



Effect N-vanggewassen na aardappel op zandgrond op de nitraatuitspoeling

Verslag van driejarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel

Auteurs | Willem van Geel¹, René Rietra², Harry Verstegen¹, Kevin Duan², Piet Groenendijk², John Verhoeven¹

¹ Wageningen University & Research | BU Open Teelten

² Wageningen University & Research | Wageningen Environmental Research

WPR-OT 1018



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Effect N-vanggewassen na aardappel op zandgrond op de nitraatuitspoeling

Verslag van driejarig veldonderzoek op zuidelijk zandgrond te Vredepeel

Willem van Geel¹, René Rietra², Harry Verstegen¹, Kevin Duan², Piet Groenendijk², 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, mei 2023

Rapport WPR-OT 1018

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



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

© 2023 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

Dit rapport is gratis te downloaden via <https://doi.org/10.18174/631358>

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 1018

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	11
2 Opzet en uitvoering	13
2.1 Proefopzet	13
2.2 Proefuitvoering	14
2.3 Verwerking van de resultaten	16
3 Resultaten	17
3.1 Resultaten hoofdgewas aardappel	17
3.1.1 Gewasontwikkeling aardappel en knolopbrengst	17
3.1.2 Knolopbrengst, stikstof- en fosfaatafvoer en stikstofoverschot	18
3.1.3 Nmin in de bodem na oogst	20
3.2 Resultaten vanggewassen	23
3.2.1 Gewasontwikkeling van de vanggewassen	23
3.2.2 Droge-stofproductie, stikstofopname vanggewassen en N-overschot	29
3.2.3 Nmin in de bodem aan het eind van de winter	41
3.2.4 Nitraatconcentraties ondiepe grondwater en N-flux	47
3.2.5 N-bodembalans winterperiode	60
3.2.6 Opgeloste organische koolstof (DOC)	62
3.3 Modelsimulatie nitraatconcentratie	68
4 Discussie en conclusies	71
4.1 Resultaten aardappel	71
4.2 Resultaten vanggewassen	72
4.3 Nitraatuitspoeling	73
4.4 Conclusies en aanbevelingen	78
Literatuur	81
Bijlage 1 Ligging van de proefpercelen en bodemvruchtbaarheidsgegevens	85
Bijlage 2 Proefveldschema's	105
Bijlage 3 Teeltregistratie, N-aanvoer en grondwaterstanden	109
Bijlage 4 Weersgegevens	111
Bijlage 5 Verhouding boven-/ondergronds	114
Bijlage 6 Berekening waterfluxen	116
Bijlage 7 Uitvoering nitraatmetingen en berekening stikstofflux	119
Bijlage 8 Modellerings effect vanggewas op nitraatconcentratie grondwater	122

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 na maïs en andere gewassen, waaronder consumptieaardappelen. Een vraag hierbij is hoe groot het effect van vanggewassen is op de reductie van nitraatuitspoeling, afhankelijk van het zaaimoment en het type vanggewas. Dit is meerdere jaren onderzocht in veldproeven met vanggewassen na snijmaïs en consumptieaardappel op zuidelijke, droge zandgrond te Vredepeel. Dit rapport gaat over driejarige onderzoek met vanggewassen na aardappel in de jaren 2018/2019, 2019/2020 en 2020/2021. Van het onderzoek met vanggewassen na snijmaïs verschijnt een apart rapport.

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. Het is niet bekend in hoeverre er verschillen zijn tussen de verschillende vanggewassen qua reductie van nitraatuitspoeling.

Proefopzet en uitvoering

In het veldonderzoek is gekeken naar het effect van type vanggewas en zaaitijdstip ervan in combinatie met aardappelras en hoogte van de stikstofgift. Het betrof een aardappelras met een hoge N-behoefte (Fontane) en een ras met een lage N-behoefte (Agria).

Bij elk ras zijn twee N-bemestingsniveaus aangebracht, die enigszins varieerden per jaar. De hogere N-gift bij Fontane bedroeg 245-275 kg N per ha en bij Agria 185-215 kg N per ha. De lagere N-gift was bij beide rassen steeds 60 kg N per ha lager dan de hogere gift. De stikstof is deels toegediend via een basisgift rundveedrijfmest vóór het poten van de aardappelen. Deze gift was bij beide rassen en de beide N-niveaus per ras gelijk. De rest van de stikstof is toegediend met kunstmest tijdens de teelt. Hiermee zijn ook de verschillen in N-gift aangebracht.

Bij elke van deze vier ras-N-gift-combinaties zijn na de aardappeloogst drie verschillende vanggewassen gezaaid: winterrogge, wintergerst en Japanse haver. De zaaitijden waren 4^e week september en 1^e week oktober na Fontane en 1^e week oktober en 3^e week oktober na Agria. Ook is per ras-N-gift-combinatie een object zonder vanggewas opgenomen als referentie.

Van de aardappelen is de opbrengst bepaald en de stikstof- en fosfaatinhoud van de knollen i.c. de stikstof- en fosfaatafvoer van het veld. Vervolgens is een stikstofoverschot berekend op basis van werkzame N-gift: aanvoer van werkzame stikstof uit organische mest en kunstmest minus stikstofafvoer. Verder is na de aardappeloogst de resterende hoeveelheid minerale stikstof (N_{min}) in de bodemlaag 0-90 cm gemeten.

Aan het einde van de winter is de bovengrondse biomassa van de winterrogge en de wintergerst bepaald en de stikstofinhoud ervan. Bij de Japanse haver is de opbrengst bepaald op het moment dat het gewas door de vorst begon af te sterven. Dit was in het eerste seizoen medio januari 2019 en in het derde seizoen begin februari 2021. In het tweede seizoen stierf de Japanse haver door de zachte winter niet af door vorst.

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

Vervolgens is een N-overschot berekend op basis van totale N-aanvoer, waarbij de N-opname door het vanggewas als "afvoerpost" is meegeteld: N-totaalgift aan de aardappelen plus N-depositie minus

N-verlies uit de meststoffen door ammoniakvervluchtiging minus N-afvoer met de geoogste knollen minus de vastgelegde stikstof in het vanggewas.

Aan het einde van de winter is per veldje de Nmin-voorraad gemeten in de bodemlaag 0-90 cm. Aan de hand hiervan, de Nmin 0-90 cm na de aardappeloogst en de N-opname door de vanggewassen is een N-bodembalans opgesteld 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.

Gedurende de winterperiode is bij alle proefobjecten meermalen de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater gemeten. Op basis van de gemeten nitraatconcentraties en de actuele neerslaggegevens is de uitgespoelde hoeveelheid stikstof berekend (de stikstofflux). In de winter van 2019/2020 is op één moment en in de winter van 2020/2021 op alle vier de momenten ook de DOC-concentratie in het grondwater gemeten (opgeloste organische koolstof; dissolved organic carbon).

Tot slot is de nitraatuitspoeling gesimuleerd met een modelberekening en zijn de door het model voorspelde nitraatconcentraties vergeleken met de gemeten nitraatconcentraties.

Resultaten en discussie

Aardappelteelt en stikstofgift

Gemiddeld over de drie proefjaren leidde verlaging van de N-gift aan de aardappelen met 60 kg/ha tot een 21 kg/ha lagere N-afvoer en een 39 kg/ha lager N-overschot. Bij gelijke N-gift was er geen significant verschil tussen beide rassen voor het N-overschot.

De hoogte van de N-gift had geen effect op de fosfaatafvoer met de geoogste knollen. Het ras daarentegen wel: de afvoer was bij Agria hoger dan bij Fontane. Gemiddeld over de drie jaren bedroeg de afvoer bij Agria 60 kg P₂O₅ per ha en bij Fontane 55 kg P₂O₅ per ha.

De verlaging van het N-overschot bij een lagere N-gift kwam niet of in geringe mate tot uiting in een verlaging van de minerale bodem-N in de laag 0-90 cm na oogst van de aardappelen. De Nmin na oogst was overwegend laag in vergelijking tot gemiddelde Nmin-waarden na de oogst van consumptieaardappel.

Ook leidde de verlaagde N-gift aan aardappel niet of nauwelijks tot minder stikstofuitspoeling. Waarom dit niet het geval was, is niet duidelijk geworden uit het onderzoek. Er was geen verband tussen het N-overschot van de aardappelteelt en de hoeveelheid stikstof die uitspoelde naar het grondwater.

Groei en stikstofopname vanggewassen

De resultaten van de drie proefjaren laten zien dat naast zaaimoment de groeiomstandigheden in de herfst (temperatuur, zonneschijn en vocht) belangrijke invloed hebben op de ontwikkeling, drogestofproductie en N-opname door de vanggewassen. In 2018 waren de omstandigheden het gunstigste en was de drogestofproductie het hoogste van de drie proefjaren. De bovengrondse drogestofopbrengst varieerde van 420 tot 1979 kg per ha, afhankelijk van zaaimoment en type vanggewas. In 2019 was de bovengrondse drogestofopbrengst het laagste: 375 tot 1120 kg per ha. Tussen eind september en half oktober 2019 viel er veel neerslag. Waarschijnlijk heeft het natte en donkere weer de groei van de vanggewassen beperkt. In 2020 was de bovengrondse drogestofopbrengst iets hoger dan in 2019 en bedroeg 355 tot 1365 kg per ha.

