 mg P ₂ O ₅ /100 g P-plantbeschikbaar (P-PAE) = 2,2 mg P/kg Pw-getal = 44 mg P ₂ O ₅ /l
------------------	---

Advies	Er is door u geen bemestingsadvies aangevraagd!
---------------	---

Toelichting	Kali: Het K-getal is voor dit perceel 10
--------------------	--

Bodemleven:

De biologische bodemvruchtbaarheid wordt nu weergegeven via 3 kengetallen, te weten de microbiële biomassa, de microbiële activiteit en de schimmel/bacterie-ratio. Op basis van de huidige kennis wordt een waardering gegeven die afhankelijk is van de hoeveelheid organische stof. Er wordt nu nog geen advies gegeven. Via diverse onderzoeksprojecten zal er meer informatie beschikbaar komen.

Organische stof Figuur: Kwaliteit van de organische stof



Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en/of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabiel. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de ruheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

VP2518 0-30cm

Naaft klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slomp op. Bij 10-20% klei is het risico op slomp het grootst.

Contact & info Bemonsterde laag: 0 - 30 cm
 Grondsoort: Zand
 Monster genomen door: Afgehaald van depot
 Contactpersoon monsternamen: Patrick Bens: 0652002106

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analise resultaten	N-totale bodemvoorraad	1360	Em: NIRS (TSC@)	Q
	S-plantbeschikbaar	2,0	Em: CCL3(PAE@)	Q
	S-totale bodemvoorraad	340	Em: NIRS (TSC@)	Q
	P-plantbeschikbaar	2,2	Em: CCL3(PAE@)	Q
	P-bodemvoorraad	52	Em: NIRS (TSC@)	Q
	K-plantbeschikbaar	37	Em: CCL3(PAE@)	Q
	K-bodemvoorraad	1,5	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Ca-bodemvoorraad	57	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Mg-plantbeschikbaar	148	Em: CCL3(PAE@)	Q
	Mg-bodemvoorraad	6,6	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Na-plantbeschikbaar	6	Em: CCL3(PAE@)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Zuurgraad (pH)	5,5	Em: NIRS (TSC@)	Q
	C-organisch	2,2	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Organische stof	4,2	Em: NIRS (TSC@)	Q
	C-onorganisch	0,05	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Koolzure kalk	< 0,2	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Klei (<2 μm)	2	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Silt (2-50 μm)	13	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Zand (>50 μm)	81	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Klei-humus (CEC)	66	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Microbiële biomassa	169	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Microbiële activiteit	22	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Schimmel biomassa	46	Em: NIRS (TSC@)	Q
	Bacteriële biomassa	79	Em: NIRS (TSC@)	Q

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analysesresultaten.

Q Methode geaccrediteerd door RvA
 Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
 Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheids termijn tussen monsternamen en analyse uitgevoerd.
 De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 15-04-2020

Pagina: 3
 Totaal aantal pagina's: 3
 Rapportidentificatie:
 761842/005022832, 21-04-2020



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van den Burgh, Business Unit Manager.
 Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing Wageningen NV staat zich niet aansprakelijk voor eventuele schade van voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verspreide onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen NV is ingeschreven in het RvA-register voor testlabontvangers zoals nader omschreven in de aankondiging onder nr. L122 voor uitbuitend de monsternamen- en/of de analysemethoden.

Proefperceel 2021-2022 (Vredeweg 11-13)



Bemestingswijzer
Akker-/tuinbouw
Vredepeel 11-13

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: Patrick Bens: 0652002106
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Uw klantnummer: 2357100

Wageningen Plant Research
Vredepeel
Vredeweg 1 C
5816 AJ VREDEPEEL

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monsternamen:	Datum verslag:	Subsidieverlener:				
	812162/004555542	23-11-2018	10-12-2018	Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4620	3690 - 5380				
	C/N-ratio		16	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	55	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	12	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	795	665 - 930				
	C/S-ratio		91	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	8	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	7,3	6,0 - 10,0				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	795	435 - 665				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	280	235 - 365				
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	245	255 - 390				
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	25	240 - 560				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	2995	2520 - 3780				
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	380	165 - 280				
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	365	145 - 420				
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	125	115 - 165				
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	40	75 - 115				
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	< 10030	19930 - 86370				
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 6680	8300 - 14950				
	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	4450	1680 - 2490				
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	2560	19270 - 26580				
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	120	135 - 215				
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	10	15 - 25				
	B-plantbeschikbaar	g B/ha	390	530 - 730				
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 10	330 - 16610				
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	< 7,0	12 - 15				
	Zuurgraad (pH)		5,4	5,6 - 6,1				
	C-organisch	%	2,2					
	Organische stof	%	3,9					
	C/OS-ratio		0,56	0,45 - 0,55				
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0				
	Klei (<2 µm)	%	< 1					
	Silt (2-50 µm)	%	8					
	Zand (>50 µm)	%	88					
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	62	> 42				
	CEC-bezetting	%	92	> 95				
	Ca-bezetting	%	73	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	15	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	3,1	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	0,8	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 8

812162, 10-12-2018



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. M. van den Heuvel, Business Unit Manager.
Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. Op verzoek
worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegezonden. Eurofins Agro Testing
Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van door of namens ons verspreide onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Eurofins Agro Testing Wageningen BV is ingeschreven in het RvA-register voor testlaboratoria zoals
nader omschreven in de erkenning onder nr. L122 voor uitkultuur van monsternemingen- en/of de
analysemethoden.

Vredepeel 11-13

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vtj laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslamping	rapportcijfer	7,8	6,0 - 8,0				
Stuifgevoeligheid	rapportcijfer	3,2	6,0 - 8,0				
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vtj laag	goed	vtj hoog hoog
Vochthoudend vermogen mm		47					
Microbiële biomassa	mg C/kg	9	195 - 585				
Microbiële activiteit	mg N/kg	23	60 - 80				
Schimmel/bacterie-ratio		0,7	0,6 - 0,9				



Essentiële nutriënten

Elk gewas heeft voedingsstoffen nodig. De essentiële nutriënten waar een gewas het meest van nodig heeft, zijn stikstof (N), zwavel (S), fosfaat (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg). De andere essentiële nutriënten zijn de sporenelementen ijzer (Fe), zink (Zn), mangaan (Mn), koper (Cu), borium (B), molybdeen (Mo) en chloor (Cl). Een gewas heeft van sporenelementen relatief weinig nodig, maar een tekort kan bij ieder gewas opbrengst- en of kwaliteitsverlies veroorzaken.

Een aantal andere nutriënten (natrium, silicium, kobalt, selenium) kunnen ook van belang zijn voor onder andere opbrengst, kwaliteit, weerbaarheid, stevigheid, vruchtbaarheid, smakelijkheid en (dier)gezondheid.

Elementen kunnen elkaar ook beconcurreren. Als bijvoorbeeld de Mg-toestand 'goed' is maar de K-toestand 'hoog' is, kan er alsnog een Mg-tekort ontstaan. De adviesgiften houden derhalve ook rekening met deze interacties.

Bemestingsadviezen en wetgeving

De bemestingsadviezen streven een landbouwkundig optimale opbrengst en kwaliteit na. De adviezen houden geen rekening met restricties vanuit wetgeving. Wanneer u op bedrijfsniveau niet voldoende ruimte heeft, adviseren we de giften van de minst behoeftige gewassen te verminderen, overleg met uw adviseur.

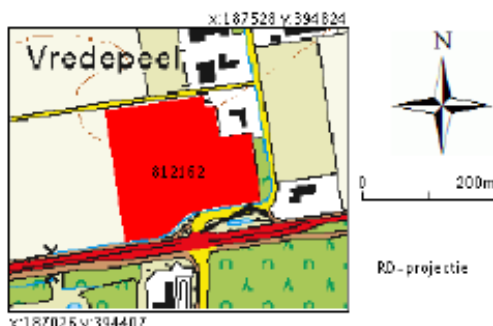
Wetgeving

Lever de resultaten van grondonderzoek ieder jaar opnieuw in voor 15 mei van het betreffende jaar. Dat kunt u doen op www.rvo.nl/aangifte. Voor dit perceel kunt u de volgende waarden doorgeven:

P-Al = 55 mg P₂O₅/100 g
Pw = 46 mg P₂O₅/l



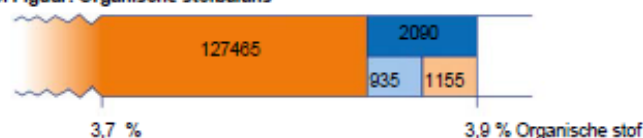
Zuidelijk
veeloud gebied



Hoekpunten perceel: 187314 394724, 187297 394721, 187170 394702, 187169 394704, 187169 394704, 187155 394702, 187167 394703, 187182 394605, 187197 394506, 187198 394506, 187246 394513, 187252 394515, 187256 394516, 187257 394517, 187259 394518, 187263 394520, 187264 394521, 187264 394521, 187270 394526, 187274 394531, 187279 394536, 187284 394541, 187289 394545, 187295 394549, 187301 394551, 187306 394552, 187311 394554, 187398 394567, 187398

Vredepeel 11-13

Organische stof Figuur: Organische stofbalans



Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 1,6

- Voorraad organische stof die over 1 jaar in de bemonsterde laag nog aanwezig zal zijn als er geen (effectieve) organische stof wordt aangevoerd.
- Totaal benodigde aanvoer van effectieve organische stof als gevolg van afbraak van de organische stof.
- Aanvoer via gewasresten (gemiddeld binnen opgegeven bouwplan of gewassen).
- Nog aan te vullen via bijv. dierlijke mest, groenbemesters en/of compost.

Gewas(rest)	Aanvoer effectieve organische stof
Consumptie-aardappelen	875
Suikerbieten	1275
Wintergerst	1570
Zaaiuien	300
Snijmais	660
Gemiddelde aanvoer/jaar	935

Bij granen gaan we uit van afvoer van stro.

Om het organische stofgehalte met 0,1% te verhogen dient u een extra hoeveelheid effectieve organische stof aan te voeren van: 3320 kg per ha.

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

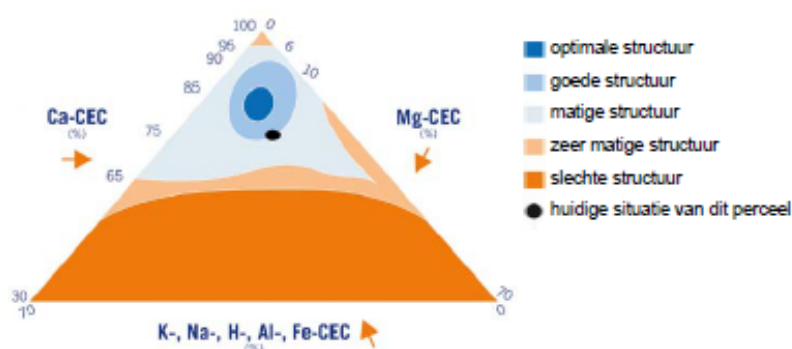


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en/of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische stof kan ook veel C bevatten. Dat is over het algemeen minder aantrekkelijk voor bodemleven. De organische stof wordt derhalve minder aangevreten door bodemleven; de organische stof is stabiel. Stabiele organische stof draagt onder andere bij aan de bewerkbaarheid van de bodem en aan de ruheid. Dynamische organische stof draagt bij aan met name het vrijkomen van N en S en is daarmee een bron van deze nutriënten voor het gewas. De kwaliteit van de organische stof is (geleidelijk) aan te passen door onder andere te letten op de eigenschappen van bodemverbeteraars als dierlijke mest, compost en gewasresten.

Fysisch

De beoordeling van de potentiële structuur wordt gedaan op basis van de verhouding tussen calcium, magnesium en overige kationen aan het klei-humuscomplex. Uiteraard is de werkelijke structuur ook afhankelijk van weersomstandigheden en vochttoestand van de bodem tijdens berijden en bewerken en de zwaarte van machines.

Figuur: Structuurdriehoek

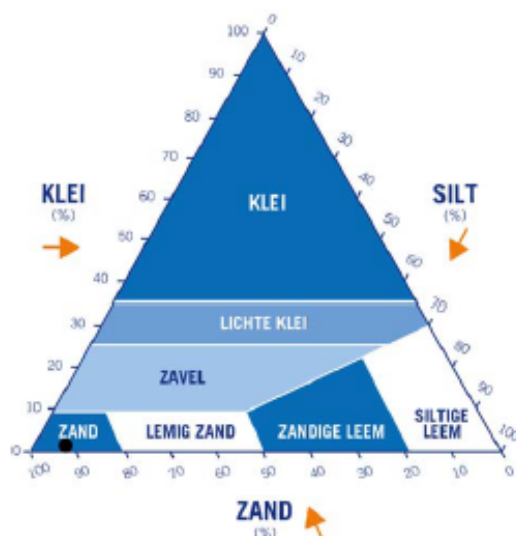


Pagina: 6
Totaal aantal pagina's: 8

812162, 10-12-2018

Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

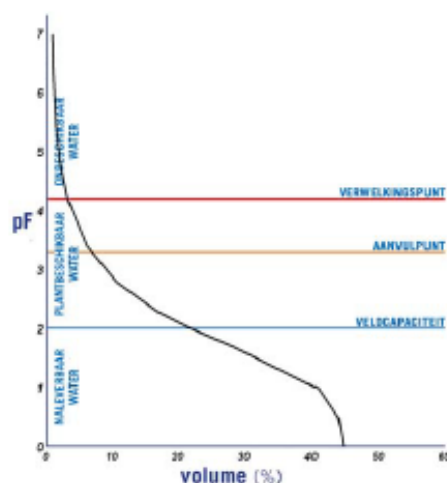


Naastr klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslempingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslemping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slomp op. Bij 10-20% klei is het risico op slomp het grootst.

Mediaan van de granulaire zandfractie (M50) = 161 μm
M50 is een maat voor de grofheid van zand. We benutten dit bij het vaststellen van het waterbindend vermogen (pF).

De verkrumelbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt. Gezien het resultaat is de kans op verslemping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 47 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 7,0 % vocht zit en geef dan 38 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.

Contact & info

Bemonsterde laag:	0 - 25 cm
Grondsoort:	Zand
Monster genomen door:	Eurofins Agro, Patrick Bens
Contactpersoon monsternamen:	Patrick Bens: 0652002106
Bemonsteringsmethode:	W-patroon, min. 40 steken; volgens Eurofins Agro standaard MIN 1000 Q
Specificatie oppervlakte:	Groot perceel, 3-5 ha

Na verzending van dit verslag wordt, indien de aard en de onderzoeksmethode van het monster dit toelaat, het monster nog twee weken bij Eurofins Agro voor u bewaard. Binnen deze tijd kunt u eventueel reclameren en/of aanvullend onderzoek aanvragen.

Vredepeel 11-13

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1390	mg N/kg	Em: NIRS (TSCd)
resultaten	S-plantbeschikbaar	3,7	mg S/kg	Em: COL3(PAE@)
	S-totale bodemvoorraad	340	mg S/kg	Em: NIRS (TSCd)
	P-plantbeschikbaar	2,2	mg P/kg	Em: COL3(PAE@)
	P-bodemvoorraad	55	mg P ₂ O ₅ /100 g	Em: NIRS (TSCd)
	K-plantbeschikbaar	84	mg K/kg	Em: COL3(PAE@)
	K-bodemvoorraad	1,9	mmol+/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Em: NIRS (TSCd)
	Ca-bodemvoorraad	46	mmol+/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Mg-plantbeschikbaar	114	mg Mg/kg	Em: COL3(PAE@)
	Mg-bodemvoorraad	9,1	mmol+/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Na-plantbeschikbaar	38	mg Na/kg	Em: COL3(PAE@)
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Si-plantbeschikbaar	< 3020	µg Si/kg	Em: COL3(PAE@)
	Fe-plantbeschikbaar	< 2010	µg Fe/kg	Em: COL3(PAE@)
	Zn-plantbeschikbaar	1340	µg Zn/kg	Em: COL3(PAE@)
	Mn-plantbeschikbaar	770	µg Mn/kg	Em: COL3(PAE@)
	Cu-plantbeschikbaar	36	µg Cu/kg	Em: COL3(PAE@)
	Co-plantbeschikbaar	3,4	µg Co/kg	Em: COL3(PAE@)
	B-plantbeschikbaar	117	µg B/kg	Em: COL3(PAE@)
	Mo-plantbeschikbaar	< 4	µg Mo/kg	Em: COL3(PAE@)
	Se-plantbeschikbaar	< 2,1	µg Se/kg	Em: COL3(PAE@)
	Zuurgraad (pH)	5,4		Em: NIRS (TSCd)
	C-organisch	2,2	%	Em: NIRS (TSCd)
	Organische stof	3,9	%	Em: NIRS (TSCd)
	C-onorganisch	0,04	%	Em: NIRS (TSCd)
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TSCd)
	Klei (<2 µm)	< 1	%	Em: NIRS (TSCd)
	Silt (2-50 µm)	8	%	Em: NIRS (TSCd)
	Zand (>50 µm)	88	%	Em: NIRS (TSCd)
	Klei-humus (CEC)	62	mmol+/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Microbiële biomassa	9	mg C/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Microbiële activiteit	23	mg N/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Bacteriële biomassa	76	mg C/kg	Em: NIRS (TSCd)
	Schimmel biomassa	53	mg C/kg	Em: NIRS (TSCd)

De op pagina 1 en 2 bij Resultaat vermelde waarden zijn berekend uit bovenstaande analysesresultaten.

Q: Methode geaccrediteerd door RvA
Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheids termijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.


Bijlage 2 Proefveldschema's

Proefobjecten in alle vier de jaren:

Object	Maïsras	Plantgetal (planten/m ²)	Beoogd oogst- tijdstip	Stikstofvanggewas		Zaaitijd na oogst gewas	Zaai- dicht- heid
				Onderzaai	Zaai na oogst		
A	Ras 1	7,5	1 sep	geen	geen		
B	Ras 1	7,5	1 sep	rietzwenk	geen		
C	Ras 1	7,5	1 sep	It. raaigras	geen		
D	Ras 1	9,5	1 sep	geen	geen		
E	Ras 1	9,5	1 sep	rietzwenk	geen		
F	Ras 1	9,5	1 sep	It. raaigras	geen		
G	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	1 sep	laag
H	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	eind sep	laag
J	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	1 sep	laag
K	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	eind sep	laag
L	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	1 sep	laag
M	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	eind sep	laag
N	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	1 sep	hoog
O	Ras 1	9,5	1 sep		winterrogge	eind sep	hoog
P	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	1 sep	hoog
Q	Ras 1	9,5	1 sep		Japanse haver	eind sep	hoog
R	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	1 sep	hoog
S	Ras 1	9,5	1 sep		wintergerst	eind sep	hoog
T	Ras 2	7,5	eind sep	geen	geen		
U	Ras 2	7,5	eind sep	rietzwenk	geen		
V	Ras 2	7,5	eind sep	It. raaigras	geen		
W	Ras 2	9,5	eind sep	geen	geen		
X	Ras 2	9,5	eind sep	rietzwenk	geen		
Y	Ras 2	9,5	eind sep	It. raaigras	geen		
Z ¹	Ras 3	7,5	half okt	geen	geen		
AA ¹	Ras 3	7,5	half okt	rietzwenk	geen		
BB ¹	Ras 3	7,5	half okt	It. raaigras	geen		
CC ¹	Ras 3	9,5	half okt	geen	geen		
DD ¹	Ras 3	9,5	half okt	rietzwenk	geen		
EE ¹	Ras 3	9,5	half okt	It. raaigras	geen		

¹ Niet opgenomen in de proef van 2021/2022.