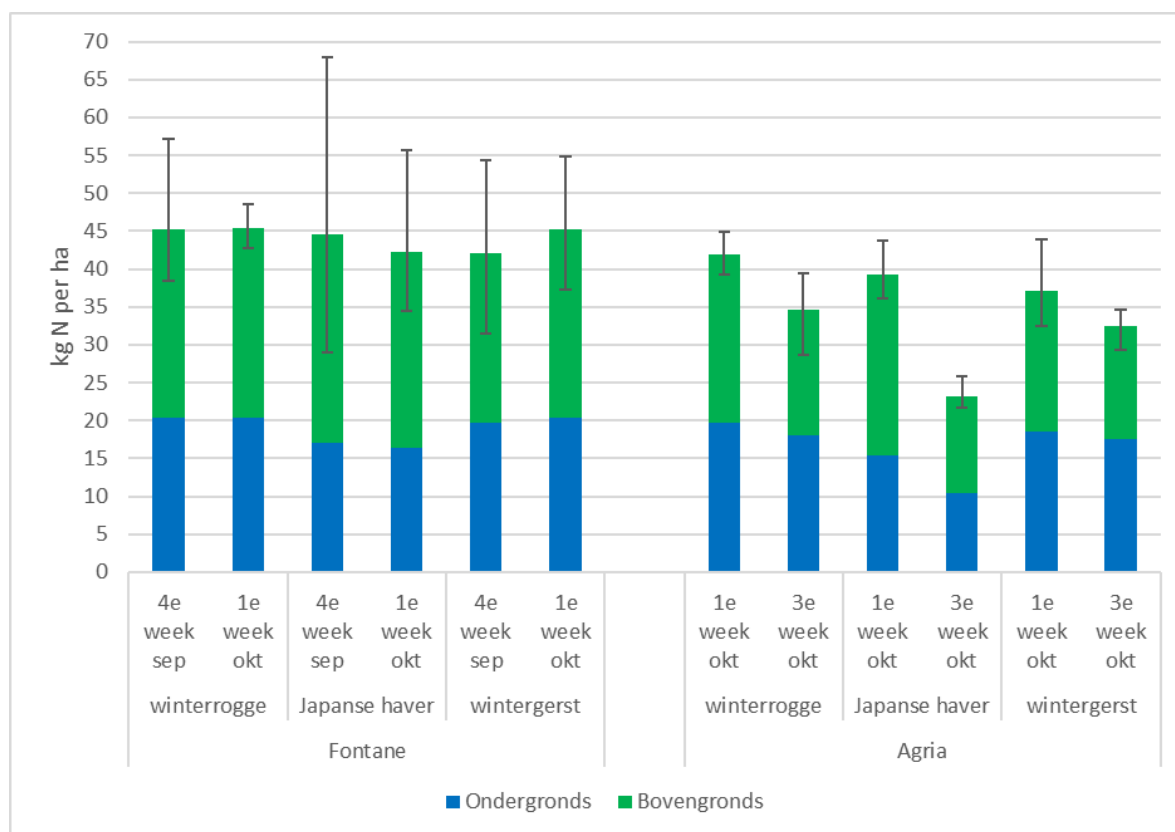
Verder heeft een vroeger gezaaid vanggewas een langere groeiperiode vóór de winter dan een later gezaaid gewas en kan daardoor in principe meer biomassa vormen en stikstof opnemen. Maar een voldoende vochtige grond na zaaien bleek eveneens een belangrijk voorwaarde voor een goede begingroei en verdere ontwikkeling van de vanggewassen. Zo was in 2019 de grond eind september droog was en begin oktober niet. Daardoor startte de groei van de vanggewassen bij zaaien in de 4^e week van september slechter dan bij zaaien in de 1^e week van oktober. De ontwikkeling bleef slechter en de drogestofproductie en N-opname waren lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober.

Bij een lagere drogestofopbrengst was het N-gehalte in de gewasdroge stof vaak hoger, waardoor de verschillen in N-opname kleiner waren dan de verschillen in drogestofproductie. In 2018 varieerde de N-opname van de vanggewassen van 21 tot 73 kg per ha, afhankelijk van zaaimoment en type vanggewas. In 2019 varieerde het van 24 tot 49 kg per ha en in 2020 van 22 tot 44 kg per ha.

De verschillen in N-opname tussen de vanggewassen onderling in een bepaald jaar waren kleiner dan de verschillen in N-opname tussen de jaren. Verder waren de onderlinge verschillen tussen de vanggewassen qua ontwikkeling, droge-stofproductie en N-opname per jaar anders en ook was de interactie met zaaitijdstip en uitgangssituatie (aardappelras en N-gift) wisselend. Om de vanggewassen goed te kunnen beoordelen alsook het effect van zaaimoment en uitgangssituatie op de vanggewassen, moeten de resultaten over meerdere jaren samen worden beschouwd.

Gemiddeld over de drie jaren verschilden de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen niet wezenlijk tussen zaaien in de 4^e week van september of zaaien in de 1^e week van oktober na de teelt van Fontane. Er was hierbij ook geen duidelijk verschil tussen de vanggewassen onderling. Bij zaaien in de 3^e week van oktober na de teelt van Agria waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober na Agria. Ook waren er hierbij verschillen tussen de vanggewassen onderling. Met name de N-opname van Japanse haver bleef relatief sterk achter bij zaaien in de 3^e week van oktober. De N-opname van de vanggewassen, gemiddeld over de drie proefjaren, is weergegeven in Figuur S1.

De hogere of lagere N-gift aan aardappel had zelden effect op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen. Het aardappelras had wel effect: bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen en hetzelfde zaaimoment (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane hoger dan na Agria. Het verschil in N-opname was het grootste bij wintergerst. Voor dit effect van aardappelras op de vanggewassen ontbreekt een verklaring.



*Figuur S1. N-opname door de vanggewassen per zaaimoment na de beide aardappelrassen, gemiddeld over de drie proefjaren (2018, 2019 en 2020)
De verticale balken geven de spreiding in totale N-opname aan tussen de jaren.*

Effect vanggewassen op nitraatconcentratie grondwater

Het effect van de teelt van de vanggewassen op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater werd later in de winter zichtbaar (februari – maart). De teelt van vanggewassen gaf in alle drie de jaren een verlaging van de nitraatconcentratie, maar het effect verschilde sterk per seizoen. In 2018/2019 was het effect van de vanggewassen op de verlaging van de nitraatconcentratie aan het einde van de winter gering: gemiddeld 14 mg/l, ondanks dat de N-opname door de vanggewassen in

dat jaar het hoogste was. In 2019/2020 was de verlaging het grootste van drie jaren: gemiddeld 48 mg/l, terwijl de N-opname door de vanggewassen dat jaar het laagste was. In 2020/2021 bedroeg de verlaging gemiddeld 23 mg/l.

Er was geen goed verband tussen de N-opname door het vanggewas en de verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater, noch tussen de jaren, noch binnen hetzelfde jaar. De reductie van nitraatuitspoeling naar het grondwater hoeft niet gelijk op te gaan met de N-vastlegging door het vanggewas, omdat ook andere processen van de stikstofhuishouding in de bodem van invloed zijn op de hoeveelheid stikstof die in het grondwater terechtkomt, waaronder denitrificatie.

De onderlinge verschillen tussen de vanggewassen wat betref de vermindering van uitspoeling waren niet eenduidig in de verschillende jaren, maar ze waren ook gering. Gemiddeld over de drie jaren en alle zaaimomenten was er geen duidelijk verschil tussen de drie vanggewassen wat betreft de verlaging van de nitraatconcentratie aan het einde van de winter; die verlaging bedroeg gemiddeld 28 mg/l. Ten aanzien van verlaging van de nitraatconcentratie voldeden wintergerst en Japanse haver even goed als wintergerst.

Aan het einde van de winter gaf de teelt van N-vanggewassen na aardappel op perceelsniveau gemiddeld over de drie jaren een reductie van de nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater:

- van 95 naar 63 mg/l (-32 mg/l) bij zaaien in de 4^e week van september en van 95 mg/l naar 75 mg/l (-20 mg/l) bij zaaien in de 1^e week van oktober na het ras Fontane;
- van 101 naar 65 mg/l (-36 mg/l) bij zaaien in de 1^e week van oktober en van 101 mg/l naar 76 mg/l (-25 mg/l) bij zaaien in de 3^e week van oktober na het ras Agria.

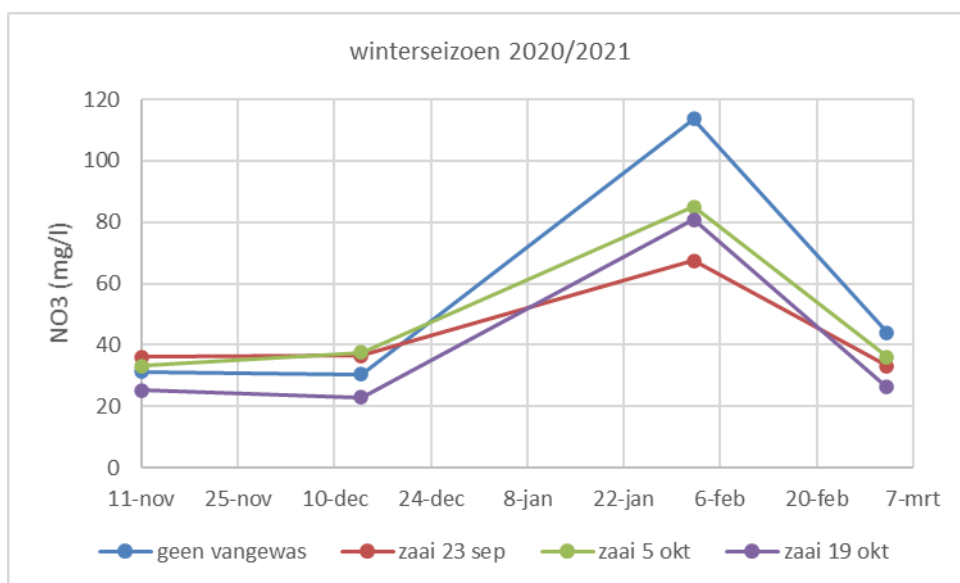
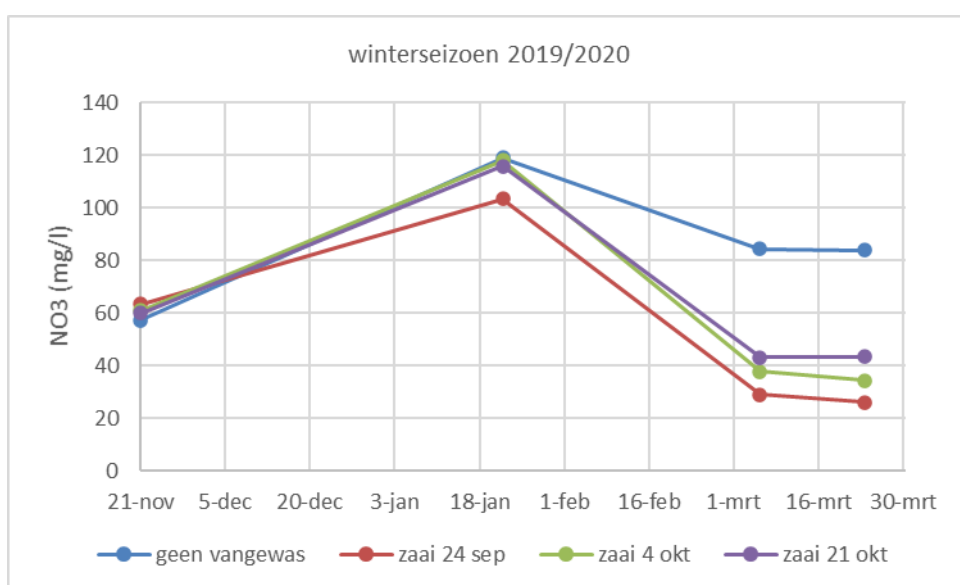
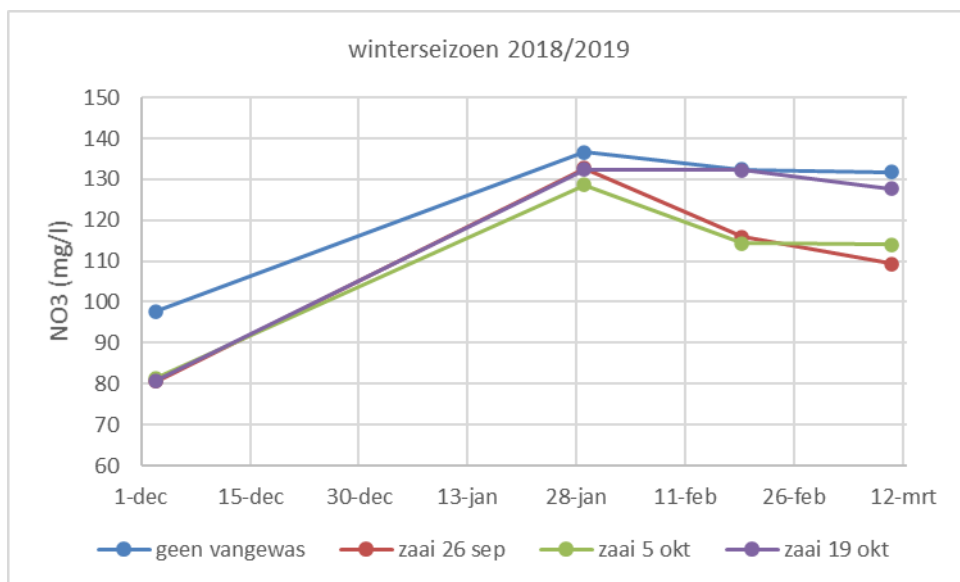
Naarmate de vanggewassen later werden gezaaid, was de verlaging van de nitraatconcentratie kleiner. Maar de verlaging door een later gezaaid vanggewas ten opzichte van geen vanggewas was altijd nog groter dan het verschil tussen een vroeger of later gezaaid vanggewas. Zaaien in de 3^e week van oktober na Agria gaf een verlaging van 25 mg NO₃ per l ten opzichte van geen vanggewas, terwijl het verschil met zaaien in de 1^e week van oktober 11 mg NO₃ per l bedroeg. Na Fontane bedroeg de verlaging bij zaaien in de 1^e week van oktober 20 mg NO₃ per l ten opzichte van geen vanggewas en bedroeg het verschil met zaaien in de 4^e week van september 8 mg NO₃ per l.

Ondanks dat na Fontane gemiddeld over de drie jaren de N-opname van de vanggewassen bij zaaien in de 4^e week van september niet wezenlijk verschilde van die bij zaaien in de 1^e week van oktober, gaf zaaien in de 4^e week van september wel een sterkere verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater dan zaaien in de 1^e week van oktober.

Het verloop van de nitraatconcentraties in het grondwater afhankelijk van het zaaimoment van de vanggewassen, is samengevat in figuur S2.

De gevonden verlagingen van de nitraatconcentratie zijn echter locatie-specifiek. Om een goed beeld te krijgen van een gemiddeld effect van vanggewassen op regionaal of landelijk niveau, wordt aanbevolen om op meerdere locaties c.q. verschillende zandgronden die variëren in hydrologische en andere bodemeigenschappen en gedurende meerdere jaren proeven aan te leggen met stikstofvanggewassen. Ook wordt aanbevolen om de relaties tussen N-overschot en nitraatconcentratie die worden gehanteerd in het WOGWOD-model, te valideren voor bedrijfssystemen met vanggewassen. Misschien moeten hiervoor afzonderlijke relaties worden afgeleid.

Op de momenten dat een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater werd gemeten door de teelt van de vanggewassen, werd een verhoging van het gehalte aan opgeloste organische stof (DOC) in het grondwater gemeten. De DOC-concentratie was bij benadering omgekeerd evenredig met de nitraatconcentratie. DOC kan een energiebron zijn voor bacteriën die nitraat kunnen afbreken. Het is niet duidelijk of een hogere DOC-concentratie de denitrificatie van nitraat heeft bevorderd en daardoor de nitraatconcentratie in het grondwater heeft verlaagd of dat beide door de vanggewassen zijn beïnvloed zonder dat er een causaal verband is. Aanbeveling is om in het vervolg in het onderzoek naar nitraatuitspoeling ook naar de relatie met DOC te kijken. De vraag hierbij is of vanggewassen naast stikstofopname ook de nitraatconcentratie kunnen beïnvloeden doordat er DOC wordt gevormd uit wortels of gewasresten.



Figuur S2. Nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater in de winterperiode per zaaimoment, gemiddeld over de vanggewassoorten, aardappelrassen en N-giften

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 voorgenen 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 wordt 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 wordt in 2023 geïmplementeerd.

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

In Nederland en omringende 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 zicht ontwikkelt vóór de winter en stikstof opneemt, hangt ook af van de weersomstandigheden in de nazomer en herfst en van het type 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 is een vraag in hoeverre de hoeveelheid stikstof die wordt nagelaten door het hoofdgewas, de groei en N-opname van de vanggewassen beïnvloedt.

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 winterrogge 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.

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 aardappel. Tussen de verschillende aardappelrassen bestaan aanmerkelijke verschillen in stikstofbehoefte, wat ook tot uiting zal komen in verschillen in stikstofoverschot. Een vraag is in hoeverre aardappelras en hoogte van de N-gift effect hebben op het N-overschot, op de hoeveelheid stikstof die het vanggewas vastlegt en op de reductie van 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 worden conclusies getrokken. Het rapport is bedoeld als documentatieverslag, waaruit informatie kan worden gehaald voor artikelen en presentaties. Van de proeven met vanggewassen na snijmaïs komt een apart rapport uit.

2 Opzet en uitvoering

In het veldonderzoek naar het effect van N-vanggewassen na consumptieaardappel is gekeken naar het effect op de reductie van nitraatuitspoeling van type vanggewas en zaaitijdstip van het gewas in combinatie met aardappelras en hoogte van de stikstofgift. Het veldonderzoek is drie jaar uitgevoerd op zuidoostelijk zandgrond op of nabij de proeflocatie van WUR Open teelten te Vredepeel. Het betrof de seizoenen 2018-2019, 2019-2020 en 2020-2021. De percelen waarop de proeven zijn uitgevoerd betroffen leemarme, kalkloze, humeuze zandgronden. De ligging van de proefpercelen en de bodemvruchtbaarheidgegevens ervan (analyse Eurofins) zijn weergegeven in bijlage 1.

2.1 Proefopzet

In alle drie de jaren is een proef aangelegd met de aardappelrassen Fontane en Agria. Fontane is momenteel het meest geteelde consumptieaardappelras op zandgrond. Het heeft een hoge N-behoefte en valt in de categorie consumptieaardappelrassen met hoge N-gebruiksnorm (208 kg N per ha op zuidelijk zandgrond in 2019-2021). Agria is ook een veel geteeld consumptieaardappelras op zandgrond. Het heeft een lage N-behoefte en valt in de categorie consumptieaardappelrassen met een lage N-gebruiksnorm (168 kg N per ha op zuidelijk zandgrond in 2019-2021).