Proefveldschema 2018

bruto		bruto		bruto		bruto		
30 M		60 U		90 EE		120 J		
29 O		59 T		89 BB		119 R		
28 H		58 W		88 DD		118 G		
27 J		57 V		87 Z		117 P		
26 L		56 X		86 CC		116 O		
25 N		55 Y		85 AA		115 K		
24 F		bruto		bruto		114 C		
23 R		54 AA		84 V		113 E		
22 S		53 BB		83 Y		112 D		
21 K		52 EE		82 U		111 L		
20 E		51 DD		81 X		110 F		
19 B		50 Z		80 W		109 A		
18 Q		49 CC		79 T		108 H		
17 P		bruto		bruto		107 M		
16 G		48 C		78 B		106 N		
15 D		47 O		77 L		105 S		
14 A		46 M		76 E		104 Q		
13 C		45 H		75 F		103 B		
bruto		44 P		74 G		bruto		
12 Z		43 Q		73 S		102 Y		
11 AA		42 R		72 A		101 V		
10 DD		41 L		71 J		100 U		
9 BB		40 E		70 D		99 W		
8 EE		39 A		69 C		98 T		
7 CC		38 F		68 K		97 X		
bruto		37 B		67 H		bruto		
6 X		36 N		66 Q		96 BB		
5 T		35 J		65 R		95 DD		
4 V		34 D		64 P		94 CC		
3 W		33 K		63 M		93 AA		
2 U		32 G		62 N		92 EE		
1 Y		31 S		61 O		91 Z		
bruto		bruto		bruto		bruto		

Proefveldschema 2019

bruto
30 AA
29 DD
28 CC
27 Z
26 EE
25 BB
bruto
24 A
23 G
22 C
21 Q
20 R
19 N
18 J
17 H
16 F
15 E
14 L
13 O
12 M
11 S
10 K
9 B
8 D
7 P
bruto
6 Y
5 T
4 U
3 W
2 V
1 X
bruto

bruto
60 K
59 P
58 O
57 H
56 F
55 Q
54 B
53 D
52 R
51 E
50 A
49 J
48 L
47 M
46 G
45 C
44 S
43 N
bruto
42 W
41 V
40 T
39 Y
38 X
37 U
bruto
36 EE
35 CC
34 AA
33 Z
32 BB
31 DD
bruto

bruto
90 Z
89 EE
88 BB
87 DD
86 AA
85 CC
bruto
84 U
83 X
82 Y
81 T
80 W
79 V
bruto
78 B
77 O
76 H
75 J
74 P
73 D
72 E
71 F
70 R
69 K
68 Q
67 L
66 C
65 N
64 S
63 A
62 G
61 M
bruto

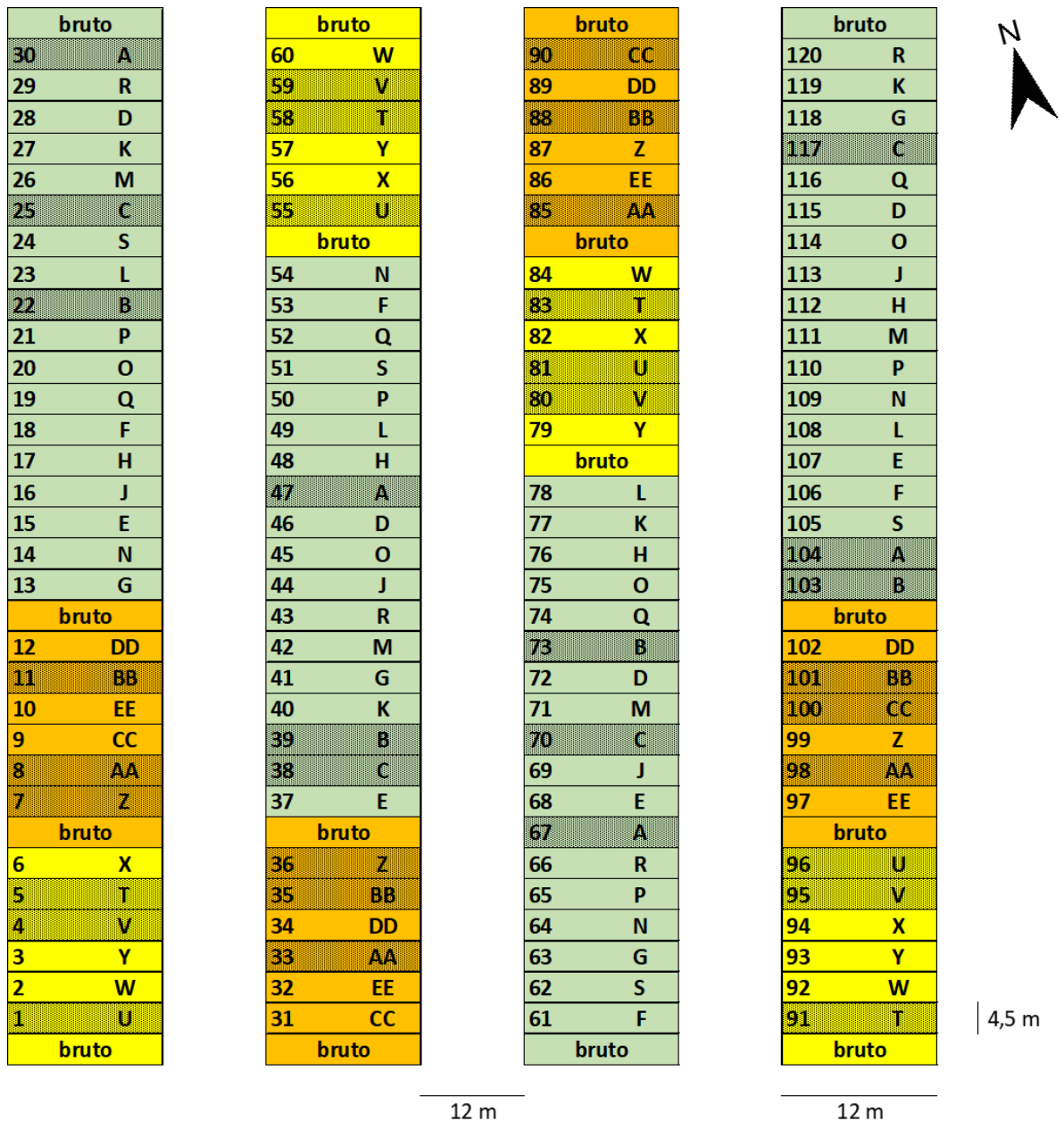
bruto
120 F
119 J
118 G
117 E
116 M
115 C
114 S
113 H
112 L
111 O
110 P
109 Q
108 N
107 D
106 K
105 R
104 A
103 B
bruto
102 DD
101 BB
100 Z
99 EE
98 CC
97 AA
bruto
96 V
95 Y
94 W
93 X
92 U
91 T
bruto



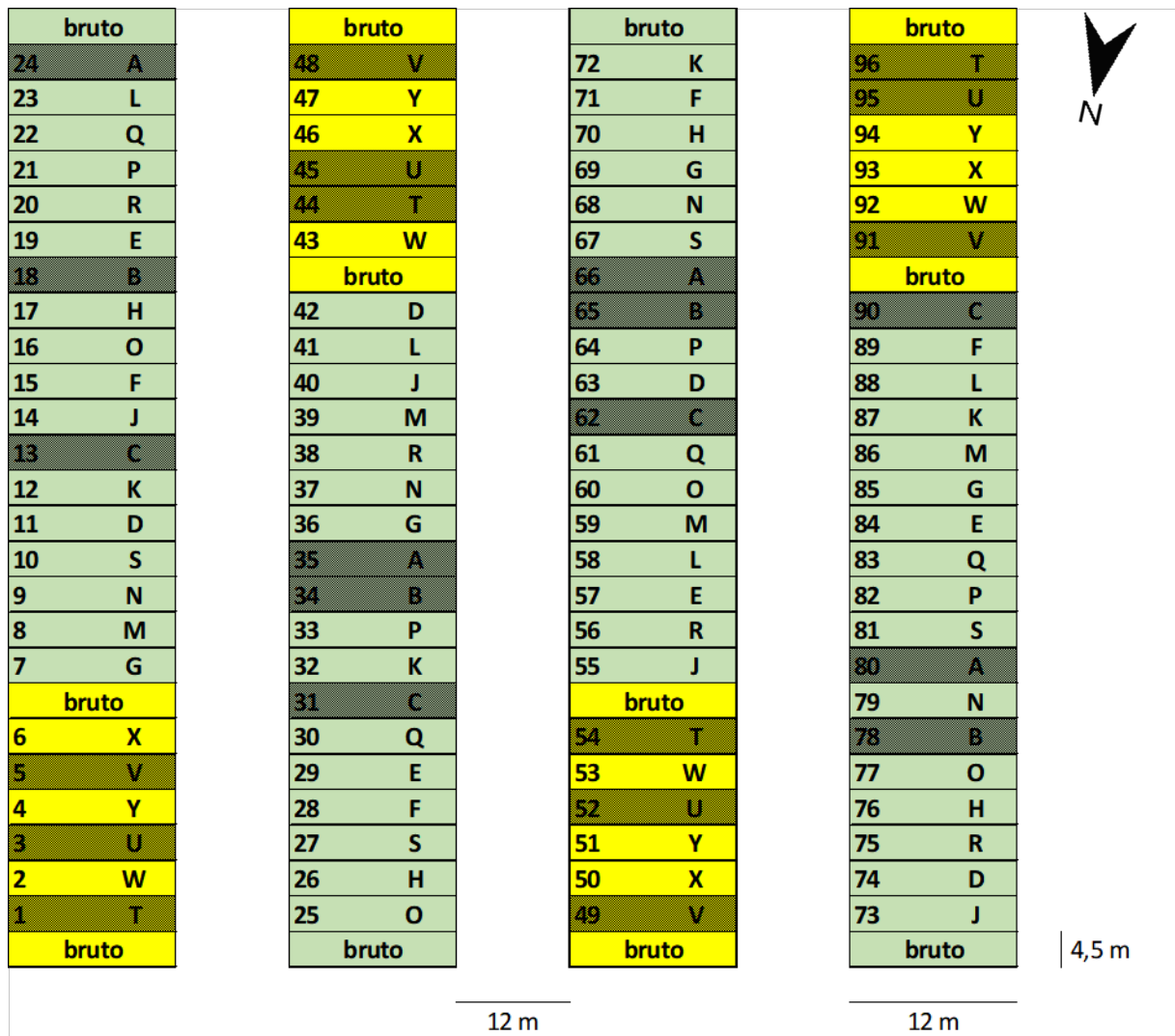
4,5 m

12 m

Proefveldschema 2020



Proefveldschema 2021



Bijlage 3 Teeltregistratie, N-aanvoer en grondwaterstanden

Teeltregistratie

	Teeltjaar 2018 + winter 2018/2019	Teeltjaar 2019 + winter 2019/2020	Teeltjaar 2020 + winter 2020/2021	Teeltjaar 2021 + winter 2021/2021
Perceel	Twistweg Vissers Oost	Beekweg Oost	Kuulenweg Hoogspanning	Vredeweg 11-13
Voorvrucht	suikerbiet	aardappel	snijmaïs	aardappel
Toediening rundveedrijfmest				
- tijdstip	26 april	15 april	14 april	13 april
- dosering	35 m ³ /ha	35 m ³ /ha	35 m ³ /ha	35 m ³ /ha
- gehalten (kg/ton): N-totaal	4,03	4,45	4,46	4,12
N-NH ₃	2,1	2,5	2,3	1,2
N-org	1,9	2,0	2,2	1,9
P ₂ O ₅	1,35	1,33	1,19	1,24
K ₂ O	4,3	4,3	4,5	4,7
MgO	1,5	1,5	1,5	1,3
- giften (kg/ha): N-totaal	141	156	156	144
N-werkzaam ¹	85	93	94	87
P ₂ O ₅	47	47	42	43
K ₂ O	151	151	157	164
Ploegen met woelers en vorenpakker	3 mei	29 april	28 april	27 april
Maïs zaaïen (alle rassen) ²	7 mei	1 mei	6 mei	29 april
N-rijenbemesting bij zaai (KAS)	20 kg N per ha	20 kg N per ha	20 kg N per ha	20 kg N per ha
Opkomst maïs	15 mei	18 mei	15 mei	22 mei
Zaai rietwenkgras (15-20 kg/ha)	4 mei	1 mei	4 mei	29 april
Zaai Italiaans raaigras (20 kg/ha)	7 juni	17 juni	17 juni	17 juni
Gewasbescherming	volgens praktijk	volgens praktijk	volgens praktijk	volgens praktijk
Berekening: 25-30 mm per keer	22 juni, 4 juli, 13 juli, 24 juli, 4 aug	27 juni, 9 juli, 18 juli, 26 juli, 6 aug	20 juli, 2 augustus, 11 augustus	geen
Maïsoogst Ras 1	10 september	11 september	1 september	1 september
Ras 2 en 3	24 september	24 september	22 september	28 september
Nmin-bemonstering na oogst	10 resp. 24 sep	11 resp. 25 sep	1 resp. 22 sep	1 resp. 28 sep
Zaaien vanggewassen na oogst				
- 1 ^e tijdstip	12 september	13 september	2 september	3 september
- 2 ^e tijdstip	25 september	24 september	23 september	24 september
Plaatsing peilbuizen	20 november	9 oktober	23 oktober	9 november
Bemonstering bovenste grondwater	28 januari 20 februari 12 maart 28 maart	20/21 november 22 januari 5 maart 24 maart	12 november 16 december 3 februari 29 maart	9 december 13 januari 7 maart 29 maart
Opbrengstbepaling vanggewassen	0,25 m ² per veldje	0,25 m ² per veldje	0,25 m ² per veldje	1 m ² per veldje
- Japanse haver	19 januari	12 februari	6 januari, 1 ^e zaai 2 februari, 2 ^e zaai	7 december
- Overige vanggewassen	27 februari	12 februari	2 maart	22 februari
Nmin-bemonstering na de winter	11+12 maart	19 februari	10 maart	8 maart

¹ Werkzame N-gift bij 60% N-werking (de wettelijk vastgestelde forfaitaire N-werkingscoëfficiënt voor de gebruiksnormen).

² Respectievelijk 75.000 en 95.000 zaden per ha.

Aanvoer N-totaal

Tabel B3.1. Berekende N-aanvoer per object per jaar (kg N/ha) voor de bepaling van het N-overschot

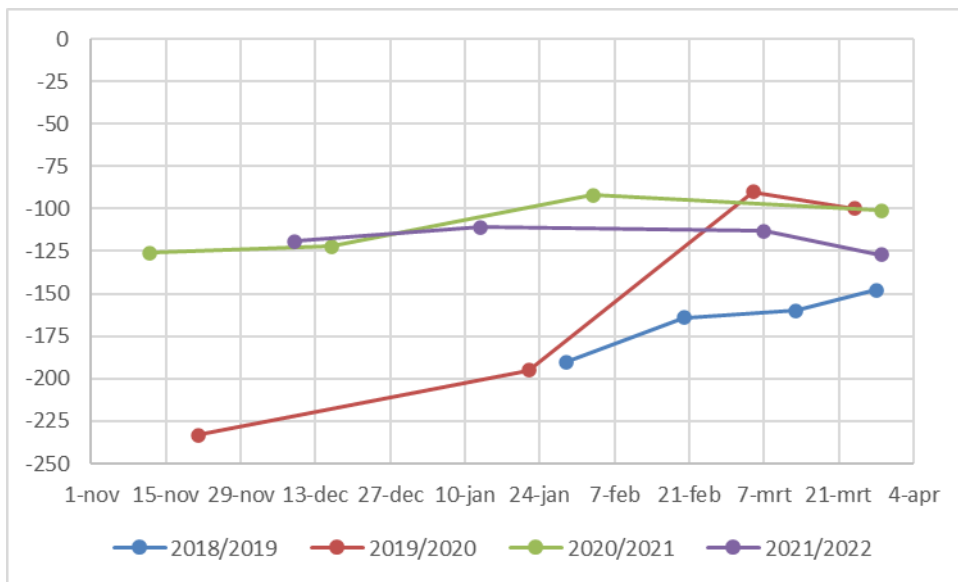
Stikstofpost	2018	2019	2020	2021
N-totaal uit RDM	141	156	156	144
Verlies N-NH ₃ uit RDM	-1,5	-2	-1,5	-1
N-totaal uit KAS	20	20	20	20
Verlies N-NH ₃ uit KAS	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
N-depositie	35	35	30	35
N-aanvoer	194	209	204	198

Grondwaterstanden op de momenten van nitraatbemonstering

Op de momenten dat het grondwater is bemonsterd, is ook de grondwaterstand in elk veldje gemeten. Deze varieerde per moment, maar ook enigszins per veldje. In de tabel hieronder is een overzicht gegeven van de gemiddelde grondwaterstanden per meetmoment en de laagste en hoogst gemeten waarde binnen het proefveld.

Tabel B3.2. Gemiddelde grondwaterstand per meetmoment en de laagste en hoogste gemeten waarde binnen het proefveld (tussen haakjes)

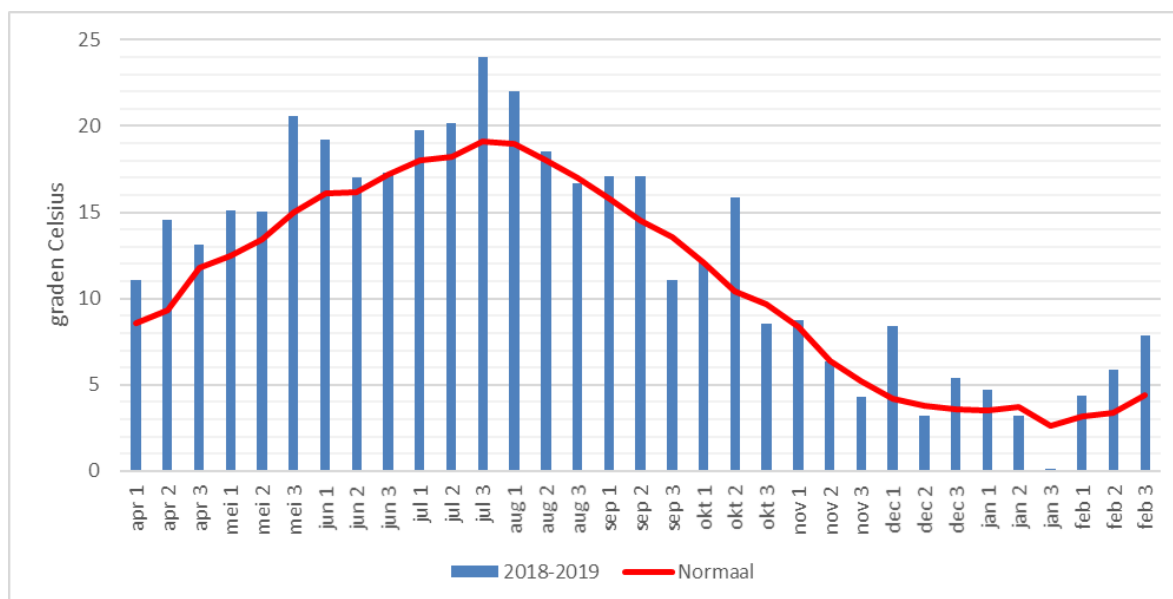
Bemonsteringsdatum	Grondwaterstand (cm -mv)	Laagste en hoogste waarde
28 januari 2019	190	181 - 209
20 februari 2019	164	143 - 184
12 maart 2019	160	150 - 178
28 maart 2019	148	129 - 167
20/21 november 2019	233	223 - 245
22 januari 2020	195	118 - 208
5 maart 2020	90	78 - 101
24 maart 2020	100	89 - 111
12 november 2020	126	92 - 162
16 december 2020	122	91 - 160
3 februari 2021	92	60 - 125
29 maart 2021	101	69 - 138
9 december 2021	119	98 - 150
13 januari 2021	111	95 - 139
7 maart 2022	113	100 - 133
29 maart 2022	127	116 - 150