Bij beide rassen zijn een hogere en lagere N-gift opgenomen. De hogere N-gift is afgestemd op de behoefte van de betreffende rassen. De lagere gift was bij beide rassen 60 kg N per ha lager dan de hogere gift en is zodanig gekozen dat deze dicht bij de N-gebruiksnorm ligt voor de betreffende rassen en dat ze beide ook kunnen worden vergeleken bij eenzelfde N-gift. Dit resulteerde in de volgende gekozen N-giften:

- Fontane: 275 en 215 kg N per ha;
- Agria: 215 en 155 kg N per ha.

Om een situatie te creëren die overeenstemt met de praktijk, is vóór het poten van de aardappelen rundveedrijfmest toegediend met een bouwlandinjecteur. Beoogd werd om hiermee 100 kg werkzame stikstof per ha toe te dienen op basis van de wettelijk vastgestelde forfaitaire N-werkingscoëfficiënt van 60%. De rest van de stikstof is toegediend met kunstmest tijdens de teelt. De geplande verdeling van de N-giften is weergegeven in tabel 1.

Na de oogst van de aardappelen zijn bij elke ras-N-gift-combinatie drie verschillende N-vanggewassen gezaaid op drie verschillende tijdstippen. Het betrof: winterrogge, Japanse haver en wintergerst. Ook is een object zonder vanggewas opgenomen als referentie (braak). De zaaimomenten waren: 4^e week van september en 1^e week van oktober na Fontane en 1^e en 3^e week van oktober na Agria. De proefobjecten zijn weergegeven in tabel 1.

De proef is aangelegd als split-plotproef in vier herhalingen. Ras en N-gift vormden de hoofdplots. Binnen elk hoofdplot zijn de subplots met de vanggewassen en de zaaimomenten opgenomen. De proefveldschema's zijn weergegeven in bijlage 2.

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

Object	Ras	Stikstofgift (kg N per ha)				N-vanggewas na oogst	Zaaitijd N-vang-gewas
		vóór poten ¹	vóór ruggen aanaarden	bij knol-zetting	totaal		
A	Fontane	100	85	90	275	geen	-
B	Fontane	100	85	90	275	winterrogge	4 ^e week sep
C	Fontane	100	85	90	275	winterrogge	1 ^e week okt
D	Fontane	100	85	90	275	Japanse haver	4 ^e week sep
E	Fontane	100	85	90	275	Japanse haver	1 ^e week okt
F	Fontane	100	85	90	275	wintergerst	4 ^e week sep
G	Fontane	100	85	90	275	wintergerst	1 ^e week okt
H	Fontane	100	45	70	215	geen	-
J	Fontane	100	45	70	215	winterrogge	4 ^e week sep
K	Fontane	100	45	70	215	winterrogge	1 ^e week okt
L	Fontane	100	45	70	215	Japanse haver	4 ^e week sep
M	Fontane	100	45	70	215	Japanse haver	1 ^e week okt
N	Fontane	100	45	70	215	wintergerst	4 ^e week sep
O	Fontane	100	45	70	215	wintergerst	1 ^e week okt
P	Agria	100	45	70	215	geen	-
Q	Agria	100	45	70	215	winterrogge	1 ^e week okt
R	Agria	100	45	70	215	winterrogge	3 ^e week okt
S	Agria	100	45	70	215	Japanse haver	1 ^e week okt
T	Agria	100	45	70	215	Japanse haver	3 ^e week okt
U	Agria	100	45	70	215	wintergerst	1 ^e week okt
V	Agria	100	45	70	215	wintergerst	3 ^e week okt
W	Agria	100	-	55	155	geen	-
X	Agria	100	-	55	155	winterrogge	1 ^e week okt
Y	Agria	100	-	55	155	winterrogge	3 ^e week okt
Z	Agria	100	-	55	155	Japanse haver	1 ^e week okt
AA	Agria	100	-	55	155	Japanse haver	3 ^e week okt
BB	Agria	100	-	55	155	wintergerst	1 ^e week okt
CC	Agria	100	-	55	155	wintergerst	3 ^e week okt

¹ Beoogde hoeveelheid forfaitair werkzame stikstof, toegediend via drijfmest. In 2018 is deze hoeveelheid gerealiseerd, maar in 2019 was de gift 30 kg N per ha lager door lagere nutriëntengehalten in de mest dan verwacht (zie bijlage 3). In 2020 kwam de gift uit op 95 kg werkzame N per ha.

2.2 Proefuitvoering

De bemesting met overige nutriënten dan stikstof aan de aardappelen en de gewasverzorging vond plaats volgens praktijk. De teeltgegevens zijn weergegeven in bijlage 3 en de weersgegevens (temperatuur en neerslag) in bijlage 4. Tijdens het groeiseizoen is de gewasontwikkeling van de aardappelen visueel beoordeeld.

De individuele proefveldjes waren 12 m lang en 4,5 m breed (zes rijen). De knolopbrengst is bepaald in de middelste twee rijen (1,5 m) over een lengte van 10,2 m netto. Alleen de bruto-opbrengst is vastgesteld. Vervolgens zijn per veldje aselekt monsters van 20 knollen uitgenomen, voor bepaling van het droge-stofgehalte en het N- en P-gehalte in de droge stof door Eurofins Agro te Wageningen. Aan de hand hiervan is de droge-stofproductie aan aardappelknollen berekend en de stikstof- en fosfaatopname in de knollen in kg per ha. Ook is het stikstofoverschot van de teelt berekend als: aanvoer van werkzame stikstof minus stikstofafvoer (i.c. stikstofopname in de knollen).

Na de aardappeloogst 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.

Na de aardappeloogst zijn de vanggewassen gezaaid volgens het proefplan. Er is 3 meter breed gezaaid (midden op de aardappelveldjes) over een lengte van 12 m. De zaaizaadhoeveelheden waren op alle zaaimomenten gelijk:

- winterrogge: 150 kg/ha
- wintergerst: 225 kg/ha
- Japanse haver: 100 kg/ha

Met deze zaaizaadhoeveelheden is beoogd om een plantdichtheid te creëren waarbij bij late zaai (in oktober en een dan nog te verwachten geringe groei van de planten) nog een redelijke goede grondbedekking wordt verkregen.

Tot aan de winter is de gewasontwikkeling en de mate van grondbedekking door de vanggewassen visueel beoordeeld.

Aan het einde van de winter is de bovengrondse verse massa van 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 stoppellenlengte van 5-7 cm is aangehouden, wat overeenkomt met de stoppellenlengte bij machinale oogst. Na wegen 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 aardappelen plus N-depositie minus N-verlies uit de meststoffen door ammoniakvervluchtiging minus N-afvoer met de geoogste knollen 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 op de proefvelden is op basis van RIVM-data van de landelijke verdeling van de stikstofdepositie in Nederland geschat op zo'n 35 kg N per ha in 2018 en 2019 en 30 kg N per ha in 2020. De N-aanvoer minus het ammoniakvervluchtigingsverlies is weergegeven in bijlage 3.

Aan het eind van de winter is ook per veldje de N_{min}-voorraad gemeten in de bodemlagen 0-30 cm, 30-60 cm en 60-90 cm. De N_{min} is bepaald in verse grond door Eurofins Agro.

De gewasanalyses van de monsters van de aardappelknollen en de groenbemesters 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. Hierin is de nitraatconcentratie gemeten door 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 stikstoflux). 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 stikstoflux is berekend als: waterflux * concentratie nitraat-N

in het grondwater. In bijlage 6 is een gedetailleerde beschrijving opgenomen van de berekening van de waterflux op de proefpercelen en in bijlage 7 van de uitvoering van de nitraatmetingen en de berekening van de stikstoflux. De berekende stikstoflux betreft de flux over de bemonsterde periode in de winter: ongeveer december, januari, februari en een deel van maart.

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

Verder is een N-bodembalans opgesteld 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.

Tot slot is de nitraatuitspoeling gesimuleerd met een modelberekening (bijlage 8) en zijn de door het model voorspelde nitraatconcentraties vergeleken met de gemeten nitraatconcentraties.

2.3 Verwerking van de resultaten

De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met het softwarepakket Genstat (19^e editie). Per proef is een variantieanalyse uitgevoerd gevolgd door een tweezijdige t-toets. Effecten van de behandelingen zijn als significant beoordeeld indien de F probability uit de variantieanalyse (F pr.) $\leq 0,05$ is en als zwak significant bij F pr. $> 0,05$ en $\leq 0,1$. 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 drie de jaren samen.

Beoordeeld zijn de effecten van ras en hoogte van de N-gift op de opbrengst, N-opname, N-overschot en N_{min} na oogst van aardappel. Indien er geen significant effect was van de hoogte van de N-gift bij beide aardappelrassen, maar wel een verschil tussen de rassen, is getoetst of het verschil tussen de rassen gemiddeld over de twee N-niveaus significant is.

Zaaimoment is in de proefopzet verstrengeld met aardappelras en N-gift, waardoor het effect van zaaimoment alleen kon worden getoetst binnen elke ras-N-combinatie. Het effect van wel of geen vanggewas en type vanggewas is beoordeeld gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaitijden en ook is getoetst of er een interactie-effect is tussen vanggewas en aardappelras, N-gift en zaaitijd. Als er sprake is van significant interactie-effect, verschilt het effect van wel of geen vanggewas of het effect van de vanggewassen onderling tussen de combinaties van aardappelras, N-gift en zaaitijd.