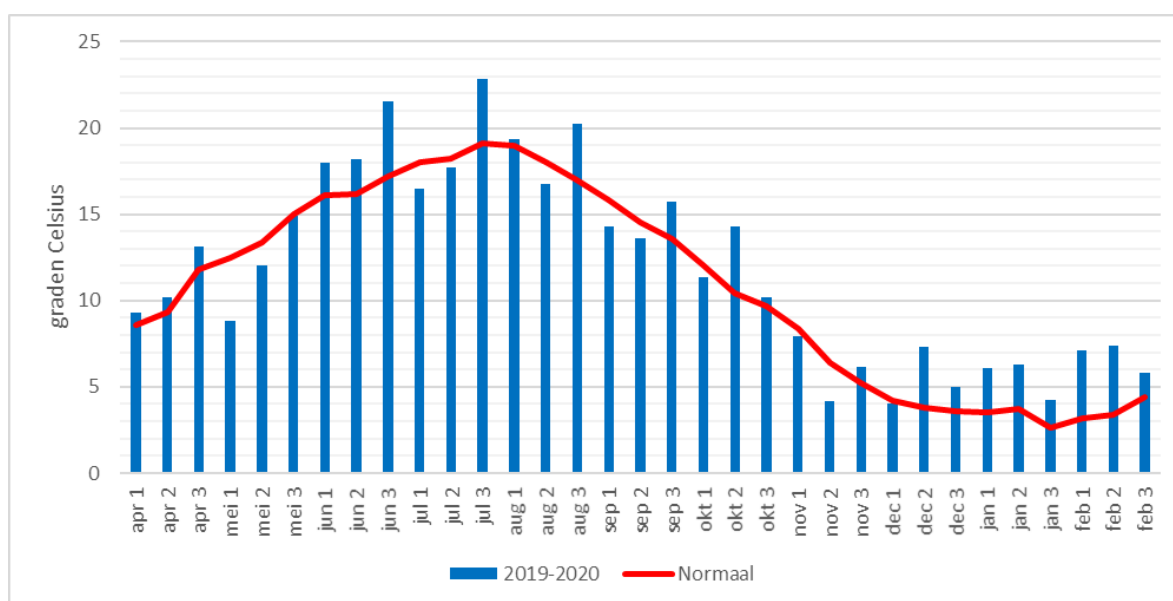
Figuur B3.1 Grafische weergave van de gemiddelde grondwaterstanden (cm beneden maaiveld)

Bijlage 4 Weersgegevens

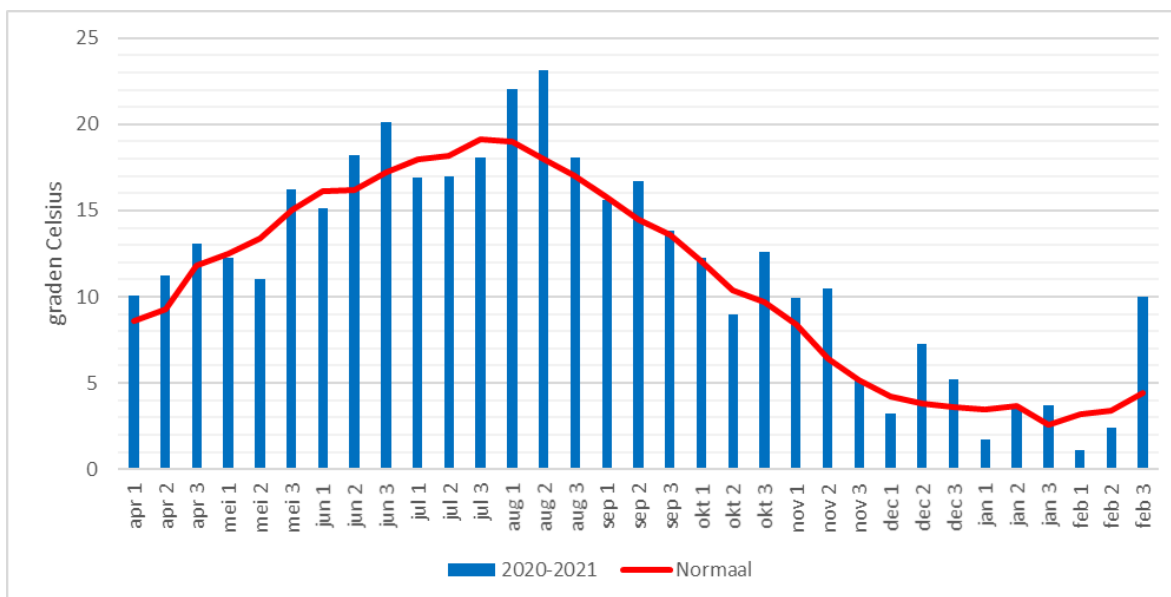
In deze bijlage zijn de gemiddelde dagtemperaturen en neerslaghoeveelheden per decade weergegeven, die zijn gemeten door een weerpaal van Dacom op proefbedrijf Vredepeel. De gegevens zijn weergegeven in grafieken en vergeleken met de normale temperaturen en neerslaghoeveelheden. De normalen betreffen het langjarig gemiddelde over de periode 1991-2020. Hiervoor zijn voor de temperatuur de normalen genomen van het KNMI-weerstation te Volkel en voor de neerslag de normalen van het KNMI-neerslagstation te IJsselsteyn.



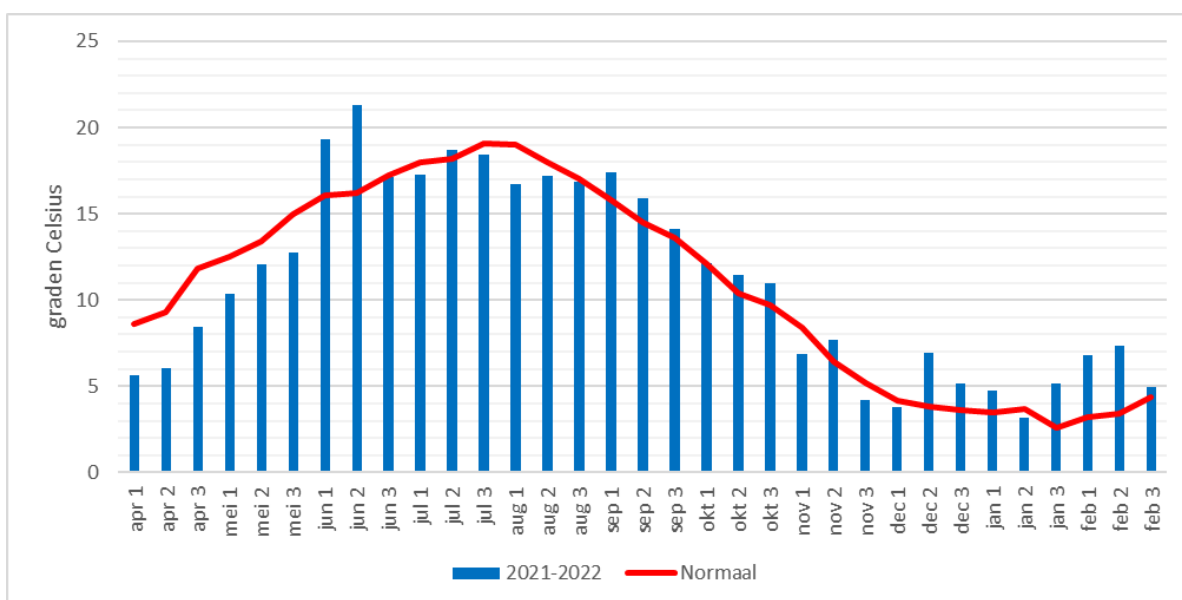
Figuur B4.1. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2018-2019



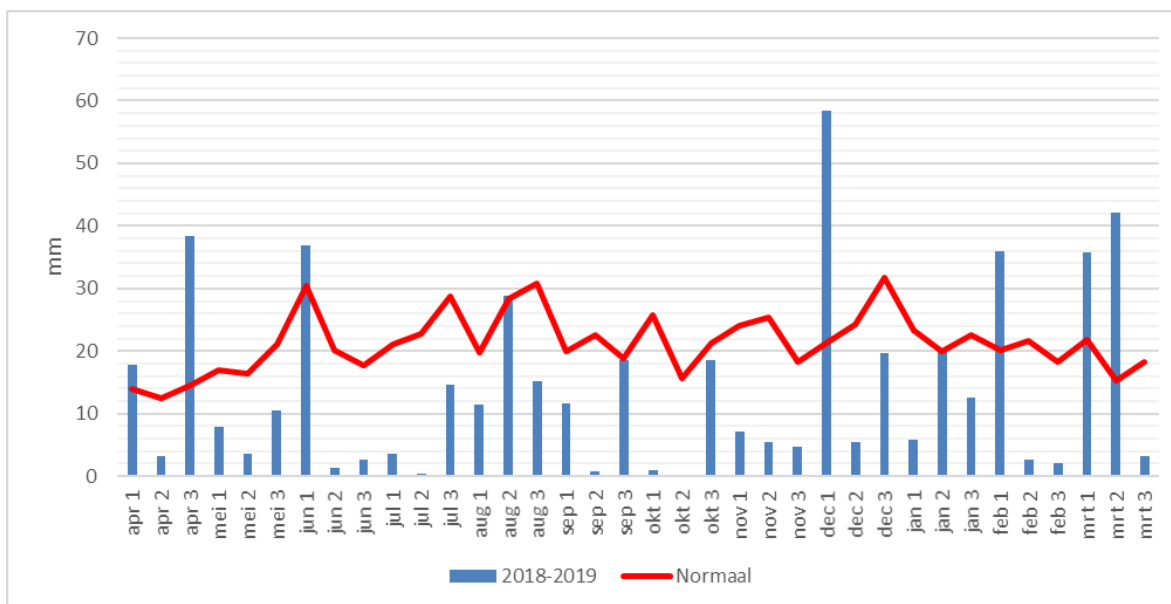
Figuur B4.2. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2019-2020



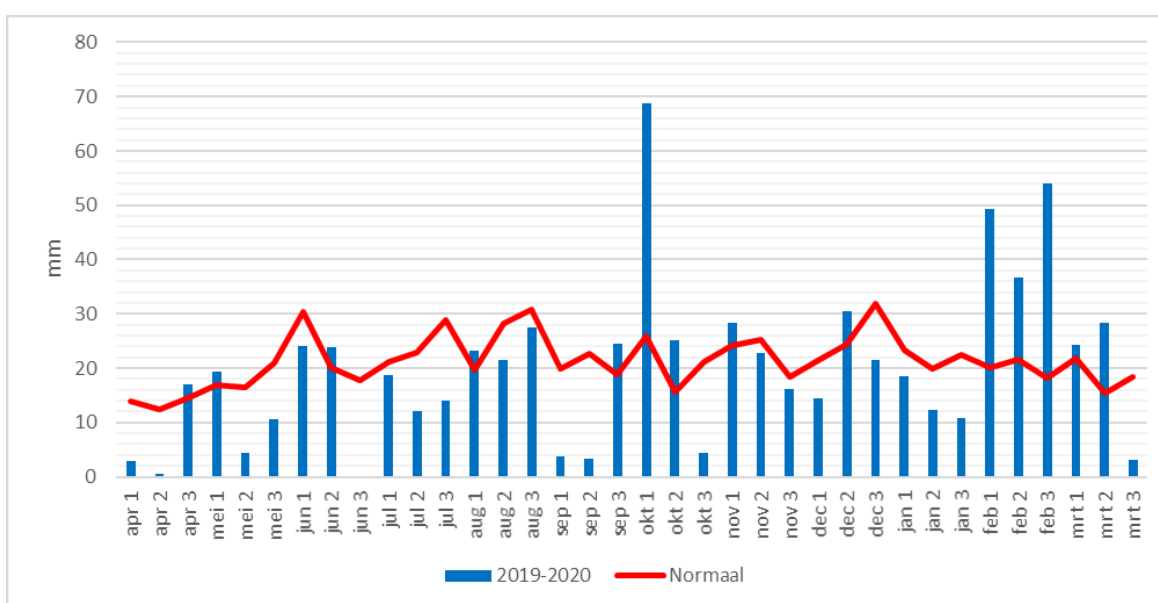
Figuur B4.3. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2020-2021



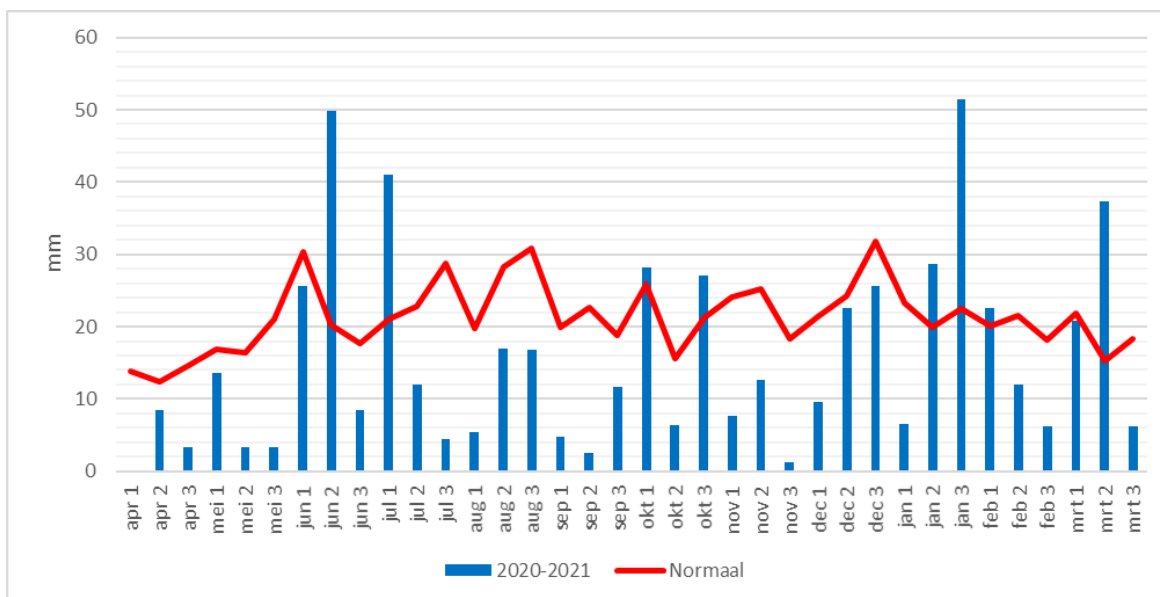
Figuur B4.4. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2021-2022



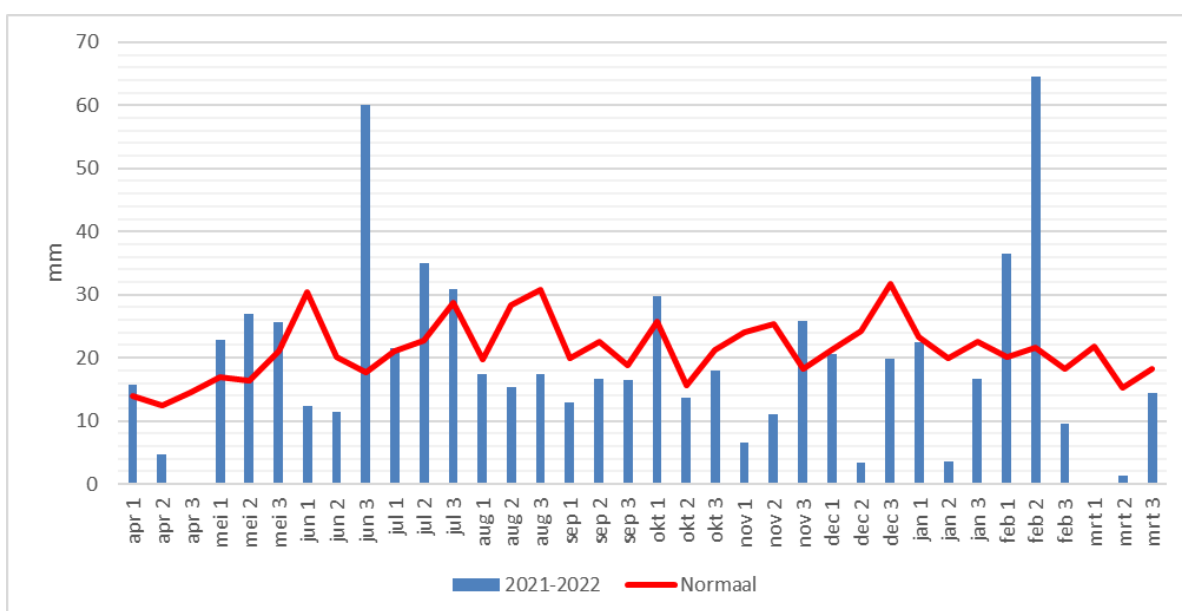
Figuur B4.5. Neerslagsom per decade in seizoen 2018-2019



Figuur B4.6. Neerslagsom per decade in seizoen 2019-2020



Figuur B4.7. Neerslagsom per decade in seizoen 2020-2021



Figuur B4.8. Neerslagsom per decade in seizoen 2021-2022

Bijlage 5 Verhouding boven-/ondergronds

Om te bepalen hoeveel stikstof er is opgenomen in de ondergrondse delen (wortel- en stoppelmassa), is elk jaar bij een aantal objecten in één herhaling de boven- en ondergrondse massa bepaald op een plek van 0,5 m x 0,5 m. Met ondergrondse massa wordt in dit geval de wortel- en stoppelmassa bedoeld bij een stoppellenlengte van 5-7 cm.

In de oogstplek van 0,5 m x 0,5 m zijn op zes plaatsen grondmonsters genomen tot 30 cm diepte met een wortelboor van 8 cm doornede. De monsters zijn in een diagonale lijn genomen van de ene hoek van de oogstplek naar de andere hoek. Daarbij zijn drie steken in de zaairijen genomen en drie steken tussen de zaairijen. Vervolgens is de grond van de wortel en stoppelmassa verwijderd door te zeven en te spoelen, is de massa te drogen gelegd en gewogen. Daarna zijn de monsters naar Eurofins Agro gestuurd voor bepaling van het droge-stofgehaltes en het N-gehalte in de droge stof en is de droge-stofmassa berekend en de N-opname.

De bemonsterde oppervlakte met de wortelboor bedroeg 301,6 cm². De op deze oppervlakte vastgestelde massa en N-inhoud van de ondergrondse delen is omgerekend naar een hectarehoeveelheid.

De bepaling van de wortel-/stoppelmassa van de vanggewassen is in 2018/2019, 2019/2020 en 2020/2021 bij de onderstaande objecten uitgevoerd in één veldje.

Object

- E rietzwenkgras na vroege maïsoogst
- X/DD rietzwenkgras na late maïsoogst
- F Italiaans raaigras gras na vroege maïsoogst
- Y/EE Italiaans raaigras na late maïsoogst
- N winterrogge, zaai na vroege maïsoogst, hogere zaaidichtheid
- P Japanse haver, zaai na vroege maïsoogst, hoge zaaidichtheid
- R wintergerst, zaai na vroege maïsoogst, hoge zaaidichtheid
- O winterrogge, zaai na late maïsoogst, hoge zaaidichtheid
- Q Japanse haver, zaai na late maïsoogst, hoge zaaidichtheid
- S wintergerst, zaai na late maïsoogst, hoge zaaidichtheid

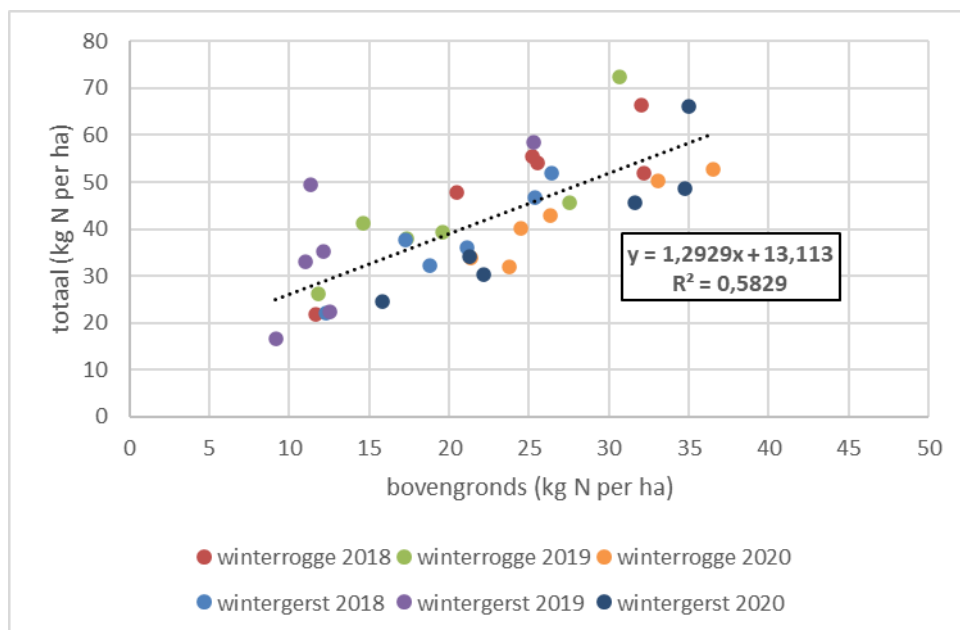
In de proeven met N-vanggewassen na consumptieaardappel die in dezelfde jaren te Vredepeel zijn uitgevoerd als de maïsproeven, waren ook winterrogge, Japanse haver en wintergerst opgenomen. Ook in deze proeven is de wortel-/stoppelmassa bepaald in één veldje van alle drie de gewassen bij zaaien eind september, begin oktober en 3^e week oktober op dezelfde wijze als in de maïsproef. De gegevens van deze proeven zijn samengevoegd met die van de vanggewassenproeven na snijmaïs. In de proeven na aardappel en maïs van 2019/2020 is de bepaling bij de objecten met Japanse haver en rietzwenkgras in alle vier de veldjes c.q. herhalingen uitgevoerd, ten behoeve van een ander project. De wortel-/stoppelmassa van rietzwenkgras kon in 2018/2019 niet worden bepaald door het mislukken van dit vanggewas. In de proef van 2021/2022 is het zowel bij het rietzwenkgras als Italiaans raaigras bepaald in twee veldjes per object.

Van elke bemonsterd veldje zijn de berekende bovengrondse N-opname en de berekende ondergrondse N-opname opgeteld. De aldus berekende totale N-opname is uitgezet tegen de bovengrondse N-opname, waarbij de metingen van alle drie de jaren per gewas zijn samengevoegd. Daarna is de relatie tussen bovengrondse en totale N-opname beschreven met behulp van lineaire-regressieanalyse. Voor elk gewas kon de relatie het beste worden beschreven met een 1^e-graads polynoom (een rechte lijn). Bij een 2^e-graads polynoom was de kwadratische parameter niet significant.

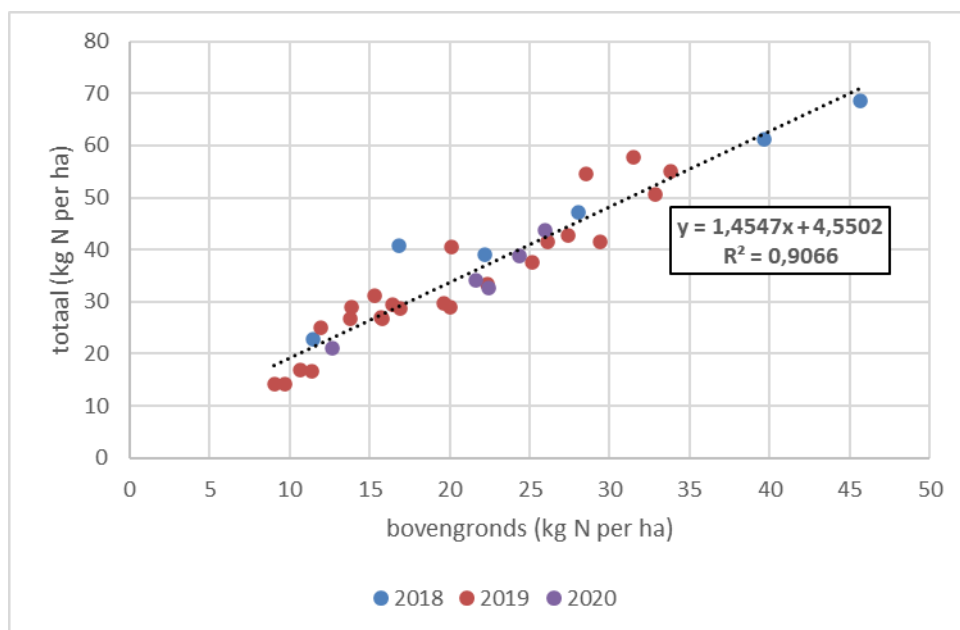
De relaties tussen bovengrondse en totale N-opname bij winterrogge en wintergerst verschilden niet significant van elkaar. Er is daarom voor gekozen om één relatie op te stellen voor winterrogge en wintergerst samen. Deze relatie is weergegeven in de figuur B5.1.

De spreiding van de meetpunten was bij winterrogge en wintergerst groter dan bij Japanse haver. Verder bedroeg het aantal waarnemingen bij winterrogge en wintergerst elk 18 en bij Japanse haver 36. Er is daarom voor gekozen om voor Japanse haver een afzonderlijke lijn te fitten. Deze relatie is weergegeven in de figuur B5.2

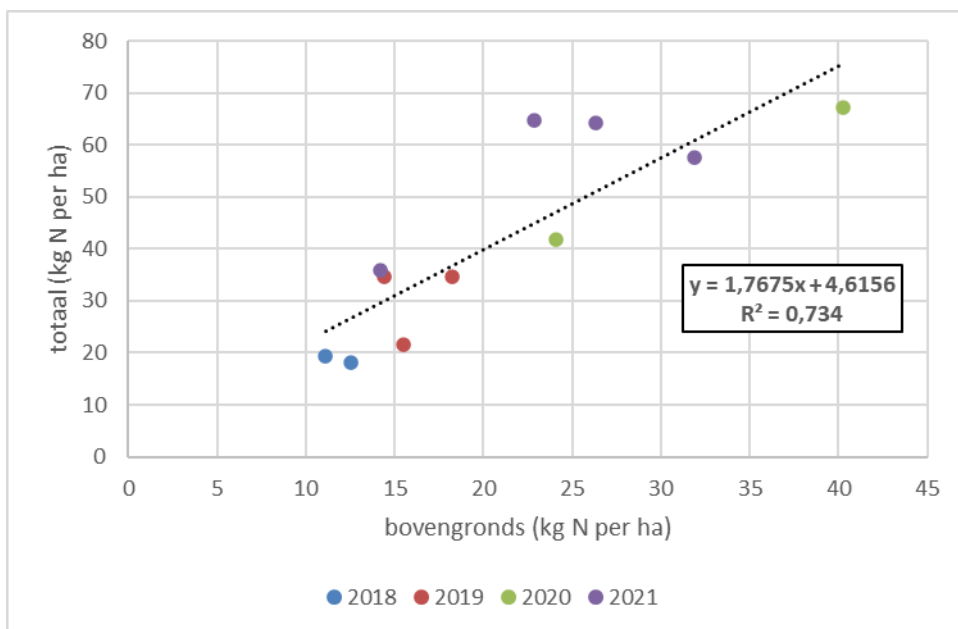
Voor Italiaans raaigras en rietzwenkgras zijn eveneens afzonderlijke lineaire modellen gefit. De relaties zijn weergegeven in de figuren B5.3 en B5.4. Het aantal waarnemingen bij Italiaans raaigras bedroeg 11. Bij rietzwenkgras was de variatie van de meetpunten groot en gaven de meetpunten van 2020 een zogenoemde hefboomwerking. Toepassing van een logistische transformatie van de variabelen bracht geen verbetering. De meetpunten van 2020 zijn daarom verwijderd, waarna de relatie opnieuw is gefit met de 16 resterende waarnemingen. De stikstofopname in de ondergrondse delen was bij rietzwenkgras aanmerkelijk hoger dan bij de andere vanggewassen. Met de afgeleide relaties is voor alle veldjes in de proef de totale N-opname door de vanggewassen geschat op basis van de bovengrondse N-opname, die per veldje is bepaald.



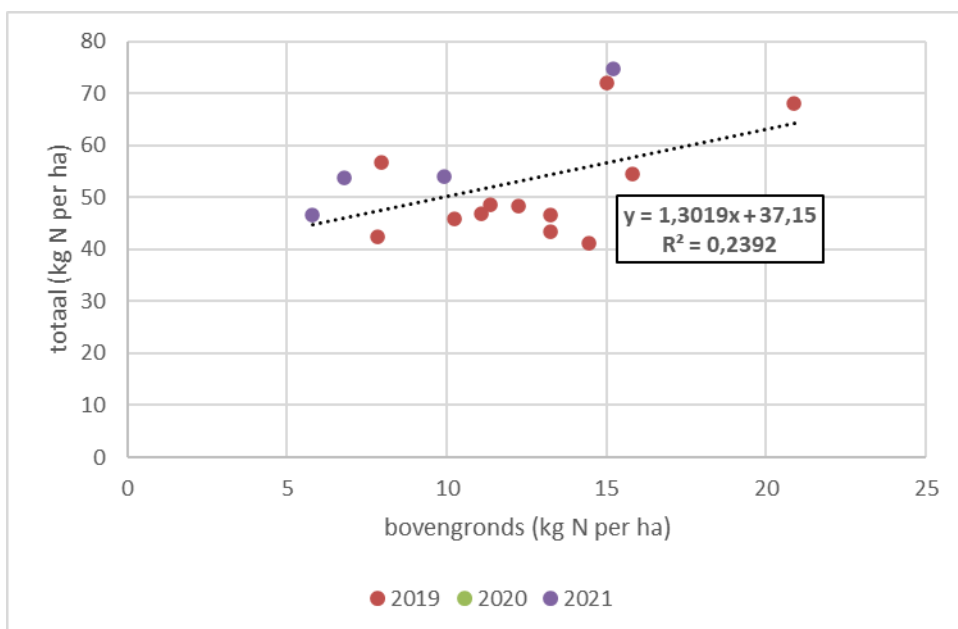
Figuur B5.1. Relatie tussen totale N-opname en N-opname in de bovengrondse delen bij winterrogge en wintergerst



Figuur B5.2. Relatie tussen totale N-opname en N-opname in de bovengrondse delen bij Japanse haver



Figuur B5.3. Relatie tussen totale N-opname en N-opname in de bovengrondse delen bij Italiaans raaigras



Figuur B5.4. Relatie tussen totale N-opname en N-opname in de bovengrondse delen bij rietzwenkgras

Bijlage 6 Nmin na oogst van de maïs

In de tabellen B6.1 is de N-mineraalvoorraad (Nmin) in de bodemlaag 0-90 cm na oogst van de maïs is weergegeven voor de plantdichtheden, in de tabellen B6.2 voor de onderzaai-objecten en in de tabellen B6.3 voor de rassen.

Tabel B6.1. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de snijmaïs bij de twee plantdichtheden per jaar, gemiddeld over de rassen en onderzaai-objecten

Jaar	Plantgetal (planten per m ²)	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
2018	7,6	16 a	7	8	31 a
	9,4	23 b	8	8	38 b
	<i>F pr.</i>	0,002	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,003
2019	7,5	11 a	7	6	24 a
	8,6	13 b	6	7	26 a
	<i>F pr.</i>	0,027	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2020	7,8	28	6	5	39
	9,6	26	6	5	36
	<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2021	7,4	6	16 b	21 b	43 b
	8,8	6	13 a	18 a	36 a
	<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	0,002	0,035	0,009

Tabel B6.2. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de snijmaïs bij de onderzaai-objecten per jaar, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden

Jaar	Onderzaai	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
2018	geen	16 a	8	8	32 a
	rietzwenkgras	28 b	7	8	44 b
	Italiaans raaigras	13 a	7	8	28 a
	<i>F pr.</i>	<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<0,001
2019	geen	12	7	7	26
	rietzwenkgras	12	7	6	25
	Italiaans raaigras	12	6	6	24
	<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2020	geen	36 c	7 b	5	48 c
	rietzwenkgras	17 a	5 a	5	27 a
	Italiaans raaigras	28 b	6 b	4	39 b
	<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<i>n.s.</i>	<0,001
2021	geen	5	15	18	39
	rietzwenkgras	7	14	20	40
	Italiaans raaigras	5	14	20	39
	<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Tabel B6.3. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de snijmaïs bij de rassen/
oogstmomenten per jaar, gemiddeld over de plantdichtheden en onderzaai-objecten

Jaar	Ras	Oogst- moment	N-mineraal per bodemlaag			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
2018	Ras 1	10 sep	19	7	8	34
	Ras 2	24 sep	21	8	8	36
	Ras 3	24 sep	18	8	8	34
	<i>F pr.</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
2019	Ras 1	11 sep	13 b	8 b	7	28 b
	Ras 2	24 sep	12 ab	5 a	6	24 a
	Ras 3	24 sep	11 a	7 ab	6	24 a
	<i>F pr.</i>		0,048	0,028	<i>n.s.</i>	0,029
2020	Ras 1	1 sep	39 b	7	4	51 b
	Ras 2	22 sep	21 a	5	6	32 a
	Ras 3	22 sep	22 a	5	4	31 a
	<i>F pr.</i>		0,004	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,002
2021	Ras 1	1 sep	5	16 a	20	41
	Ras 2	28 sep	6	13 a	18	37
	<i>F pr.</i>		<i>n.s.</i>	0,099	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Bijlage 7 Ontwikkeling vanggewassen

In bijlage 7 is de beoordeling van de gewasontwikkeling van de vanggewassen weergegeven in de vier afzonderlijke proefjaren. De beoordeling bestaat uit twee delen:

- het effect van vroegheid en plandichtheid van de maïs op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen;
- het effect van zaaitijdstip en zaaidichtheid van de na oogst gezaaide vanggewassen op de ontwikkeling ervan.

De ontwikkeling is visueel beoordeeld met een rapportcijfer en de mate van grondbedekking door de vanggewassen is visueel geschat.

Gewasontwikkeling vanggewassen 2018

Door de droge zomer van 2018 groeiden de ondergezaaide vanggewassen slecht, het rietzwenkgras nog slechter dan het Italiaans raaigras. Ook na de maïsogst groeiden de gewassen nauwelijks door de droogte in september. Later in het najaar, toen de bodem vochtiger was, herstelden het Italiaans raaigras zich, maar het rietzwenkgras niet. In de winter stond er bij het rietzwenkgras dermate weinig gewasmassa op het veld en dermate onregelmatig, dat geen goede bepaling van de hoeveelheid biomassa en opgenomen stikstof mogelijk was. Dit is daarom vervallen.

Het Italiaans raaigras ontwikkelde zich beter dan het rietzwenkgras. Het verschil werd na de oogst van de maïs nog groter. Ook ontwikkelde het Italiaans raaigras zich bij de lagere plantdichtheid van de maïs beter dan bij de hogere, terwijl dit bij het rietzwenkgras niet verschilde (tabel B7.2).

Plantdichtheid van de maïs had geen significant effect op de gewaslengte van de vanggewassen na de winter, maïsras wel (tabel B7.3).

Verder ontwikkelden de ondergezaaide gewassen zich bij ras 3 slechter dan bij de rassen 1 en 2 (tabel B7.1). Op 20 november kwam dit met name bij het Italiaans raaigras tot uiting, maar niet zo duidelijk bij het rietzwenkgras (tabel B7.3).

Tabel B7.1. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen gewassen in 2018 bij de drie maïsrasen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs en de twee gewassen

Maïsras	Stand ¹ 26 juli	Stand 12 sep	Bodembedekking 4 okt
Ras 1	3,7 b	2,4 ab	3% ab
Ras 2	3,3 ab	3,2 b	4% b
Ras 3	2,9 a	2,0 a	1% a
<i>F pr.</i>	<i>0,061</i>	<i>0,031</i>	<i>0,080</i>

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

Tabel B7.2. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen in 2018 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de drie maïsrassen

Plantgetal	Vanggewas	Stand ¹ 26 juli	Stand 12 sep	Bodem- bedekking 4 okt	Stand 20 nov	Bodem- bedekking 20 nov
7,6	rietzwenkgras	2,3 a	1,6 a	1% ab	1,4 a	2% ab
	Italiaans raaigras	4,7 b	4,3 c	6% c	5,3 c	26% c
9,4	rietzwenkgras	2,0 a	1,4 a	<1% a	1,0 a	1% a
	Italiaans raaigras	4,1 b	2,9 b	3% b	3,8 b	11% b
<i>F pr.</i> ²		<i>n.s.</i> ³	0,046	0,041	0,031	0,017

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen plantgetal en vanggewas.

³ Het interactie-effect was op 26 juli niet significant, maar het hoofdeffect van soort vanggewas, gemiddeld over de plantgetallen, wel: F pr. <0,001.

Tabel B7.3. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen in 2018 bij de drie maïsrassen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs

Maïsras	Vanggewas	Stand ¹ 20 nov	Bodembedekking 20 nov	Gewaslengte 27-2-2019 (cm)
Ras 1	rietzwenkgras	1,4 a	3% a	5 a
	Italiaans raaigras	5,6 c	28% b	18 c
Ras 2	rietzwenkgras	1,2 a	1% a	4 a
	Italiaans raaigras	5,4 b	23% b	12 b
Ras 3	rietzwenkgras	1,0 a	1% a	4 a
	Italiaans raaigras	2,7 b	5% a	13 b
<i>F pr.</i> ²		<0,001	0,016	0,006

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen maïsras en vanggewas.

De vanggewassen die na oogst zijn gezaaid (winterrogge, Japanse haver en wintergerst), ontwikkelden zich ondanks de droogte in het najaar goed en ook veel beter dan de ondergezaaide vanggewassen. Wel was het na de zaai van 12 september zo droog dat daardoor de begingroei vertraagde. Na de zaai van 25 september was het vochtiger. Daardoor ontwikkelden de 25 september gezaaide vanggewassen zich vlotter dan de 12 september gezaaide vanggewassen en liepen de groeiachterstand in het najaar in. Qua temperatuur en zon waren de weersomstandigheden gunstig in het najaar.

Begin oktober waren er duidelijke effecten van zaaitijd en zaaidichtheid op de gewasontwikkeling en ook was er een significant interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas alsook tussen zaaitijd en zaaidichtheid (tabel B7.4). Maar op 20 november was er geen duidelijk effect meer te zien van zaaitijd en zaaidichtheid op de gewasstand en bodembedekking. De verschillen in gewasontwikkeling tussen de drie vanggewassen waren gering. Wintergerst stond iets slechter dan winterrogge en Japanse haver (tabel B7.5). De Japanse haver werd wel langer dan de winterrogge en wintergerst. Zaaitijd en zaaidichtheid hadden geen effect op de gewaslengte.

De Japanse haver ging in 2018 na vorst half januari afsterven. Toen is de bovengrondse drogestofopbrengst en N-inhoud bepaald. Van de winterrogge, wintergerst en het Italiaans raaigras zijn deze eind februari bepaald.

Tabel B7.4. Bodembedekking op 4 oktober 2018 door de na oogst gezaaide vanggewassen: links bij de twee zaaitijden, gemiddeld over de twee zaaidichtheden en rechts bij de twee zaaidichtheden, gemiddeld over de zaaitijden

Zaaitijd	Vanggewas	Bodem- bedekking	Zaaidichtheid	Vanggewas	Bodem- bedekking
12 september	winterrogge	12% c	Hoog	winterrogge	9% c
	Japanse haver	12% c		Japanse haver	7% b
	wintergerst	15% d		wintergerst	10% c
25 september	winterrogge	3% b	Laag	winterrogge	6% b
	Japanse haver	<1% a		Japanse haver	5% a
	wintergerst	1% a		wintergerst	6% b
<i>F pr.</i> ¹		<0,001	<i>F pr.</i> ¹		<0,001

² F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd respectievelijk zaaidichtheid en vanggewas.

Tabel B7.5. Gewasontwikkeling op 20 november 2018 van de na oogst gezaaide vanggewassen, gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

Vanggewas	Gewasstand ¹	Bodembedekking	Gewaslengte (cm) (einde) winter ²
winterrogge	8,0 b	80% b	9 a
Japanse haver	8,0 b	80% b	25 b
wintergerst	7,6 a	78% a	9 a
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² Gemeten op 19 januari bij de Japanse haver en 27 februari bij de overige vanggewassen.