In een aantal gevallen is een lineaire-regressieanalyse uitgevoerd om te toetsen of er een verband is tussen twee bepaalde variabelen.

3 Resultaten

3.1 Resultaten hoofdgewas aardappel

3.1.1 Gewasontwikkeling aardappel en knolopbrengst

Het groeiseizoen van 2018 kenmerkte zich door een warme, zonnige en zeer droge zomer. 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.

Het aardappelgewas is in alle drie de jaren regelmatig beregend om het van voldoende vocht te voorzien (bijlage 3).

In de tabellen 2 t/m 4 zijn de waarnemingen van de gewasontwikkeling weergegeven van de drie proefjaren.

De hoogte van de N-gift had bij Fontane geen duidelijk zichtbaar effect op de loofontwikkeling in de zomer. Bij Agria was er in 2018 en 2019 wel een effect (een minder goede ontwikkeling bij de lagere N-gift), maar in 2020 niet.

In 2018 had de hoogte van de N-gift effect op de vroegheid van loofafsterving. Bij hogere N-gift bleef het loof wat langer groen in september c.q. stierf later af. Bij gelijke N-gift was er geen verschil in loofafsterving tussen de twee rassen. In 2019 en 2020 had de hoogte van de N-gift geen effect op de vroegheid van loofafsterving, maar was er juist een raseffect, dat tegengesteld was in beide jaren. In 2019 stierf het loof bij Agria eerder af dan bij Fontane, maar in 2020 stierf het bij Fontane juist eerder af dan bij Agria.

Tabel 2. Gewasontwikkeling aardappel in 2018

Ras	N-gift (kg/ha)	Gewasstand ¹		Bodembedekking met groen loof (%)		
		22 mei	26 juli	26 juli ²	6 sep	27 sep
Fontane	275	6,5 b	7,5 b	95	25 b	13 b
Fontane	215	6,1 b	7,3 b	93	21 b	10 b
Agria	215	2,8 a	8,0 c	98	19 ab	9 b
Agria	155	2,9 a	6,7 a	95	11 a	3 a
<i>F pr.</i>		0,002	<0,001	-	0,051	0,020

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

² Geen verschil tussen de herhalingen. De verschillen tussen de objecten waren in elke herhaling gelijk.

Tabel 3. Gewasontwikkeling aardappel in 2019

Ras	N-gift (kg/ha)	Gewasstand ¹			Kleur ² 6 aug	Bodembedekking groen loof (%)	
		28 mei	6 aug	3 sep		28 mei	3 sep
Fontane	245	7,0 a	7,8	3,4 ab	7,2 b	20 a	16 b
Fontane	185	7,1 a	7,3	3,9 b	7,0 b	20 a	15 ab
Agria	185	7,5 b	7,6	2,2 a	6,7 b	22 b	6 ab
Agria	125	7,5 b	7,3	2,1 a	4,8 a	23 b	7 a
<i>F pr.</i>		<0,001	<i>n.s.</i>	0,059	<0,001	<0,001	0,088
<i>F pr. Ras</i>							0,015

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

² Loofkleur: 1=zeer licht (geel), 9=donkergroen

Tabel 4. Gewasontwikkeling aardappel in 2020

Ras	N-gift (kg/ha)	Gewasstand ¹				Kleur ²		Bodembedekking (%) ³		
		26 mei	22 juni	5 aug	2 sep	22 juni	5 aug	26 mei	2 sep	14 sep
Fontane	270	6,9 a	7,9	7,9 b	3,5	8,5 b	8,0 b	16 a	13	1,2 a
Fontane	210	6,9 a	7,7	7,9 b	2,5	8,5 b	7,8 b	16 a	9	0,3 a
Agria	210	7,1 ab	7,7	7,7 a	3,2	7,5 a	7,6 a	19 b	12	2,5 ab
Agria	150	7,3 b	7,7	7,6 a	3,5	7,6 a	7,5 a	19 b	13	5,2 b
<i>F pr.</i>		0,021	<i>n.s.</i>	<0,001	<i>n.s.</i>	<0,001	<0,001	0,003	<i>n.s.</i>	0,028
<i>F pr. Ras</i>		0,006								0,011

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

² Loofkleur: 1=zeer licht (geel), 9=donkergroen

³ Bodembedekking met groen loof

3.1.2 Knolopbrengst, stikstof- en fosfaatafvoer en stikstofoverschot

In tabel 5 zijn van alle drie de proefjaren de knolopbrengsten weergegeven, in tabel 6 de droge-stofgehalten van de knollen, in tabel 7 de droge-stofopbrengsten, in tabel 8 de stikstofgehalten in de knollen, in tabel 9 de stikstofafvoer met de geoogste knollen, in tabel 10 het stikstofoverschot, in tabel 11 het fosforgehalte in de knollen en in tabel 12 de fosfaatafvoer.

De verlaagde N-gift:

- gaf in alle drie de jaren bij beide rassen een wat lagere knolopbrengst dan de hogere gift, maar het verschil was alleen in 2020 bij Agria significant;
- gaf geen lagere knoldroge-stofopbrengst in 2018, wel in 2019 en 2020, maar het verschil was alleen bij Agria in 2020 significant;
- leidde bij beide rassen tot een lager N-gehalte in de knollen alsook tot een lagere N-afvoer met de geoogste knollen.

Bij gelijke N-gift was het N-gehalte in 2019, alsook gemiddeld over de drie proefjaren, bij Agria significant hoger dan bij Fontane. De N-afvoer verschilde niet significant tussen beide rassen bij gelijke N-gift.

Het N-overschot (in dit geval werkzame N-gift minus N-afvoer) werd significant verlaagd door een lagere N-gift. Bij gelijke N-gift was er geen significant verschil tussen beide rassen voor het N-overschot.

De hoogte van de N-gift had geen significant effect op het fosforgehalte in de knollen, noch op de fosfaatafvoer. Ras had hier wel significant effect op: het gehalte was bij Agria hoger dan bij Fontane. Ook was de fosfaatafvoer in 2018, 2020 en gemiddeld over de drie jaren bij Agria significant hoger dan bij Fontane.

Tabel 5. Knolopbrengst (ton/ha) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			Knolopbrengst			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	58,5	69,1 b	65,5 b	64,4 a
Fontane	215	185	210	58,2	66,8 ab	64,1 ab	63,0 a
Agria	215	185	210	62,5	63,2 a	64,8 b	63,5 a
Agria	155	125	150	61,3	61,3 a	62,8 a	61,8 a
<i>F pr.</i>				<i>n.s.</i>	0,057	0,023	<i>n.s.</i>

Tabel 6. Droge-stofgehalte in de knollen (%) per jaar

Ras	N-gift (kg/ha)			Droge-stofpercentage		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Fontane	275	245	270	20,2 c	19,4 b	20,8
Fontane	215	185	210	20,2 c	19,9 b	20,8
Agria	215	185	210	19,0 a	18,7 a	20,5
Agria	155	125	150	19,5 b	18,7 a	20,3
<i>F pr.</i>				<0,001	0,006	<i>n.s.</i>

Tabel 7. Droge-stofopbrengst knollen (ton/ha) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			Droge-stofopbrengst			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	11,8	13,4 b	12,8 b	12,7 b
Fontane	215	185	210	11,8	13,2 b	12,5 ab	12,5 b
Agria	215	185	210	11,9	11,8 a	12,6 b	12,1 ab
Agria	155	125	150	12,0	11,5 a	12,2 a	11,9 a
<i>F pr.</i>				<i>n.s.</i>	0,013	0,023	0,056

Tabel 8. Stikstofgehalte in de knollen (g N per kg d.s.) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			Stikstofgehalte			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	17,0 c	14,6 b	15,3 b	15,7 d
Fontane	215	185	210	16,0 b	13,1 a	13,3 a	14,1 b
Agria	215	185	210	16,1 b	14,2 b	13,9 a	14,7 c
Agria	155	125	150	14,5 a	12,4 a	12,9 a	13,3 a
<i>F pr.</i>				<0,001	<0,001	0,006	<0,001

Tabel 9. Stikstofafvoer (kg N per ha) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			Stikstofafvoer			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	201 b	195 c	196 c	197 c
Fontane	215	185	210	188 ab	173 b	167 ab	176 b
Agria	215	185	210	191 ab	169 b	176 b	178 b
Agria	155	125	150	174 a	142 a	158 a	158 a
<i>F pr.</i>				0,097	<0,001	0,002	<0,001

Tabel 10. Overschot N-werkzaam¹ (kg N per ha) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			Stikstofoverschot			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	74 c	50 c	74 c	66 c
Fontane	215	185	210	27 b	12 b	43 b	27 b
Agria	215	185	210	24 b	16 b	34 b	25 b
Agria	155	125	150	-19 a	-17 a	-8 a	-15 a
<i>F pr.</i>				<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ N-overschot is hier berekend als: totaal werkzame N-gift minus N-afvoer

Tabel 11. Fosforgehalte in de knollen (g P per kg d.s.) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			P-gehalte			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	1,9 a	1,9 a	1,9 a	1,9 a
Fontane	215	185	210	1,9 a	1,9 a	1,9 a	1,9 a
Agria	215	185	210	2,1 b	2,3 b	2,0 b	2,2 b
Agria	155	125	150	2,2 b	2,2 b	2,1 b	2,2 b
<i>F pr.</i>				0,003	0,002	0,009	<0,001

Tabel 12. Fosfaatafvoer (kg P₂O₅ per ha) per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Ras	N-gift (kg/ha)			Fosfaatafvoer			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Fontane	275	245	270	53	57	55 ab	55 a
Fontane	215	185	210	52	58	54 a	55 a
Agria	215	185	210	58	64	59 c	60 b
Agria	155	125	150	60	58	58 bc	59 b
<i>F pr.</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,021	0,008
<i>F pr. Ras</i>				0,023	<i>n.s.</i>	0,005	0,001

3.1.3 Nmin in de bodem na oogst

In de tabellen 13 t/m 15 is de Nmin in de bodem na oogst weergegeven voor de afzonderlijke jaren. Het effect van ras en N-gift op de Nmin na oogst was wisselend per jaar. De Nmin na oogst in de laag 0-30 cm was bij gelijke N-gift in 2018 bij Fontane significant hoger dan bij Agria, maar in 2019 en 2020 niet. In 2020 was de Nmin na Fontane in de lagen 30-60 en 60-90 cm hoger dan bij Agria. In 2018 en 2019 was er geen significant effect op de Nmin in de lagen 30-60 en 60-90 cm.