Gewasontwikkeling vanggewassen 2019

In tegenstelling tot 2018 ontwikkelde het rietzwenkgras zich in 2019 wel goed onder de maïs en ook na de maïs oogst groeide het goed door in het najaar. De ontwikkeling was bij de lagere plantdichtheid van de maïs met name bij het rietzwenkgras wat beter dan bij de hogere plantdichtheid (tabel B7.6). Er was in de zomer geen duidelijk effect van het maïsras op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen. De gewasgroei was in het najaar na ras 1 beter dan na ras 3 en was ook beter bij de lagere plantdichtheid van de maïs. Deze effecten kwamen bij het Italiaans raaigras sterker tot uiting dan bij het rietzwenkgras (tabel B7.7).

Tabel B7.6. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen zomer 2019 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de drie maïsrassen

Plantgetal	Vanggewas	Stand ¹ 30 juli	Bodem- bedekking 30 juli	Stand 3 sep	Bodem- bedekking 3 sep
7,5	rietzwenkgras	8,3 b	49% b	8,3 c	54% c
	Italiaans raaigras	4,5 a	14% a	4,5 b	17% a
8,6	rietzwenkgras	8,0 b	46% b	7,7 c	44% b
	Italiaans raaigras	4,7 a	14% a	3,8 a	14% a
<i>F pr.</i> ²		<i>n.s.</i> ³	<i>n.s.</i> ³	0,054	<i>n.s.</i> ⁴

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² *F pr.* voor het interactie-effect tussen plantgetal en vanggewas.

³ Het interactie-effect was op 30 juli niet significant, maar het hoofdeffect van soort vanggewas, gemiddeld over de plantgetallen, wel: *F pr.* <0,001 (zowel voor de stand als de bodembedekking).

⁴ Het interactie-effect was op 3 september niet significant, maar het hoofdeffect van soort vanggewas, gemiddeld over de plantgetallen, wel: *F pr.* <0,001, alsook het hoofdeffect van plantgetal, gemiddeld over de vanggewassen: *F pr.* = 0,011.

Tabel B7.7. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen in 2019 na de maïsoogst

Maïsras	Plant- getal	Vanggewas	Stand ¹ 30 okt	Bodem- bedekking 30 okt	Stand 15 jan	Bodem- bedekking 15 jan	Gewaslengte 12 feb (cm)
Ras 1	8,2	rietzwenkgras	8,1 e	54% f	7,9 d	79% f	7,8 d
		Italiaans raaigras	6,5 cd	28% c	7,6 d	69% ef	5,8 b
	9,0	rietzwenkgras	7,6 e	39% de	7,9 d	69% ef	6,3 bc
		Italiaans raaigras	5,6 c	22% bc	7,0 cd	48% cd	5,8 b
Ras 2	7,4	rietzwenkgras	7,9 e	54% f	7,8 d	76% f	7,3 cd
		Italiaans raaigras	6,1 c	32% cd	7,4 d	59% de	6,3 bc
	8,9	rietzwenkgras	7,6 de	41% e	7,5 d	71% f	6,5 bc
		Italiaans raaigras	2,8 a	10% a	4,1 a	27% a	4,4 a
Ras 3	6,8	rietzwenkgras	8,0 e	44% ef	7,6 d	70% ef	7,0 cd
		Italiaans raaigras	4,1 b	14% ab	6,1 bc	40% bc	4,8 a
	8,0	rietzwenkgras	7,5 de	40% de	7,4 d	59% de	6,3 bc
		Italiaans raaigras	2,8 a	9% a	5,1 ab	33% ab	4,0 a
<i>F pr.</i> ²			0,027	<i>n.s.</i> ³	0,076 ⁴	0,037	0,087 ⁵

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² *F pr.* voor het interactie-effect tussen maïsras/oogstmoment, plantgetal en vanggewas.

³ Het interactie-effect was op 30 okt niet significant, maar het effect van soort vanggewas, gemiddeld over de plantgetallen, wel: *F pr.* <0,001, alsook het interactie-effect tussen ras en plantgetal: *F pr.* = 0,043.

⁴ De tweefactoriële interacties op 15 januari waren alle significant: *F pr.* = 0,040 voor ras x plantgetal alsook voor ras x vanggewas en *F pr.* = 0,004 voor plantgetal x vanggewas.

⁵ De hoofdeffecten van maïsras, plantgetal en soort vanggewas waren alle drie significant: *F pr.* <0,001 voor alle drie.

Evenals in 2018 was het in september zo droog dat daardoor de begingroei van de op 13 september na oogst gezaaide vanggewassen vertraagde. Pas begin oktober, nadat er regen was gevallen, was de grond vochtig. Daardoor ontwikkelden de 25 september gezaaide vanggewassen zich vlotter dan de 13 september gezaaide vanggewassen en liepen evenals in 2018 de groeiachterstand in het najaar in.

Over het geheel was de gewasontwikkeling van de vanggewassen na oogst in het najaar van 2019 echter minder goed dan in 2018.

Op 30 oktober was de gewasontwikkeling bij de vroegere zaai gemiddeld beter dan bij de latere zaai, maar op 15 januari was er nauwelijks nog verschil. Ook was de ontwikkeling op 30 oktober bij de hogere zaaidichtheid gemiddeld beter dan bij de lagere zaaidichtheid, maar ook dit verschil was op 15 januari nagenoeg verdwenen. De ontwikkeling van de wintergerst was gemiddeld wat minder goed dan die van de winterrogge en de Japanse haver. De verschillen wisselden wel per zaaimoment en/of zaaidichtheid (tabel B7.8). De wintergerst vertoonde half januari bladvergelting: zo'n 10-20% van het blad was geel gekleurd.

De Japanse haver was op 12 februari 20 cm hoog en de wintergerst en winterrogge elk 6 cm.

De Japanse haver stierf niet vroegtijdig door vorst af. Half februari 2020 is van alle vanggewassen de bovengrondse droge-stofopbrengst en N-inhoud bepaald.

Tabel B7.8. Beoordeling gewasontwikkeling van de in 2019 na oogst gezaaide vanggewassen

Zaaitijd	Zaai- dicht- heid	Vanggewas	Stand ¹ 30 okt	Bodem- bedekking 30 okt	Stand 15 jan	Bodem- bedekking 15 jan
13 sep	Hoog	winterrogge	8,8 bc	56% d	8,8 ef	85% d
		Japanse haver	9,0 c	67% e	8,0 b	88% de
		wintergerst	8,6 bc	52% d	7,9 b	69% abc
	Laag	winterrogge	8,4 ab	41% c	8,6 def	84% d
		Japanse haver	8,1 a	38% c	8,3 bcd	90% e
		wintergerst	8,0 a	27% b	7,0 a	68% ab
25 sep	Hoog	winterrogge	8,6 bc	24% ab	8,5 cde	73% c
		Japanse haver	8,6 bc	27% b	8,8 ef	90% e
		wintergerst	8,6 bc	27% b	8,0 b	71% bc
	Laag	winterrogge	8,0 a	19% a	8,3 bcd	73% c
		Japanse haver	8,0 a	18% a	9,0 f	84% d
		wintergerst	8,1 a	19% a	8,1 bc	66% a
<i>F pr.</i> ²			<i>n.s.</i> ³	<i>n.s.</i> ⁴	0,038	0,074 ⁵

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd, zaaidichtheid en soort vanggewas.

³ Er was op 30 oktober voor de gewasstand alleen een significant effect van zaaidichtheid, gemiddeld over de zaaitijden en vanggewassen: F pr. <0,001.

⁴ De tweefactoriële interacties voor de bodembedekking op 30 oktober waren alle significant: F pr. <0,01 voor zaaitijd x vanggewas alsook voor zaaitijd x zaaidichtheid en F pr. = 0,016 voor zaaidichtheid x vanggewas.

⁵ De tweefactoriële interactie voor de bodembedekking op 15 januari van zaaitijd x vanggewas was significant: F pr. <0,001 en die van zaaitijd x zaaidichtheid ook: F pr. = 0,027.

Gewasontwikkeling vanggewassen 2020

Het rietzwenkgras ontwikkelde zich in 2020 beter onder de maïs dan het Italiaans raaigras en behield die voorsprong ook in het najaar. Bij de lagere plantdichtheid ontwikkelde het raaigras zich onder de maïs beter dan bij de hogere plantdichtheid, terwijl dit verschil bij rietzwenkgras gering was en niet significant (tabel B7.9). Na de maïs oogst was de ontwikkeling van de beide vanggewassen significant beter na de lagere plantdichtheid van de maïs dan na het hogere. Bij Italiaans raaigras was dit verschil groter dan bij rietzwenkgras (tabel B7.10).

Het rietzwenkgras was op 2 maart 12 cm hoog en het raaigras 18 cm. Het maïsras en de plantdichtheid van de maïs hadden geen significant effect op deze lengte.

Er was in de zomer geen significant effect van het maïsras op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen. Na de maïs oogst was er wel een effect van maïsras c.q. oogstmoment op de ontwikkeling van de vanggewassen (tabel B7.11). De ontwikkeling was na ras 1 (vroeg oogst) beter

dan na de rassen 2 en 3 (latere oogst). Verder was het verschil in ontwikkeling tussen rietzwenkgras en Italiaans raaigras kleiner na ras 1 dan na de rassen 2 en 3 en was de stand van het raaigras op 5 januari na ras 1 zelfs iets beter dan van het rietzwenkgras.

Tabel B7.9. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen zomer 2020 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de drie maïsrassen

Plantgetal	Gewas	Stand ¹ 30 juli	Bodem- bedekking 30 juli	Stand 11 sep	Bodem- bedekking 11 sep
7,8	rietzwenkgras	9,0 c	79% c	9,1 c	81% c
	Italiaans raaigras	7,2 b	40% b	7,5 b	46% b
9,6	rietzwenkgras	8,8 c	75% c	8,9 c	77% c
	Italiaans raaigras	6,3 a	28% a	6,6 a	24% a
<i>F pr.</i> ²		0,099 ³	<i>n.s.</i> ⁴	<0,001	0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen plantgetal en vanggewas.

³ Voor de stand op 30 juli was het hoofdeffect van plantgetal significant: F pr = 0,031 en dat van soort vanggewas ook: F pr. <0,001.

⁴ Voor de bodembedekking op 30 juli was het hoofdeffect van plantgetal significant: F pr = 0,006 en dat van soort vanggewas ook: F pr. <0,001.

Tabel B7.10. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen in 2020 na de maïsoogst bij de twee plantdichtheden, gemiddeld over de maïsrassen

Plantgetal	Gewas	Stand ¹ 30 okt	Bodembedekking 30 okt	Stand 5 jan	Bodembedekking 5 jan
7,8	rietzwenkgras	8,3 d	84% d	7,1 b	77% c
	Italiaans raaigras	6,5 b	48% b	8,0 c	73% c
9,6	rietzwenkgras	7,7 c	69% c	7,1 b	65% b
	Italiaans raaigras	4,7 a	25% a	6,6 a	51% a
<i>F pr.</i> ²		0,006	<0,001	<0,001	0,074

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen plantgetal en vanggewas.

Tabel B7.11. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen in 2020 na de maïsoogst per maïsras, gemiddeld over de plantdichtheden

Maïsras	Vanggewas	Stand ¹	Bodembedekking	Stand ¹	Bodembedekking
		30 okt	30 okt	5 jan	5 jan
Ras 1	rietzwenkgras	8,4 d	78% d	7,3 b	85% c
	Italiaans raaigras	7,2 c	56% bc	8,5 c	77% c
Ras 2	rietzwenkgras	7,8 cd	65% c	7,0 b	78% c
	Italiaans raaigras	5,2 b	44% ab	7,6 b	55% b
Ras 3	rietzwenkgras	7,8 cd	55% bc	7,1 b	62% b
	Italiaans raaigras	4,2 a	41% a	5,8 a	42% a
F pr. ²		<0,001	0,036	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen maïsras en vanggewas.

De na oogst gezaaide vanggewassen ontwikkelden zich in het in najaar van 2020 beter dan in het najaar van 2019, maar minder goed dan in het najaar van 2018. De ontwikkeling in de herfst (waargenomen op 30 oktober) was aanmerkelijk beter naarmate vroeger was gezaaid, maar later nivelleerden de verschillen (tabel B7.12). De Japanse haver was op 30 oktober bij de vroege zaai beter ontwikkeld dan winterrogge en wintergerst, maar bij de latere zaai waren er geen duidelijke verschillen tussen de gewassen.

Op 5 januari was er gemiddeld geen significant verschil meer tussen de zaaitijden, maar het wisselde wel per gewas. De wintergerst was gemiddeld wat minder goed ontwikkeld dan de winterrogge en Japanse haver. De vroeg gezaaide Japanse haver vertoonde vorstschade, de later gezaaide niet. De later gezaaide Japanse haver was korter gebleven dan de vroeg gezaaide.

Zaadichtheid had niet of nauwelijks effect op de gewasontwikkeling.

Van de vroeg gezaaide Japanse haver is begin januari de droge-stofopbrengst en N-inhoud bepaald en van de later gezaaide Japanse haver begin februari, nadat ook deze na vorst begon af te sterven. Van de overige vanggewassen is het begin maart bepaald.

Tabel B7.12. Beoordeling gewasontwikkeling van de in 2020 na oogst gezaaide vanggewassen, gemiddeld over de zaaidichtheden

Zaaitijd	Vanggewas	Bodem- bedekking	Stand	Bodem- bedekking	Gewaslengte (cm)
		30 okt	5 jan	5 jan	(einde) winter ²
2 sep	winterrogge	78% b	8,0 c	82% cd	11 ab
	Japanse haver	92% c	4,8 a	78% bc	41 d
	wintergerst	76% b	6,9 b	75% ab	13 b
23 sep	winterrogge	13% a	8,2 c	79% bcd	10 a
	Japanse haver	15% a	8,3 c	84% d	28 c
	wintergerst	17% a	7,2 b	72% a	12 ab
F pr. ³		0,016	<0,001	0,031	0,061

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² Gemeten op 6 januari bij de op 2 september Japanse haver, op 2 februari bij de op 23 september gezaaide Japanse haver en op 2 maart bij de overige vanggewassen.

³ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

Gewasontwikkeling vanggewassen 2021

Het maïsras (plus oogstmoment) en het plantgetal van de maïs hadden op 30 juli, 29 oktober en 5 december geen significant effect op de ontwikkeling van de ondergezaaide vanggewassen in de zomer en de herfst. De gewasontwikkeling van het Italiaans raaigras was beter dan die van het rietzwenkgras (tabel B7.13).

Enkel op 9 september was er wel een effect van plantdichtheid en een interactie-effect tussen maïsras en vanggewas. Bij de lagere plantdichtheid waren de vanggewassen significant beter ontwikkeld dan bij de hogere plantdichtheid. Het Italiaans raaigras was bij ras 2 beter ontwikkeld dan bij ras 1, terwijl het rietzwenkgras bij beide maïsrasen evengoed was ontwikkeld (tabel B7.14). Later in het najaar verdwenen deze verschillen echter weer.

Tabel B7.13. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen 2021, gemiddeld over de drie maïsrasen en de twee plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Stand ¹ 30 juli	Bodem- bedekking 30 juli	Stand 29 okt	Bodem- bedekking 29 okt	Stand 5 jan	Bodem- bedekking 5 jan
rietzwenkgras	7,3	45% a	7,4 a	55% a	6,7 a	56% a
Italiaans raaigras	8,0	64% b	7,9 b	74% b	8,1 b	79% b
<i>F pr.</i>	<i>0,002</i>	<i><0,001</i>	<i>0,003</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

Tabel B7.14. Beoordeling gewasontwikkeling ondergezaaide vanggewassen zomer 2019 bij de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de drie maïsrasen

Ras	Gewas	Stand 9 sep	Bodembedekking 9 sep
Ras 1	rietzwenkgras	7,6 ab	52% ab
	Italiaans raaigras	7,0 a	43% a
Ras 2	rietzwenkgras	7,6 ab	54% ab
	Italiaans raaigras	8,0 b	70% b
<i>F pr.²</i>		<i>0,005</i>	<i>0,004</i>

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen maïsras en vanggewas.

De vanggewassen die na oogst zijn gezaaid, ontwikkelden zich minder goed dan in 2020, met name bij het latere zaaimoment. Op 29 oktober was na de vroege zaai de ontwikkeling van de Japanse haver het beste, maar bij de latere zaai waren er geen duidelijke verschillen tussen de gewassen (tabel B7.15). De Japanse haver liep begin december vorstschade op. Toen is de droge-stofopbrengst en N-opname vastgesteld. Bij de overige vanggewassen is dit eind februari vastgesteld. De waardering voor de gewasstand van Japanse haver op 5 januari was lager dan bij de andere twee gewassen. De bodembedekking op 5 januari was bij de later gezaaide Japanse haver en wintergerst lager dan bij de vroeg gezaaide, terwijl er bij winterrogge geen significant verschil was.

Bij de vroeg gezaaide vanggewassen was er geen significant verschil in ontwikkeling tussen de hoge en lagere zaaidichtheid. Bij de later gezaaide vanggewassen was de ontwikkeling bij de hogere zaaidichtheid beter dan bij de lagere zaaidichtheid (tabel B7.16).

Tabel B7.15. Beoordeling gewasontwikkeling van de in 2021 na oogst gezaaide vanggewassen, bij de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden

Zaaitijd	Vanggewas	Stand ¹ 29 okt	Bodem- bedekking 29 okt	Stand ¹ 5 jan	Bodem- bedekking 5 jan
3 sep	winterrogge	8,1 c	72% c	8,1 d	77% c
	Japanse haver	8,3 d	80% d	4,0 a	82% c
	wintergerst	7,9 b	49% b	7,7 c	64% b
24 sep	winterrogge	7,6 a	25% a	8,1 d	78% c
	Japanse haver	7,8 ab	27% a	5,5 b	53% a
	wintergerst	7,8 ab	24% a	7,7 c	59% b
<i>F pr.</i> ²		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

Tabel B7.16. Beoordeling gewasontwikkeling van de in 2021 na oogst gezaaide vanggewassen, bij de twee zaaitijden en zaaidichtheden, gemiddeld over de vanggewassen

Zaaitijd	Zaaidichtheid	Stand ¹ 29 okt	Bodem- bedekking 29 okt	Stand ¹ 5 jan	Bodem- bedekking 5 jan
3 sep	Hoog	8,1 c	68% c	6,6 a	76% c
	Laag	8,1 c	67% c	6,5 a	72% bc
24 sep	Hoog	8,0 b	28% b	7,3 c	69% b
	Laag	7,5 a	22% c	6,9 b	59% a
<i>F pr.</i> ²		<0,001	<i>n.s.</i> ³	<i>n.s.</i> ³	0,044

¹ Beoordeling gewasstand met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed. Bij een lager cijfer was de maïs voornamelijk lichter van kleur, was er minder bodembedekking en/of een onregelmatigere gewasstand.

² F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

³ Het hoofdeffect van zaaidichtheid, gemiddeld over de zaaitijden, was zwak significant voor de bodembedekking op 29 oktober: F pr. = 0,090, significant voor de stand op 5 januari: F pr. = 0,020.

Bijlage 8 Nmin na de winter

In bijlage 8 is per jaar de N-mineraalvoorraad (Nmin) in de bodemlaag 0-90 cm na de winter weergegeven voor het proefdeel met de onderzaai van vanggewassen en voor het proefdeel met de zaai van vanggewassen na oogst. Zie bijlage 3 voor de bemonsteringsdata.

Nmin na de winter van 2018/2019

De Nmin in de laag 0-90 cm was na de winter van 2018/2019 bij Italiaans raaigras significant lager dan bij rietzwenkgras en geen vanggewas (braak). Het verschil was na maïsras was 3 kleiner dan na de rassen 1 en 2. Bij rietzwenkgras verschilde de Nmin niet significant van die van braak na de rassen 1 en 3 en was deze zelfs hoger dan bij braak na ras 2 (tabel B8.1).

De plantdichtheid van de maïs had een gering effect op de Nmin na de winter: deze was bij de hogere plantdichtheid iets hoger dan bij de lagere (n.s.). Er was geen significant interactie-effect tussen plantdichtheid en onderzaai-object en/of maïsras (tabel B8.2).

Tabel B8.1. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2018/2019 bij de onderzaai-objecten en maïsrassen, gemiddeld over de twee plantdichtheden van de maïs

Maïsras	Onderzaai	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Ras 1	geen (braak)	10 bc	6 ab	6 abc	21 b
	rietzwenkgras	10 bcd	8 bc	9 cd	28 bc
	Italiaans raaigras	4 a	3 a	4 ab	11 a
Ras 2	geen (braak)	12 cd	10 bc	8 cd	30 bc
	rietzwenkgras	16 e	14 d	9 cd	38 d
	Italiaans raaigras	4 a	3 a	4 a	11 a
Ras 3	geen (braak)	13 cde	10 cd	9 cd	32 cd
	rietzwenkgras	13 de	9 bc	12 d	34 cd
	Italiaans raaigras	8 b	8 bc	8 bc	24 b
F pr. interactie ¹		n.s.	0,003	n.s.	0,029
F pr. ras ²		0,017	n.s.	0,072	0,038
F pr. onderzaai ³		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van ras, gemiddeld over de onderzaai-objecten

³ F pr. voor het hoofdeffect van onderzaai, gemiddeld over de rassen.

Tabel B8.2. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2018/2019 bij de onderzaai-objecten en maïsrassen, gemiddeld over de twee plantdichtheden van de maïs

Plantgetal	N-mineraal per bodemlaag			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
7,6	10	7 a	7	24 a
9,4	10	9 b	8	27 a
F pr.	n.s.	0,040	n.s.	0,083

De Nmin na de winter was na Japanse haver significant hoger dan na winterrogge en wintergerst, bij de latere zaai nog wat sterker dan bij de vroege zaai (tabel B8.3). De Nmin was ook niet lager dan bij braak en bij de latere zaai zelfs hoger. Verder was de Nmin bij Japanse haver bij de lagere zaaidichtheid hoger dan bij de hogere zaaidichtheid (tabel B8.4). Waarschijnlijk is er uit de afgevroren Japanse haver stikstof gaan lekken. Bij winterrogge en wintergerst was de Nmin significant lager dan bij braak.

Tabel B8.3. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2018/2019 bij de vanggewasobjecten na oogst en de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden

Zaaitijd	Vanggewas	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
-	geen (braak)	10 b	6 b	6 b	22 b
12 september	winterrogge	2 a	2 a	2 a	6 a
	Japanse haver	14 c	6 b	2 a	21 b
	wintergerst	2 a	2 a	2 a	6 a
25 september	winterrogge	2 a	2 a	2 a	6 a
	Japanse haver	16 d	7 c	2 a	26 c
	wintergerst	3 a	2 a	2 a	7 a
<i>F pr. interactie¹</i>		0,081	0,014	<i>n.s.</i>	0,038
<i>F pr. zaaitijd²</i>		0,025	0,012	<i>n.s.</i>	0,016
<i>F pr. vanggewassen³</i>		<0,001	<0,001	<i>n.s.</i>	<0,001
<i>F pr. wel/geen vanggewas⁴</i>		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

⁴ F pr. voor het effect van geen vanggewas versus het gemiddelde van de objecten met vanggewas na oogst.

Tabel B8.4. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2018/2019 bij de vanggewasobjecten na oogst bij de twee zaaidichtheden, gemiddeld over de zaaitijden

Zaaidichtheid	Vanggewas	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Hoog	winterrogge	2 a	2 a	2	6 a
	Japanse haver	14 c	5 b	2	21 b
	wintergerst	2 a	2 a	2	6 a
Laag	winterrogge	2 a	2 a	2	6 a
	Japanse haver	16 d	8 c	2	26 c
	wintergerst	3 a	2 a	2	7 a
<i>F pr. interactie¹</i>		0,070	0,001	<i>n.s.</i>	0,016
<i>F pr. zaaidichtheid²</i>		0,037	0,002	<i>n.s.</i>	0,012
<i>F pr. vanggewas³</i>		<0,001	<0,001	<i>n.s.</i>	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaidichtheid en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaidichtheid, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaidichtheden

Nmin na de winter van 2019/2020

Na de winter van 2019/2020 waren er kleine verschillen in Nmin na de winter aanwezig tussen de maïsrassen van het voorgaande jaar (tabel B8.5). Er was geen significante interactie met plantdichtheid en/of onderzaai-object.

Tabel B8.5. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2019/2020 bij de maïsrassen, gemiddeld over de twee plantdichtheden van de maïs en over de onderzaai-objecten

Maïsras	N-mineraal per bodemlaag			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Ras 1	5 a	3	3	11 a
Ras 2	7 b	4	4	15 b
Ras 3	6 ab	3	4	13 ab
<i>F pr.</i>	0,078	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,032

De Nmin was bij braak significant hoger dan bij onderzaai van een vanggewas (tabel B8.6). Bij de lagere plantdichtheid van de maïs was er geen verschil tussen de twee vanggewassen. Bij de hogere plantdichtheid was de Nmin na de winter bij Italiaans raaigras significant hoger dan bij rietzwenkgras.

Tabel B8.6. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2019/2020 bij de onderzaai-objecten en de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrassen

Plantgetal	Onderzaai	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
7,5	geen (braak)	8 b	7 b	7 c	21 c
	rietzwenkgras	5 a	2 a	2 a	9 a
	Italiaans raaigras	5 a	2 a	2 a	9 a
8,6	geen (braak)	9 b	5 b	5 bc	19 c
	rietzwenkgras	5 a	2 a	2 a	9 a
	Italiaans raaigras	6 a	3 a	4 ab	13 b
F pr. interactie ¹		n.s.	n.s.	0,088	0,090
F pr. plantgetal ²		0,072	n.s.	n.s.	n.s.
F pr. onderzaai ³		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen plantdichtheid maïs en onderzaai-object.

² F pr. voor het hoofdeffect van plantgetal, gemiddeld over de onderzaai-objecten.

³ F pr. voor het hoofdeffect van onderzaai, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs.

Bij de vanggewassen die in 2019 na oogst van de maïs zijn gezaaid, had de zaaidichtheid geen significant effect op de Nmin na de winter en ook was er geen significante interactie met de vanggewasobjecten en/of de zaaitijd van de vanggewassen. De Nmin was wel hoger bij braak dan bij de vanggewassen (tabel B8.7). Bij de vroegere zaai was de Nmin na de winter bij winterrogge significant lager dan bij Japanse haver en wintergerst, maar bij de latere zaai was er geen significant verschil.

Tabel B8.7. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2019/2020 bij de vanggewasobjecten na oogst en de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden

Zaaitijd	Vanggewas	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
-	geen (braak)	8 c	4	6	18 c
13 september	winterrogge	2 a	2	2	6 a
	Japanse haver	5 b	4	2	11 b
	wintergerst	6 bc	3	3	11 b
24 september	winterrogge	3 a	3	2	8 ab
	Japanse haver	2 a	2	2	6 a
	wintergerst	3 a	2	2	8 ab
F pr. interactie ¹		0,005	n.s.	n.s.	n.s.
F pr. zaaitijd ²		<0,001	n.s.	n.s.	0,091
F pr. vanggewassen ³		0,001	n.s.	n.s.	n.s.
F pr. wel/geen vanggewas ⁴		<0,001	n.s.	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

⁴ F pr. voor het effect van geen vanggewas versus het gemiddelde van de objecten met vanggewas na oogst.

Nmin na de winter van 2020/2021

Na de winter van 2020/2021 had het maïsras geen significant effect op de Nmin na de winter. Bij braak was de Nmin na de winter significant hoger dan bij onderzaai van een vanggewas (tabel B8.8). Ook was de Nmin bij braak bij de hogere plantdichtheid van de maïs significant lager dan bij het lagere plantdichtheid.

Tabel B8.8. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2019/2020 bij de onderzaai-objecten en de twee plantdichtheden van de maïs, gemiddeld over de maïsrasen

Plantgetal	Onderzaai	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
7,8	geen (braak)	8 c	7 b	13 d	28 d
	rietzwenkgras	4 a	2 a	3 a	9 a
	Italiaans raaigras	4 a	2 a	5 ab	11 ab
9,6	geen (braak)	6 b	6 b	10 cd	22 c
	rietzwenkgras	3 a	3 a	6 ab	12 ab
	Italiaans raaigras	4 a	3 a	7 bc	14 b
<i>F pr. interactie</i> ¹		0,069	n.s.	0,060	0,021
<i>F pr. plantgetal</i> ²		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>F pr. onderzaai</i> ³		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen plantdichtheid maïs en onderzaai-object.

² F pr. voor het hoofdeffect van plantgetal, gemiddeld over de onderzaai-objecten.

³ F pr. voor het hoofdeffect van onderzaai, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs.

Bij de vanggewassen die in 2020 na oogst van de maïs zijn gezaaid, had de zaaidichtheid geen significant effect op de Nmin na de winter. Bij Japanse haver was de Nmin significant hoger dan bij de andere vanggewassen en bij de vroeg gezaaide Japanse haver zelfs significant hoger dan bij braak (tabel B8.9). Tussen winterrogge en wintergerst was er geen significant verschil.

Tabel B8.9. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2020/2021 bij de vanggewasobjecten na oogst en de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden

Zaaitijd	Vanggewas	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
-	geen (braak)	4 a	4 ab	8 b	16 bc
2 september	winterrogge	2 a	2 a	2 a	6 a
	Japanse haver	13 c	9 c	7 b	29 d
	wintergerst	3 a	2 a	2 a	7 a
23 september	winterrogge	2 a	2 a	4 ab	8 ab
	Japanse haver	9 b	4 b	5 ab	18 c
	wintergerst	4 a	3 ab	4 ab	11 ab
<i>F pr. interactie</i> ¹		0,048	<0,001	0,071	0,003
<i>F pr. zaaitijd</i> ²		n.s.	0,005	n.s.	n.s.
<i>F pr. vangggewassen</i> ³		<0,001	<0,001	0,015	<0,001
<i>F pr. wel/geen vanggewas</i> ⁴		n.s.	n.s.	0,023	n.s.

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

⁴ F pr. voor het effect van geen vanggewas versus het gemiddelde van de objecten met vanggewas na oogst.

Nmin na de winter van 2021/2022

Na de winter van 2021/2022 had het maïsras en plantdichtheid van de maïs geen significant effect op de Nmin na de winter. Ook was er geen significant verschil tussen de vanggewassen. Enkel was de Nmin bij braak significant hoger dan bij onderzaai van een vanggewas.

Tabel B8.10. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2020/2021 bij de onderzaai-objecten, gemiddeld over de maïsrasen en de twee plantdichtheden van de maïs.

Onderzaai	N-mineraal per bodemlaag			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
geen (braak)	6 b	3 b	9 b	18 b
rietzwenkgras	2 a	2 a	3 a	7 a
Italiaans raaigras	2 a	2 a	2 a	6 a
<i>F pr.</i>	<0,001	0,005	<0,001	<0,001

Bij de vanggewassen die in 2021 na oogst zijn gezaaid, had de zaaidichtheid geen significant effect op de Nmin na de winter. De Nmin was bij braak significant hoger dan bij de vanggewassen. Verder was de Nmin bij de vroege zaai van Japanse haver hoger dan bij winterrogge en wintergerst, terwijl er bij de latere zaai geen significant verschil was.

Tabel B8.11. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na de winter van 2020/2021 bij de vanggewasobjecten na oogst en de twee zaaitijden, gemiddeld over de zaaidichtheden

Zaaitijd	Vanggewas	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
-	geen (braak)	7 c	3	11 b	21 c
3 september	winterrogge	2 a	3	2 a	7 a
	Japanse haver	7 c	3	3 a	13 b
	wintergerst	3 ab	2	2 a	7 a
24 september	winterrogge	2 a	2	2 a	6 a
	Japanse haver	4 b	2	3 a	8 a
	wintergerst	2 a	2	2 a	6 a
<i>F pr. interactie</i> ¹		<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<i>F pr. zaaitijd</i> ²		<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,024
<i>F pr. vanggewassen</i> ³		<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<0,001
<i>F pr. wel/geen vanggewas</i> ⁴		<0,001	<i>n.s.</i>	<0,001	<0,001

¹ F pr. voor het interactie-effect tussen zaaitijd en soort vanggewas.

² F pr. voor het hoofdeffect van zaaitijd, gemiddeld over de vanggewassen.

³ F pr. voor het hoofdeffect van vanggewas, gemiddeld over de zaaitijden.

⁴ F pr. voor het effect van geen vanggewas versus het gemiddelde van de objecten met vanggewas na oogst.

Bijlage 9 Opgeloste organische koolstof

In bijlage 9 is de concentratie opgeloste organische koolstof (DOC) weergegeven die in het grondwater is gemeten op 6 maart 2020 (na groeiseizoen 2019, eenmalig gemeten) en op alle vier de meetmomenten in het winterseizoen van 2020/2021 en 2021/2020.

DOC grondwater winterperiode 2019/2020

Op 6 maart 2020 was er voor de DOC-concentratie in het grondwater een wisselwerking tussen vanggewasobject en het maïsras (tabel B9.1). De DOC-concentratie was gemiddeld genomen hoger bij de ondergezaaide vanggewassen dan bij geen vanggewas, maar de mate waarin verschilde per maïsras. Na ras 1 (vroeg oogst) was de DOC-concentratie hoger dan na de maïsassen 2 en 3 (latere oogst), terwijl er zonder vanggewas geen significant effect was tussen de maïsassen.

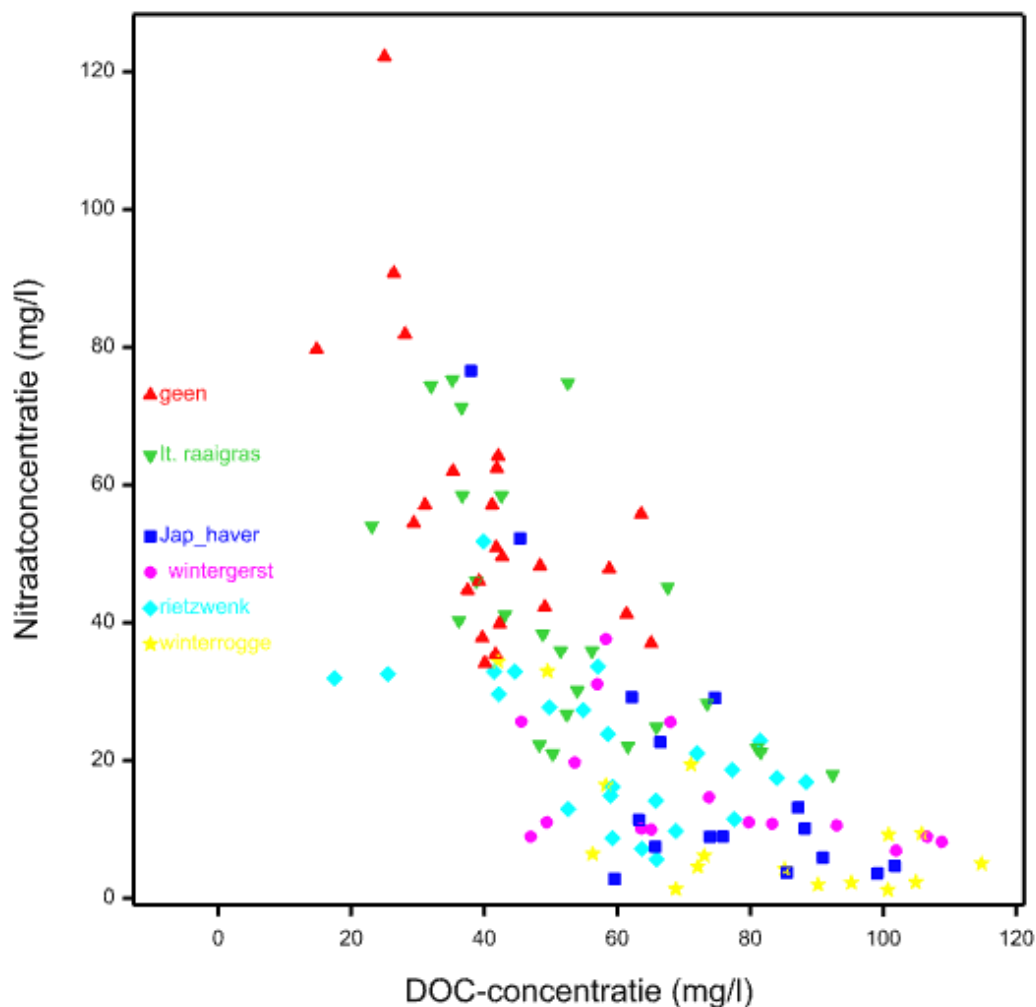
Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was er alleen een significant verschil tussen wel of geen vanggewas ($F_{pr.} = 0,006$). Er was geen significant verschil tussen de vanggewassen onderling, noch was er een significant effect van zaaitijd en zaaidichtheid. Zonder vanggewas (bij maïsras met 9,5 planten per m^2) werd gemiddeld 45 mg/l DOC gemeten en met vanggewas gemiddeld 75 mg/l DOC.

Tabel B9.1. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) op 6 maart 2020 bij de ondergezaaide vanggewassen na de maïsassen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Maïsras 1	Maïsras 2	Maïsras 3
geen	42 abcd	42 abc	39 a
rietzwenkgras	73 f	49 abcde	53 cde
Italiaans raaigras	61 e	44 bde	42 ab

$F_{pr.}$ interactie-effect = 0,014. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

Een hogere DOC-concentratie ging gepaard met een lagere nitraatconcentratie, ook bij de veldjes zonder vanggewas (figuur B9.1). Bij een hoge DOC-concentratie ging de nitraatconcentratie zelfs richting nul.



Figuur B9.1. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 6 maart 2020

DOC grondwater winterperiode 2020/2021

In de winterperiode van 2020/2021 was er op 16 december een zwak significant en op 3 februari een significant effect van de onderzaai-objecten op de DOC-concentratie in het grondwater (tabel B9.2). De DOC-concentratie was bij de vanggewassen iets hoger dan zonder vanggewas. Op 12 november en 29 maart was deze tendens ook aanwezig, maar was het effect niet significant. Op 3 februari was er een significant interactie-effect met maïsras (tabel B9.3). Verder hadden maïsras en ook plantdichtheid geen significant effect op de DOC-concentratie.

Tabel B9.2. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) winter 2020/2021 bij de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de maïsrassen en plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	12 november	16 december	3 februari	29 maart
geen	25	25 a	30 a	15
rietzwenkgras	27	29 b	36 b	17
Italiaans raaigras	28	27 ab	36 b	16
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,084</i>	<i>0,014</i>	<i>n.s.</i>

Tabel B9.3. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) op 3 februari 2021 bij de ondergezaaide vanggewassen na de maïsrassen, gemiddeld over de plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Maïsras 1	Maïsras 2	Maïsras 3
geen	33 ab	27 a	30 ab
rietzwenkgras	36 bc	35 b	36 b
Italiaans raaigras	35 b	43 c	30 ab

F pr. interactie-effect = 0,025. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was er op 12 november en 16 december alleen een verschil tussen wel of geen vanggewas, dat zwak significant was ($F_{pr.} = 0,057$ respectievelijk 0,062). Er was geen significant verschil tussen de vanggewassen onderling, noch was er een significant effect van zaaitijd en zaaidichtheid. Zonder vanggewas (bij plantdichtheid van de maïs van 9,5 planten per m²) werd op 12 november 22 mg/l gemeten en met vanggewas 28 mg/l. Op 16 december was dat 23 mg/l respectievelijk 29 mg/l.

Op 3 februari gaf alleen de vroeg gezaaide winterrogge een significant hogere DOC-concentratie dan geen vanggewas (braak). Verder was het effect van zaaitijd bij winterrogge en Japanse haver tegengesteld (tabel B9.4).

Op 29 maart was er een significant interactie-effect tussen vanggewas, zaaitijd en zaaidichtheid (tabel B9.5). Alleen bij de vroeg gezaaide winterrogge en wintergerst met de lage zaaidichtheid was de DOC-concentratie significant hoger dan bij braak.