Bij de hogere N-gift zat er na Fontane in 2018 meer N_{min} in de bodemlaag 0-90 cm dan bij de lagere N-gift. In 2019 was dit bij beide rassen het geval. In 2020 was er geen effect van de hoogte van de N-gift op de N_{min} 0-90 cm bij Fontane, maar wel bij Agria. Verder was de N_{min} bij gelijke N-gift bij Fontane hoger dan bij Agria.

Tabel 13. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de aardappelen in 2018

Ras	N-gift (kg/ha)	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	275	28 c	13	6	47 b
Fontane	215	24 b	11	4	38 a
Agria	215	19 a	11	4	34 a
Agria	155	20 a	10	3	33 a
F pr.		<0,001	n.s.	n.s.	0,020

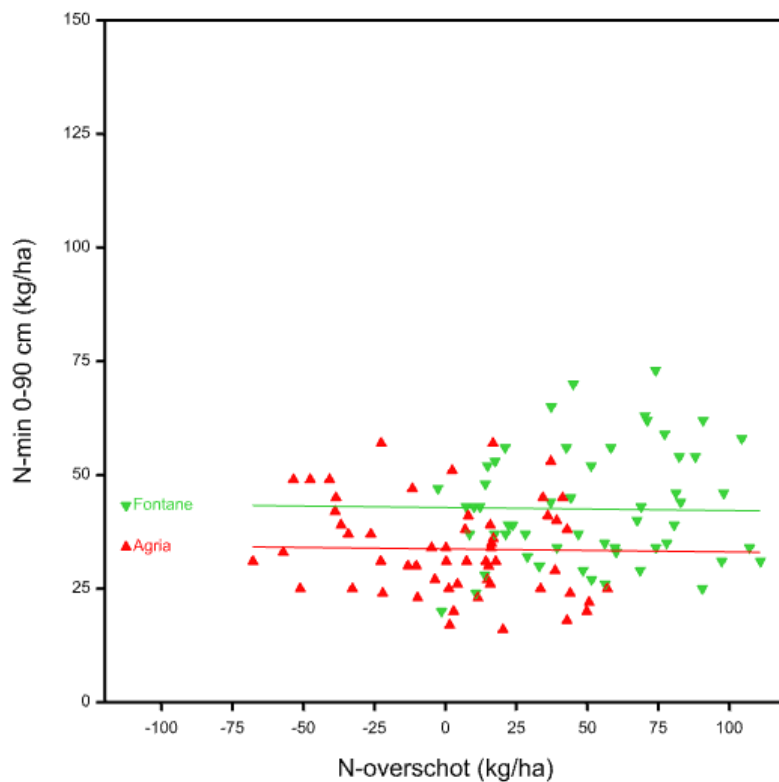
Tabel 14. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de aardappelen in 2019

Ras	N-gift (kg/ha)	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	245	51 b	14	5	70 b
Fontane	185	35 a	8	4	47 a
Agria	185	44 ab	12	7	62 ab
Agria	125	37 a	12	4	52 a
F pr.		0,032	n.s.	n.s.	0,049

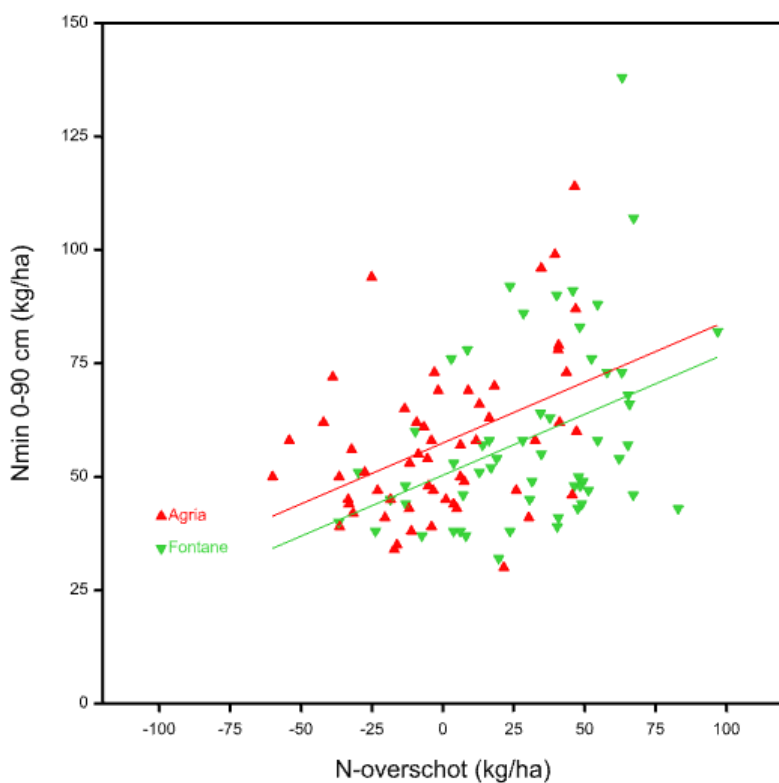
Tabel 15. N-mineraal in de bodem (kg N per ha) na oogst van de aardappelen in 2020

Ras	N-gift (kg/ha)	N-mineraal per bodemlaag			
		0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	270	32	11 b	12 b	54 c
Fontane	210	30	9 b	12 b	51 bc
Agria	210	30	6 a	6 a	42 a
Agria	150	33	9 b	7 a	49 b
F pr.		n.s.	0,016	0,003	0,002

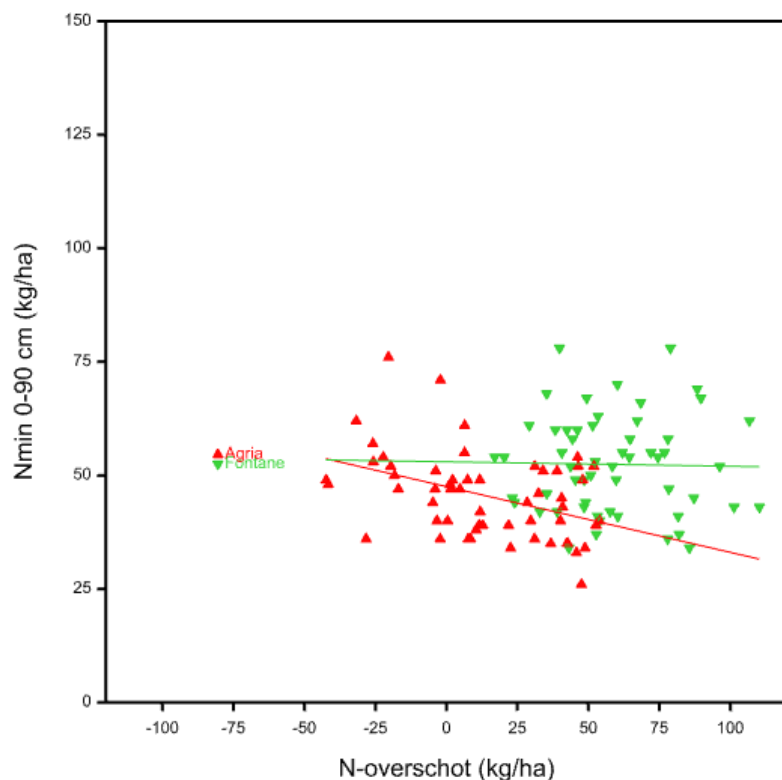
In verhouding tot de verschillen in overschot N-werkzaam (tabel 10) waren de verschillen in N_{min} na oogst gering of kwamen de verschillen in overschot niet tot uiting in de N_{min} na oogst. In de figuren 1, 2 en 3 is van alle veldjes per proef de N_{min} na oogst uitgezet tegen het overschot. De spreiding van de meetpunten was groot. Met behulp van lineaire regressie is door de punten een rechte lijn gefit om een trend aan te geven. In 2018 was er geen significante relatie tussen het N-overschot en de N_{min} na oogst (figuur 1). In 2019 was er wel een significant effect (t pr. richtingscoëfficiënt (r.c.) van de lijn = <0,001) en nam de N_{min} toe naarmate het overschot hoger was (figuur 2). Er was geen significant interactie-effect met ras: de trendrichting was voor beide rassen gelijk. In 2020 was er geen significant relatie bij Fontane maar wel bij Agria (t pr. r.c. van de lijn = 0,004). Het is echter wel opmerkelijk dat de N_{min} een dalende trend liet zien bij toename van het overschot. Het interactie-effect tussen ras en de relatie N_{min} – N-overschot was zwak significant (F pr = 0,085).



Figuur 1. *Nmin 0-90 cm na oogst uitgezet tegen overschot N-werkzaam in 2018 per veldje ($R^2 = 0,11$)*
(N-overschot is hier berekend als: totaal werkzame N-gift minus N-afvoer)



Figuur 2. *Nmin 0-90 cm na oogst uitgezet tegen overschot N-werkzaam in 2019 per veldje ($R^2 = 0,15$)*
(N-overschot is hier berekend als: totaal werkzame N-gift minus N-afvoer)



Figuur 3. Nmin 0-90 cm na oogst uitgezet tegen overschot N-werkzaam in 2020 per veldje ($R^2 = 0,15$)
(N-overschot is hier berekend als: totaal werkzame N-gift minus N-afvoer)

3.2 Resultaten vanggewassen

3.2.1 Gewasontwikkeling van de vanggewassen

In de tabellen 16 t/m 18 is de beoordeling van de gewasontwikkeling van de vanggewassen weergegeven in de drie afzonderlijke proefjaren.

3.2.1.1 Gewasontwikkeling vanggewassen najaar en winter 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.

Ondanks de droogte in het najaar ontwikkelden de vanggewassen zich, in verhouding tot het zaaimoment, vrij goed vóór de winter. Vroeger zaaien leidde tot een forser ontwikkeld gewas. De wintergerst ontwikkelde zich gemiddeld genomen wat minder goed dan de winterrogge en Japanse haver. De Japanse haver vormde een langer gewas dan de winterrogge en wintergerst, behalve bij het laatste zaaimoment (3^e week oktober).

De Japanse haver ging na vorst half januari afsterven. Toen is de droge-stofopbrengst en N-inhoud bepaald. Van de winterrogge en wintergerst zijn deze eind februari bepaald.

Tabel 16a. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2018 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Gewas- stand ² 20 nov	Grond- bedekking 20 nov (%)	Gewas- lengte (cm) bij oogst
Fontane	275	winterrogge	T1	8,3 h	85	11 d
Fontane	275	winterrogge	T2	7,3 defg	69	10 bcd
Fontane	275	Japanse haver	T1	8,3 h	89	30 f
Fontane	275	Japanse haver	T2	7,5 fg	73	25 e
Fontane	275	wintergerst	T1	7,0 bcde	84	10 bcd
Fontane	275	wintergerst	T2	6,9 bcd	68	10 bcd
Fontane	215	winterrogge	T1	8,1 h	83	11 cd
Fontane	215	winterrogge	T2	7,3 defg	69	11 cd
Fontane	215	Japanse haver	T1	8,1 h	85	30 f
Fontane	215	Japanse haver	T2	7,4 efg	71	24 e
Fontane	215	wintergerst	T1	7,0 bcde	84	10 bcd
Fontane	215	wintergerst	T2	7,0 bcde	66	10 abcd
Agria	215	winterrogge	T2	7,1 cdef	70	9 abcd
Agria	215	winterrogge	T3	6,0 a	15	8 abc
Agria	215	Japanse haver	T2	7,3 defg	70	25 e
Agria	215	Japanse haver	T3	5,9 a	14	9 abcd
Agria	215	wintergerst	T2	6,8 bc	68	9 abcd
Agria	215	wintergerst	T3	6,0 a	16	7 a
Agria	155	winterrogge	T2	7,6 g	70	9 abc
Agria	155	winterrogge	T3	6,0 a	15	8 abc
Agria	155	Japanse haver	T2	7,6 g	70	25 e
Agria	155	Japanse haver	T3	6,0 a	14	10 bcd
Agria	155	wintergerst	T2	6,6 b	66	9 abc
Agria	155	wintergerst	T3	5,8 a	16	8 ab
<i>F pr. interactie³</i>				0,002	<i>n.s.</i>	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

³ F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift.

Tabel 16b. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2018, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Gewas- stand ¹ 20 nov	Grond- bedekking 20 nov (%)	Gewas- lengte (cm) bij oogst
winterrogge	7,2 b	59 ab	10 a
Japanse haver	7,3 b	61 b	22 b
wintergerst	6,6 a	58 a	9 a
<i>F pr.</i>	<0,001	0,020	<0,001

¹ Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

Tabel 16c. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2018 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel ras	N-gift (kg/ha)	Zaai-moment ¹	Gewas-stand ² 20 nov	Grond-bedekking 20 nov (%)	Gewas-lengte (cm) bij oogst
Fontane	275	T1	7,8 d	86 c	17 c
Fontane	275	T2	7,2 bc	70 b	15 b
Fontane	215	T1	7,8 d	84 c	17 c
Fontane	215	T2	7,2 bc	69 b	15 b
Agria	215	T2	7,0 b	69 b	14 b
Agria	215	T3	6,0 a	15 a	8 a
Agria	155	T2	7,3 c	69 b	14 b
Agria	155	T3	5,9 a	15 a	9 a
<i>F pr. int.</i> ³			<0,001	<0,001	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

³ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.1.2 Gewasontwikkeling vanggewassen najaar en winter 2019

Ook in 2019 bleef het 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.

De groei van de in de 1^e week van oktober gezaaid vanggewassen startte beter dan die van de in de 4^e week van september gezaaide gewassen, doordat de grond begin oktober vochtiger was dan eind september. Vlak vóór de winter waren ze bij zaaien 1^e week oktober ook wat forser ontwikkeld dan bij zaaien 4^e week september. Bij zaaien 3^e week van oktober ontwikkelden de gewassen zich wat minder goed vóór de winter dan bij vroegere zaai. De in de 3^e week van oktober gezaaide Japanse haver was in sommige veldjes op 30 oktober nog nauwelijks opgekomen. Later in de herfst trok dit bij.

Over het geheel was de gewasontwikkeling van de vanggewassen in het najaar van 2019 minder goed dan in 2018. De wintergerst was uiteindelijk wat minder goed ontwikkeld dan de winterrogge en de Japanse haver. De Japanse haver vormde bij alle drie de zaaimomenten een langer gewas dan de winterrogge en wintergerst.

De Japanse haver stierf niet vroegtijdig door vorst af. De wintergerst vertoonde half januari bladvergeling: zo'n 10-20% van het blad was geel gekleurd.

Half februari 2020 is van alle vanggewassen de bovengrondse droge-stofopbrengst en N-inhoud bepaald.

Tabel 17a. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2019 per object

Aardappel ras	N-gift (kg/ha)	Vang gewas na oogst	Zaai ¹	Gewas-stand ² 30 okt	Grond-bedeckking 30 okt (%)	Gewas-stand ² 15 jan	Grond-bedeckking 15 jan (%)	Gewas-lengte (cm) bij oogst
Fontane	245	winterrogge	T1	7,4 cd	16 def	8,1	70	6 a
Fontane	245	winterrogge	T2	7,6 cd	18 fg	8,0	72	6 a
Fontane	245	Jap. haver	T1	7,9 cd	19 h	8,1	83	18 cd
Fontane	245	Jap. haver	T2	8,0 cd	15 cd	8,6	84	17 c
Fontane	245	wintergerst	T1	7,5 cd	16 cde	6,9	64	6 a
Fontane	245	wintergerst	T2	7,6 cd	15 cd	7,1	64	6 a
Fontane	185	winterrogge	T1	7,5 cd	17 ef	8,0	70	7 a
Fontane	185	winterrogge	T2	7,6 cd	15 cd	8,1	71	7 a
Fontane	185	Jap. haver	T1	7,8 cd	19 gh	8,0	81	19 cd
Fontane	185	Jap. haver	T2	8,1 cd	16 cde	8,1	84	19 cd
Fontane	185	wintergerst	T1	7,8 cd	18 fg	6,4	52	5 a
Fontane	185	wintergerst	T2	7,5 cd	14 c	6,6	53	6 a
Agria	185	winterrogge	T2	7,6 cd	17 ef	8,3	73	6 a
Agria	185	winterrogge	T3	8,0 cd	2 b	7,8	63	6 a
Agria	185	Jap. haver	T2	8,1 cd	15 cd	8,5	84	19 cd
Agria	185	Jap. haver	T3	0,0 a	0 a	7,9	65	13 b
Agria	185	wintergerst	T2	7,5 cd	17 ef	6,4	59	6 a
Agria	185	wintergerst	T3	7,5 cd	1 ab	6,6	53	6 a
Agria	125	winterrogge	T2	8,3 d	17 ef	8,3	73	6 a
Agria	125	winterrogge	T3	8,0 cd	3 b	7,6	66	7 a
Agria	125	Jap. haver	T2	8,1 cd	17 ef	8,3	83	19 d
Agria	125	Jap. haver	T3	1,5 b	0 a	7,8	69	12 b
Agria	125	wintergerst	T2	7,6 cd	18 fg	7,1	65	7 a
Agria	125	wintergerst	T3	7,3 c	1 a	6,5	53	6 a
<i>F pr. int.</i> ³			-	<0,001	<0,001	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

³ F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift.