Tabel B9.4. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) op 3 februari 2021 bij de na oogst gezaaide vanggewassen per zaaitijd, gemiddeld over de zaaidichtheden

Vanggewas	Braak	Zaai 2 september	Zaai 23 september
geen	31 ab		
winterrogge		44 c	33 ab
Japanse haver		30 a	38 bc
wintergerst		33 ab	34 ab

F pr. interactie-effect = 0,002. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

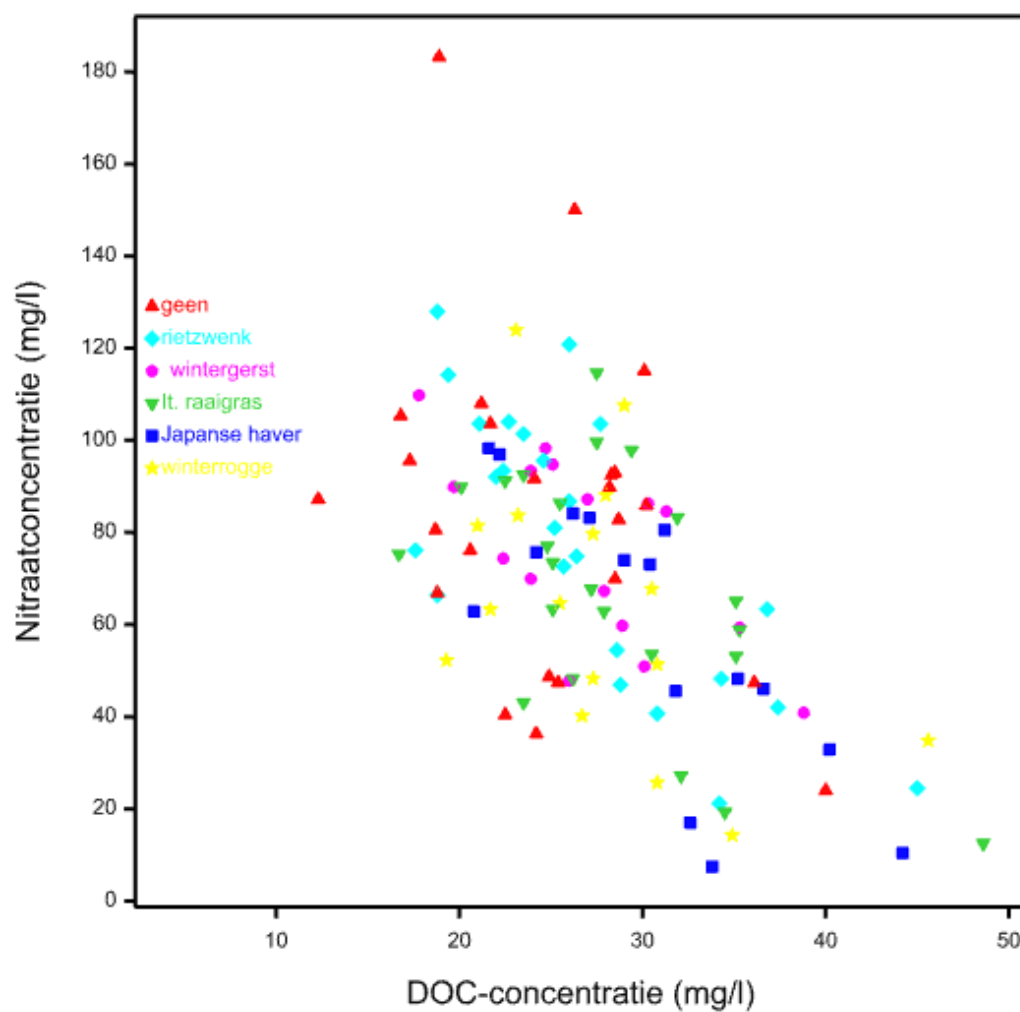
Tabel B9.5. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) op 29 maart 2021 bij de na oogst gezaaide vanggewassen per zaaidichtheid gemiddeld over de zaaitijden

Zaaidichtheid	Vanggewas	Braak	Zaai 2 september	Zaai 23 september
Geen	geen	17 abc		
Hoog	winterrogge		20 bcd	15 abc
	Japanse haver		14 abc	13 abc
	wintergerst		11 a	20 bcd
Laag	winterrogge		21 cd	15 abc
	Japanse haver		12 abc	17 abc
	wintergerst		28 d	19 abc

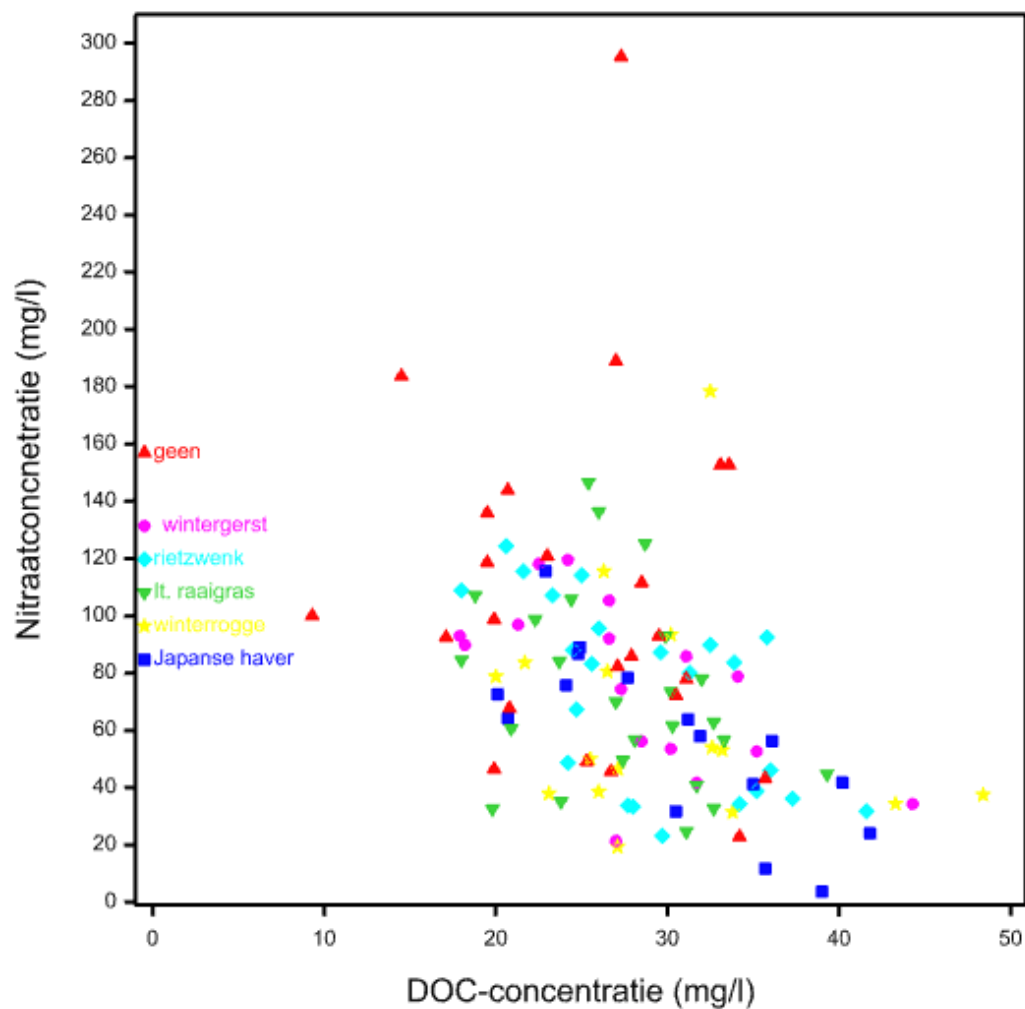
F pr. interactie-effect = 0,020. De lettercodes gelden zowel voor de vergelijking van de getallen in de kolommen als de rijen van de tabel.

Een hogere DOC-concentratie ging op de eerste drie meetmomenten in meer of mindere mate gepaard met een lagere nitraatconcentratie (figuren B9.2 t/m B9.4). Ook op de veldjes zonder vanggewas, waar de DOC-concentratie in het grondwater hoog was, was dit het geval. Op 29 maart echter, toen

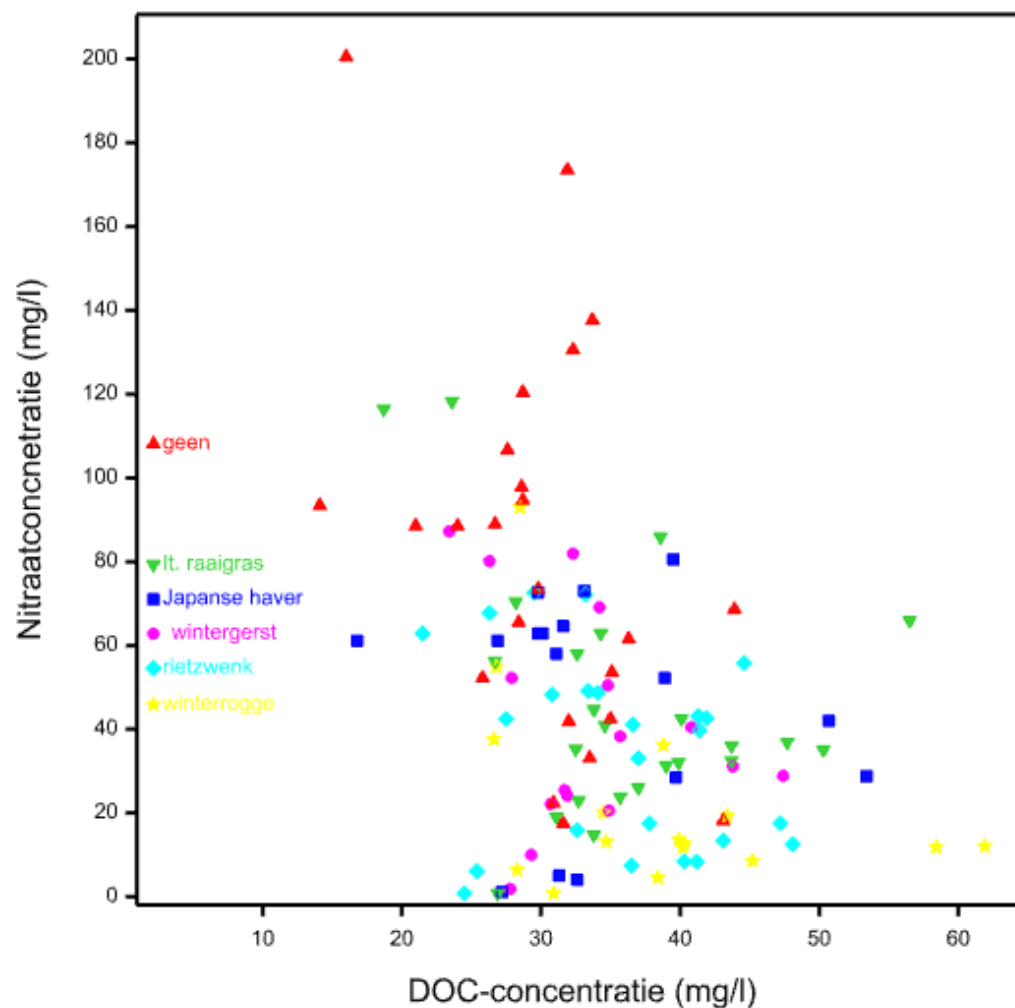
de nitraatconcentraties over het geheel flink waren gedaald, was de relatie niet meer aanwezig (figuur B9.5).



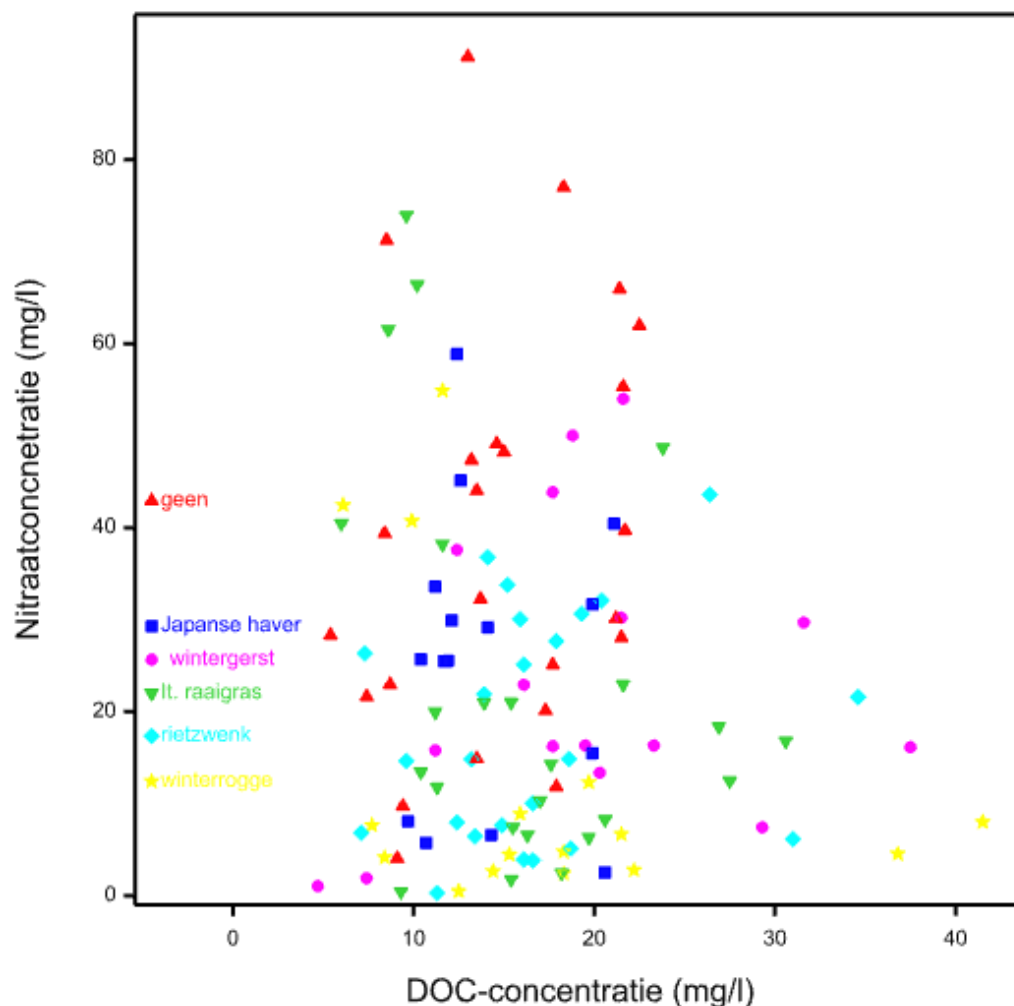
Figuur B9.2. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 12 november 2020



Figuur B9.3. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 16 december 2020



Figuur B9.4. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 3 februari 2021



Figuur B9.5. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 29 maart 2021

DOC grondwater winterperiode 2021/2022

In de winterperiode van 2021/2022 was er op 9 december en 13 januari geen significant effect van de onderzaai-objecten op de DOC-concentratie. Op 7 maart en 29 maart was de DOC-concentratie bij de onderzaai van vanggewassen significant hoger dan bij braak, maar er was geen significant verschil tussen de vanggewassen onderling (tabel B9.6). Er was op geen van de momenten een significant effect van maïsrassen of plantdichtheid van de maïs, noch waren er significante interactie-effecten.

Tabel B9.6. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) winter 2021/2021 bij de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de maïsrassen en plantdichtheden van de maïs

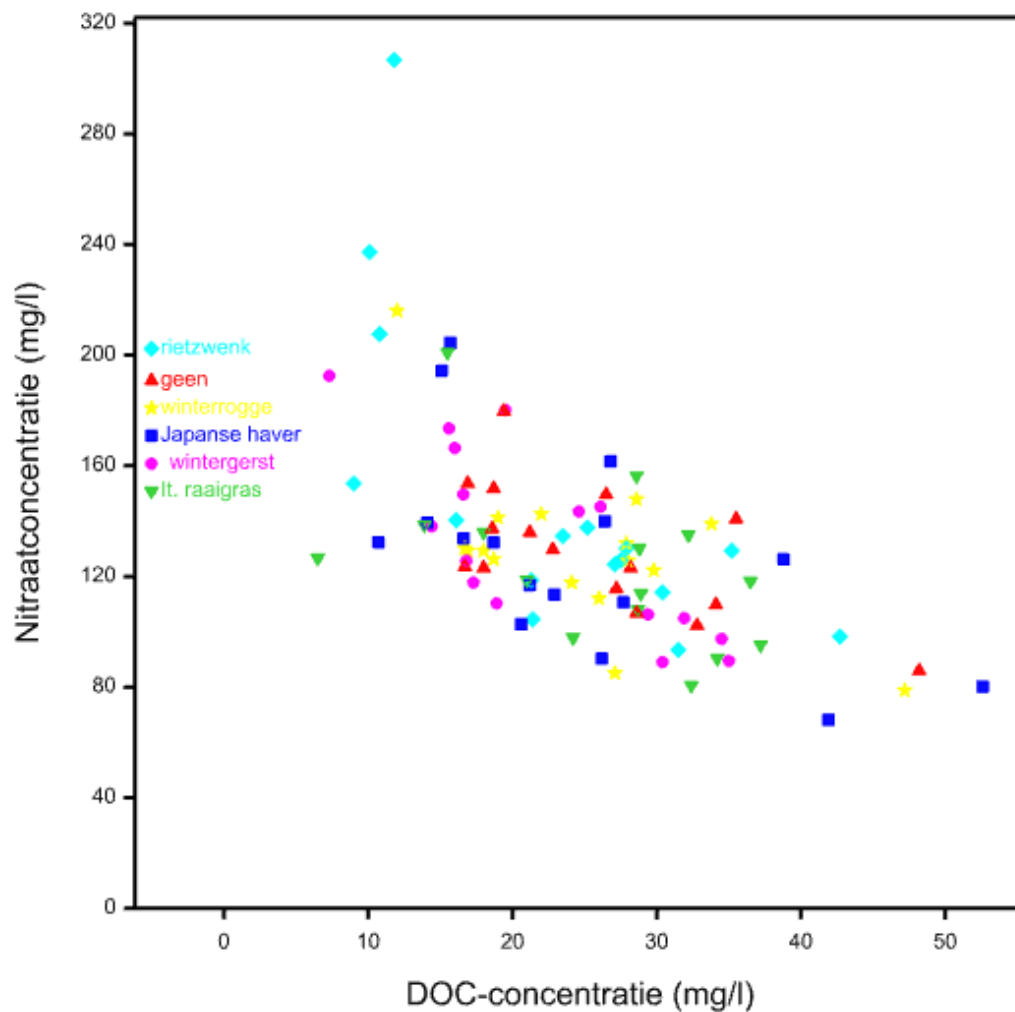
Vanggewas	9 december	13 januari	7 maart	29 maart
geen	26	23	21 a	23 a
rietzwenkgras	23	25	28 b	30 b
Italiaans raaigras	26	28	28 b	28 b
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,034	0,031

Bij de na oogst gezaaide vanggewassen was er op 9 december geen significant effect van de na oogst gezaaide vanggewassen op de DOC-concentratie. Daarna trad wel een effect op, maar was de DOC-concentratie alleen bij winterrogge significant hoger dan bij braak (tabel B9.7). Zaaitijdstip en zaaidichtheid hadden op geen van de momenten een significant effect, noch waren er significante interactie-effecten.

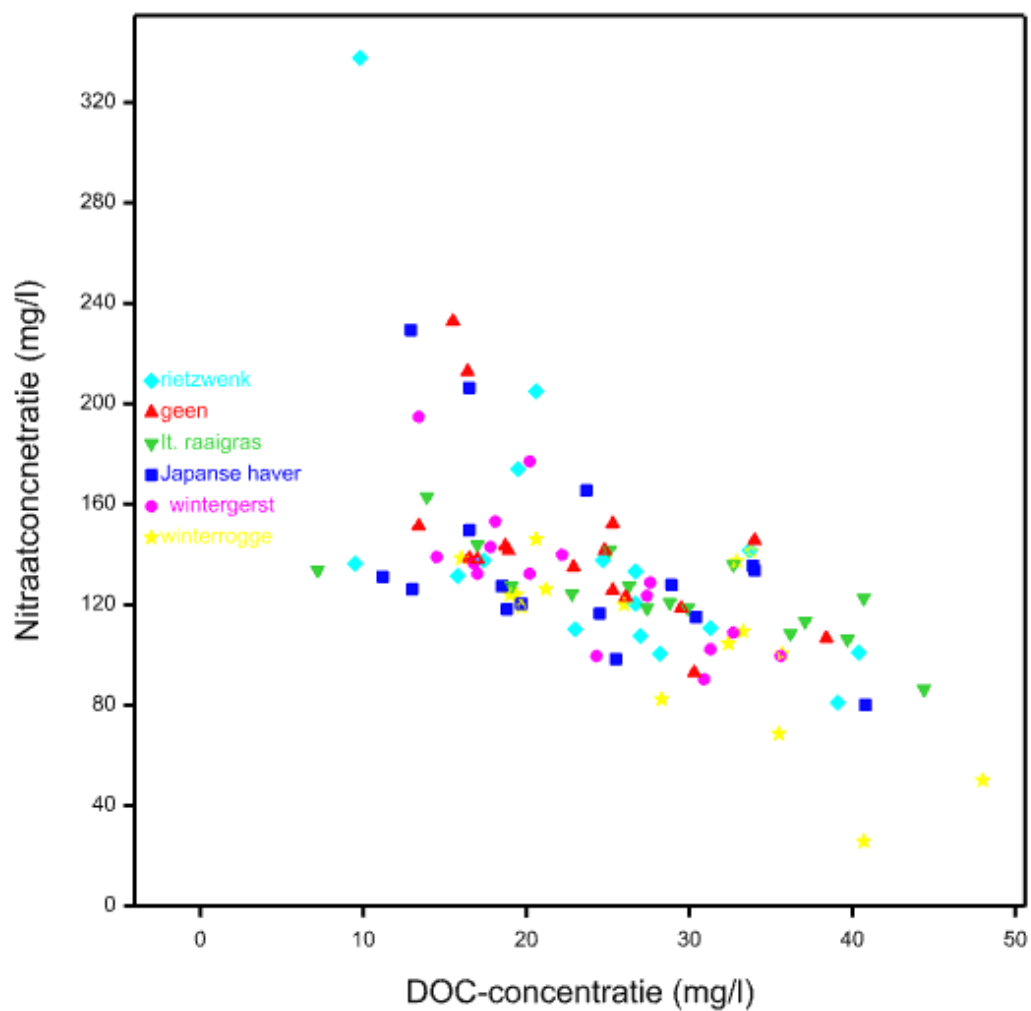
Tabel B9.7. DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) winter 2021/2022 bij de na oogst gezaaide vanggewassen, gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

Vanggewas	9 december	13 januari	7 maart	29 maart
geen	27	27 ab	22 a	22 a
winterrogge	25	29 b	34 b	32 b
Japanse haver	25	23 a	22 a	23 a
wintergerst	22	23 a	26 a	26 a
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,052</i>	<i>0,002</i>	<i>0,006</i>

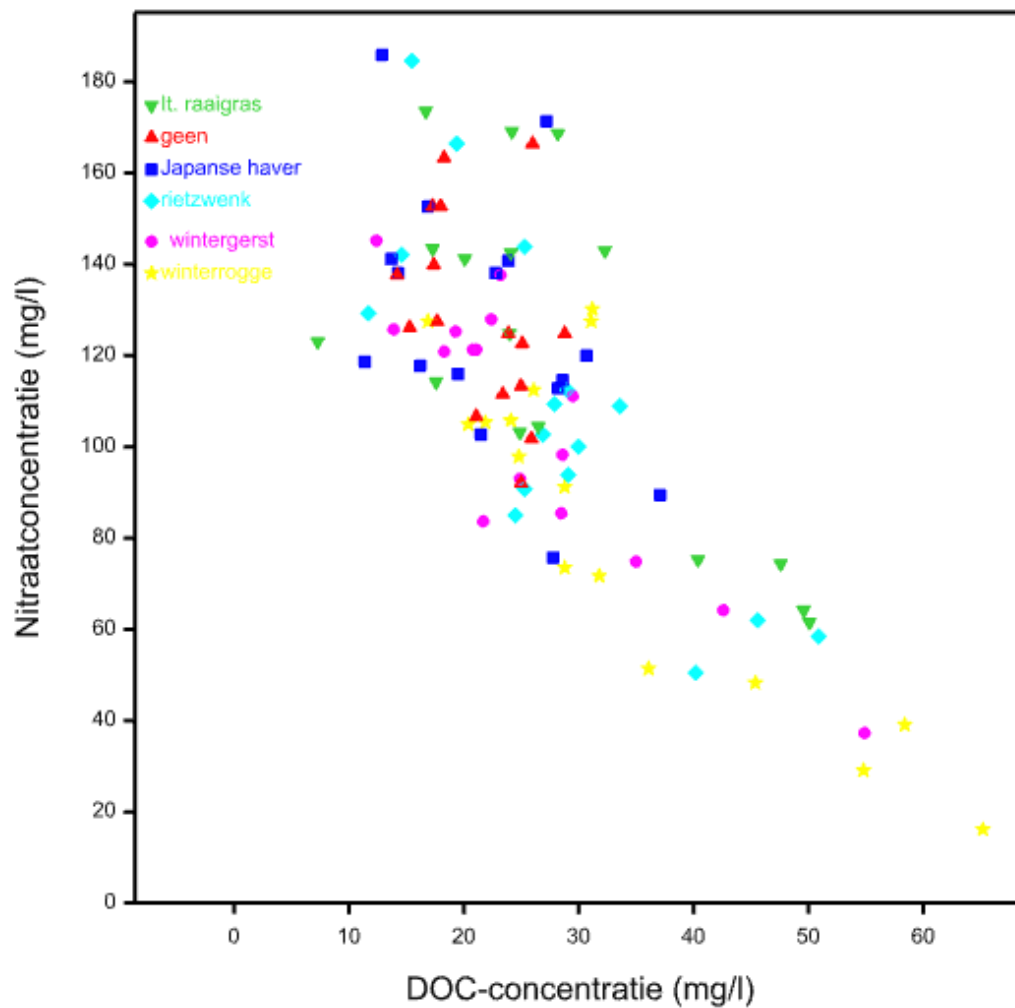
Een hogere DOC-concentratie ging op alle vier de meetmomenten gepaard met een lagere nitraatconcentratie, ook bij de veldjes zonder vanggewas (figuren B9.6 t/m B9.9).



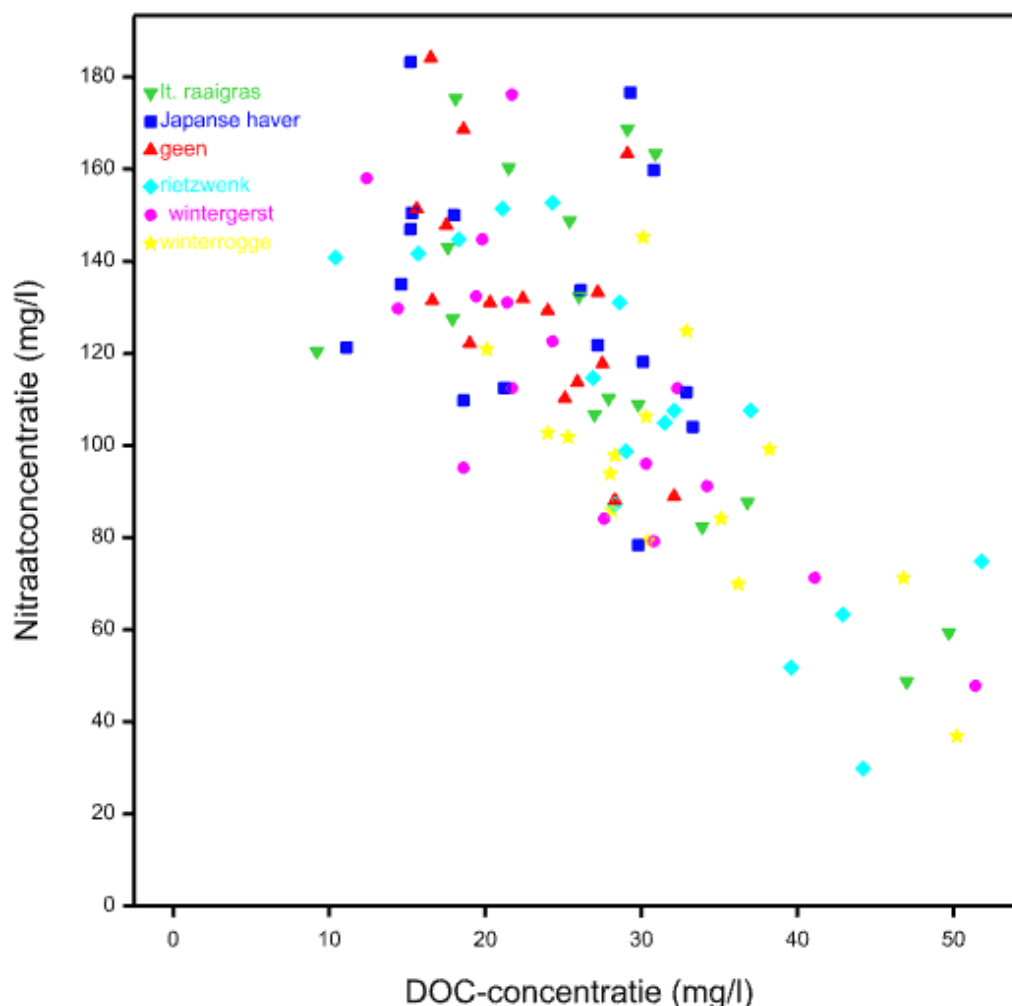
Figuur B9.6. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 9 december 2021



Figuur B9.7. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 13 januari 2022



Figuur B9.8. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 7 maart 2022



Figuur B9.9. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 29 maart 2022

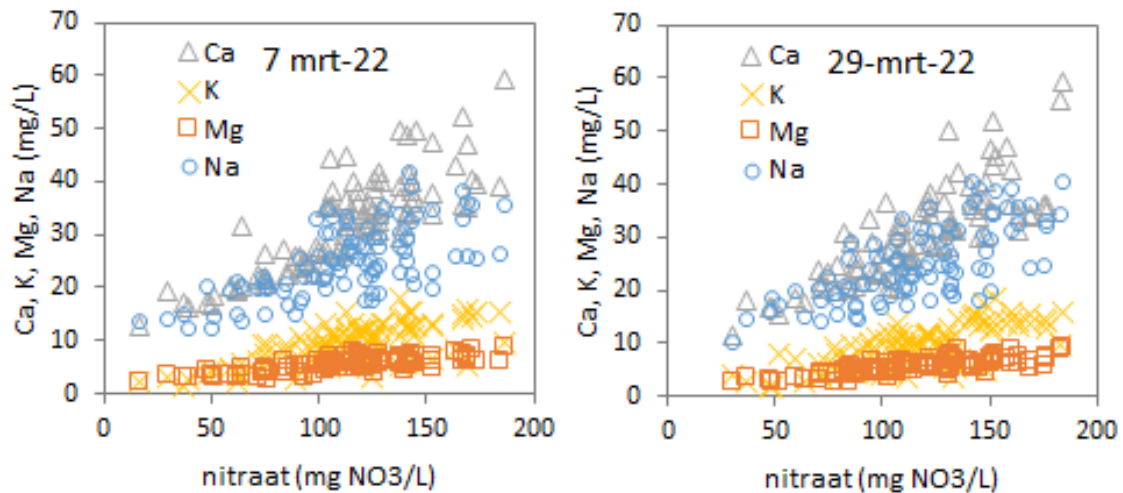
Relatie kationen met nitraat en DOC

Op 7 en 29 maart 2022 zijn in de grondwatermonsters naast nitraat en DOC met ICP-AES analyses gedaan van aluminium (Al), calcium (Ca), ijzer (Fe), magnesium (Mg), kalium (K), mangaan (Mn), natrium (Na), fosfor (P) en zwavel (S). Na de reductie van nitraat (denitrificatie) kunnen ook Mn en Fe reduceren en in oplossing komen, waardoor Mn- en Fe-metingen in het grondwater een maatstaaf zijn voor reductie die optreedt in de bodem. In alle grondwatermonsters waren de Mn- en Fe-concentraties laag (gemiddeld 0,007 mg/l Mn en 0,13 mg/l Fe) en in geen van de grondwatermonsters waren de nitraatconcentraties zo laag dat ijzer kan reduceren (Appelo & Postma, 2005).

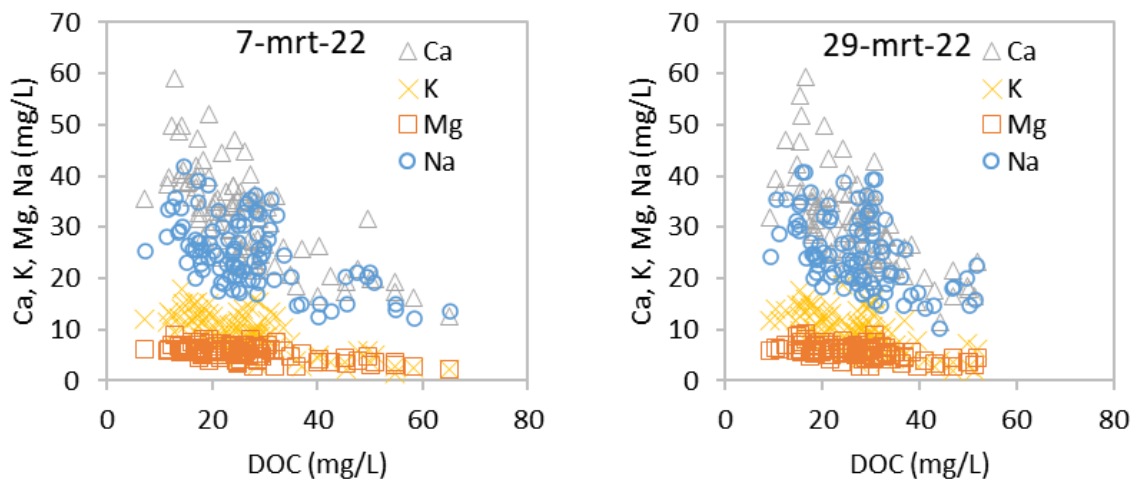
Er waren vrij sterke tot sterke correlaties tussen de kationen Ca, Mg, Na, K en de nitraatconcentratie (figuur B9.10) en in iets minder sterke mate tussen deze kationen en de DOC-concentratie (figuur B9.11). Omdat de grondwatermonsters aangezuurd zijn voor conservering, konden er geen bicarbonaat en chloride gemeten worden en dus ook geen ionenbalans worden opgesteld. Nitraat is vaak het belangrijkste anion en daarmee is het logisch dat er een relatie is tussen nitraat en de kationen. Indien denitrificatie optreedt, wordt de concentratie kationen niet anders: na denitrificatie via DOC ontstaat bicarbonaat als anion. Hierdoor is verandering van de relatie tussen de kationen en nitraat een aanwijzing voor denitrificatie.

Bij veel denitrificatie via DOC is te verwachten dat er grondwatermonsters zijn met kationen en geen of weinig nitraat. In figuur B9.10 is te zien dat de verhouding tussen nitraat en de kationen weinig is veranderd tussen 7 maart en 29 maart, ondanks grote verschillen in de nitraatconcentraties. Dit duidt erop dat denitrificatie geen rol van betekenis speelde. Maart 2022 was echter een vrij droge maand (zie figuur B4.8 in bijlage 4) en dat kan een reden zijn dat tussen 7 en 29 maart geen denitrificatie optrad. Tussen 7 en 29 maart zijn de verschillen in NO_3^- -concentratie tussen de vanggewasobjecten nauwelijks veranderd, terwijl dat vóór 7 maart wel het geval was (figuren 13 en 14). Ook de

verschillen in DOC-concentratie tussen de vanggewasobjecten zijn tussen 7 en 29 maart nauwelijks veranderd (tabellen B9.9 en B9.11). De 1^e en 2^e decade van februari waren juist zeer nat (figuur B4.8, bijlage 4). Er kan echter niet worden nagegaan of de verhouding tussen kationen en nitraat is veranderd t.o.v. het meetmoment vóór 7 maart (dat was 13 januari 2023), omdat de kationen toen niet zijn gemeten in het grondwater.



Figuur B9.10. Ca-, K-, Mg- en Na-concentratie in het grondwater uitgezet tegen de nitraatconcentratie in het grondwater op 7 en 29 maart 2022



Figuur B9.11. Ca-, K-, Mg- en Na-concentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 7 en 29 maart 2022

De lagere nitraat- en kationenconcentraties kunnen zijn veroorzaakt door opname door de vanggewassen of door variatie in het perceel. In de tabellen B9.8 en B9.10 zijn de gemiddelde Ca-, Mg- en K-concentraties gegeven onder invloed van wel of geen vanggewas. Ter vergelijking is in de tabellen B9.9 en B9.11 het effect van de vanggewassen op de nitraat- en DOC-concentratie weergegeven op dezelfde meetmomenten. Hieruit is op te maken dat de verschillen in Ca-concentratie in het grondwater tussen de vanggewasobjecten vrij goed gelijk opgaat met de verschillen in nitraat- en DOC-concentratie

De verschillen in de kationenconcentraties kunnen de oorzaak zijn van de verschillen in de DOC-concentraties. Al lang geleden is aangetoond dat de DOC-concentratie in het bodemvocht sterk afhangt van de pH en de concentraties van calcium en andere kationen in het bodemvocht (Römkens en Dolfig, 1998; Oste et al, 2002). De DOC-concentratie neemt af bij toename van de Ca-concentratie. De gevonden variatie in DOC-concentratie kan dus deels zijn veroorzaakt door

variatie in de kationenconcentraties in de percelen en deels door opname van de kationen door de vanggewassen.

Tabel B9.8. Ca-, Mg- en K-concentratie in het grondwater (mg/l) op 7 en 29 maart 2022 bij de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	Calcium		Magnesium		Kalium	
	7 maart	29 maart	7 maart	29 maart	7 maart	29 maart
geen	35 b	34 b	6,1 b	6,3 b	10	10
rietzwenkgras	30 a	27 a	5,1 a	5,0 a	10	10
Italiaans raaigras	34 ab	31 ab	5,7 ab	5,5 a	10	10
F pr.	0,080	0,026	0,040	0,003	n.s.	n.s.

Tabel B9.9. Ca-, Mg- en K-concentratie in het grondwater (mg/l) op 7 en 29 maart 2022 bij de ondergezaaide vanggewassen, gemiddeld over de rassen en plantdichtheden van de maïs

Vanggewas	NO ₃		DOC	
	7 maart	29 maart	7 maart	29 maart
geen	129	132 b	21 a	23 a
rietzwenkgras	108	106 a	28 b	30 b
Italiaans raaigras	120	121 ab	28 b	28 b
F pr.	n.s.	0,074	0,034	0,031

Tabel B9.10. NO₃- en DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) op 7 en 29 maart 2022 bij de na oogst gezaaide vanggewassen (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

Vanggewas	Calcium		Magnesium		Kalium	
	7 maart	29 maart	7 maart	29 maart	7 maart	29 maart
geen	37 b	36 b	6,1 ab	6,4 bc	11 b	12 b
winterrogge	28 a	27 a	4,7 a	4,9 a	8 a	9 a
Japanse haver	37 b	36 b	6,5 b	6,6 c	10 ab	11 b
wintergerst	29 a	28 a	5,0 a	5,1 ab	8 a	9 a
F pr.	0,010	0,006	0,001	<0,001	0,099	0,087

Tabel B9.11. NO₃- en DOC-concentratie in het grondwater (mg/l) op 7 en 29 maart 2022 bij de na oogst gezaaide vanggewassen (bij maïsras 1), gemiddeld over de zaaitijden en zaaidichtheden

Vanggewas	NO ₃		DOC	
	7 maart	29 maart	7 maart	29 maart
geen	142 c	149 b	22 a	22 a
winterrogge	83 a	94 a	34 b	32 b
Japanse haver	127 c	132 b	22 a	23 a
wintergerst	105 b	112 a	26 a	26 a
F pr.	<0,001	<0,001	0,002	0,006

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 1059

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.