Tabel 17b. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2019, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Gewas-stand ¹ 30 okt	Grond-bedeckking 30 okt (%)	Gewas-stand ¹ 15 jan	Grond-bedeckking 15 jan (%)	Gewas-lengte (cm) bij oogst
winterrogge	7,8 b	13 b	8,0 b	70 b	6 a
Japanse haver	6,2 a	13 b	8,2 b	79 c	17 b
wintergerst	7,5 b	12 a	6,7 a	58 a	6 a
<i>F pr.</i>	<0,001	0,030	<0,001	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

Tabel 17c. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2019 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Gewas- stand ² 30 okt	Grond- bedekking 30 okt (%)	Gewas- stand ² 15 jan	Grond- bedekking 15 jan (%)	Gewas- lengte (cm) bij oogst
Fontane	245	T1	7,6 b	17 d	7,7 bc	72 cd	10 b
Fontane	245	T2	7,8 b	16 c	7,9 c	73 cd	10 b
Fontane	185	T1	7,7 b	18 d	7,5 ab	68 b	10 b
Fontane	185	T2	7,8 b	15 b	7,6 abc	69 bc	10 b
Agria	185	T2	7,8 b	16 c	7,7 bc	72 cd	10 b
Agria	185	T3	5,2 a	1 a	7,4 ab	60 a	8 a
Agria	125	T2	8,0 b	17 d	7,9 c	74 d	11 b
Agria	125	T3	5,6 a	1 a	7,3 a	63 a	8 a
<i>F pr int.</i> ³			<0,001	<0,001	0,023	<0,001	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

³ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.1.3 Gewasontwikkeling vanggewassen najaar en winter 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.

De 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 was aanvankelijk beter naarmate vroeger was gezaaid, maar later nivelleerden de verschillen. De wintergerst was uiteindelijk wat minder goed ontwikkeld dan de winterrogge en Japanse haver. De Japanse haver vormde bij alle drie de zaaimomenten een langer gewas dan de winterrogge en wintergerst.

De Japanse haver ging na vorst begin februari afsterven. Toen is de droge-stofopbrengst en N-inhoud bepaald. Van de winterrogge en wintergerst zijn deze op 1 maart bepaald.

Tabel 18a. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2020 per object

Aardappel ras	N-gift (kg/ha)	Vang gewas na oogst	Zaai ¹	Gewas-stand ² 28 okt	Grond-bedekking 28 okt (%)	Gewas-stand ² 7 jan	Grond-bedekking 7 jan (%)	Gewas-lengte (cm) bij oogst
Fontane	270	winterrogge	T1	7,8 ghij	10 fg	7,8 de	74 hi	5 a
Fontane	270	winterrogge	T2	7,4 efgh	6 bc	7,9 e	57 cdef	5 a
Fontane	270	Jap. haver	T1	8,4 km	14 i	7,8 de	80 i	28 d
Fontane	270	Jap. haver	T2	7,6 efghi	6 bc	7,9 e	74 hi	24 c
Fontane	270	wintergerst	T1	8,0 ijklm	13 hi	6,4 a	59 defg	6 a
Fontane	270	wintergerst	T2	7,9 ijkl	10 f	6,6 a	47 abcd	6 a
Fontane	210	winterrogge	T1	7,8 hi	10 f	7,7 de	73 hi	5 a
Fontane	210	winterrogge	T2	7,1 cdef	5 bc	7,9 e	63 efgh	5 a
Fontane	210	Jap. haver	T1	8,3 jklm	12 gh	7,4 bcd	78 i	28 d
Fontane	210	Jap. haver	T2	7,3 defg	5 bc	8,0 e	71 ghi	24 c
Fontane	210	wintergerst	T1	7,9 hijklm	14 i	6,4 a	51 bcde	6 a
Fontane	210	wintergerst	T2	7,8 hi	8 de	6,7 a	46 abc	6 a
Agria	210	winterrogge	T2	7,1 de	5 bc	7,9 e	63 efgh	5 a
Agria	210	winterrogge	T3	6,6 bc	1 a	7,7 cde	35 a	5 a
Agria	210	Jap. haver	T2	7,6 fghi	5 b	7,9 e	69 fghi	24 c
Agria	210	Jap. haver	T3	6,1 a	1 a	7,9 e	48 abcd	15 b
Agria	210	wintergerst	T2	7,6 fghi	7 cd	6,6 a	39 ab	6 a
Agria	210	wintergerst	T3	6,8 bcd	1 a	7,3 bc	43 ab	6 a
Agria	150	winterrogge	T2	7,5 efghi	6 bc	8,0 e	68 fghi	5 a
Agria	150	winterrogge	T3	6,5 ab	1 a	7,8 de	41 ab	5 a
Agria	150	Jap. haver	T2	7,5 efghi	5 bc	8,1 e	75 hi	25 c
Agria	150	Jap. haver	T3	6,4 ab	1 a	8,0 e	48 bcd	16 b
Agria	150	wintergerst	T2	7,9 hijk	9 ef	6,7 a	42 ab	6 a
Agria	150	wintergerst	T3	6,8 bcd	1 a	7,2 b	42 ab	6 a
<i>F pr. int.</i> ³			-	0,004	0,001	0,021	0,004	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

³ F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift.

Tabel 18b. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2020, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Gewas-stand ¹ 30 okt	Grond-bedekking 30 okt (%)	Gewas-stand ¹ 15 jan	Grond-bedekking 15 jan (%)	Gewas-lengte (cm) bij oogst
winterrogge	7,2 a	5 a	7,8 b	59 b	5 a
Japanse haver	7,4 b	6 a	7,8 b	68 c	23 c
wintergerst	7,6 c	8 b	6,7 a	46 a	6 b
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

Tabel 18c. Gewasontwikkeling N-vanggewassen in 2020 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Gewas- stand ² 30 okt	Grond- bedekking 30 okt (%)	Gewas- stand ² 15 jan	Grond- bedekking 15 jan (%)	Gewas- lengte (cm) bij oogst
Fontane	270	T1	8,0 d	12 d	7,3 ab	71 d	13 c
Fontane	270	T2	7,6 bc	7 c	7,5 bc	59 b	12 b
Fontane	210	T1	8,0 cd	12 d	7,2 a	67 cd	13 c
Fontane	210	T2	7,4 b	6 bc	7,5 c	60 bc	12 b
Agria	210	T2	7,5 b	6 b	7,5 bc	57 b	12 b
Agria	210	T3	6,5 a	1 a	7,6 c	42 a	9 a
Agria	150	T2	7,6 bc	7 c	7,6 c	62 bc	12 b
Agria	150	T3	6,5 a	1 a	7,6 c	44 a	9 a
<i>F pr int.</i> ³			<0,001	<0,001	0,026	<0,001	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Beoordeling mate van gewasontwikkeling met een rapportcijfer: 1=zeer slecht, 9=zeer goed.

³ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.2 Droge-stofproductie, stikstofopname vanggewassen en N-overschot

In de tabellen 19 t/m 21 zijn de droge-stofproductie en N-opname van vanggewassen weergegeven in de drie afzonderlijke proefjaren.

3.2.2.1 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2018

In 2018 waren de bovengrondse droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen lager naarmate later werd gezaaid.

Gemiddeld over de rassen, N-giften en zaaimomenten gaf Japanse haver in 2018 een significant lagere bovengrondse droge-stofproductie dan winterrogge en wintergerst. Het N-gehalte in de droge stof was bij Japanse haver echter significant hoger dan bij winterrogge en wintergerst en de N-opname in de bovengrondse delen ook. Tussen wintergerst en winterrogge was er geen significant verschil voor de bovengrondse droge-stofproductie, het N-gehalte en de N-opname in de bovengrondse delen.

Bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen (215 kg/ha) en hetzelfde zaaimoment (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane significant hoger dan na Agria.

Bij zaaien in de 4^e week van september was de N-opname van de vanggewassen na Fontane bij de N-gift van 275 kg/ha significant hoger dan bij de gift van 215 kg/ha. Bij zaaien in de 1^e week van oktober na Fontane alsook bij zaaien na Agria in zowel de 1^e als 3^e week van oktober had de hoogte van de N-gift aan aardappel geen significant effect op de N-opname van de vanggewassen.

Tabel 19a. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2018 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
Fontane	275	winterrogge	T1	277 cd	19,4 abcd	38 ij	62 h
Fontane	275	winterrogge	T2	286 def	19,9 abcd	27 bcde	48 cde
Fontane	275	Japanse haver	T1	83 a	31,0 g	47 k	73 i
Fontane	275	Japanse haver	T2	83 a	37,5 i	36 hij	57 gh
Fontane	275	wintergerst	T1	314 fg	19,2 abcd	34 ghi	57 fgh
Fontane	275	wintergerst	T2	304 defg	20,6 bcde	33 fghi	56 fgh
Fontane	215	winterrogge	T1	304 defg	17,7 a	30 defg	52 defg
Fontane	215	winterrogge	T2	303 defg	18,0 ab	28 cdef	49 cdef
Fontane	215	Japanse haver	T1	82 a	29,8 fg	40 j	63 h
Fontane	215	Japanse haver	T2	82 a	35,5 hi	34 ghi	55 efg
Fontane	215	wintergerst	T1	326 g	18,7 abc	30 defg	52 defg
Fontane	215	wintergerst	T2	315 fg	20,2 abcd	31 efgh	54 efg
Agria	215	winterrogge	T2	281 de	19,9 abcd	24 bc	45 cd
Agria	215	winterrogge	T3	312 efg	21,9 de	11 a	28 ab
Agria	215	Japanse haver	T2	77 a	35,2 hi	27 bcde	43 c
Agria	215	Japanse haver	T3	246 bc	27,7 f	12 a	22 ab
Agria	215	wintergerst	T2	293 def	21,9 de	22 b	42 c
Agria	215	wintergerst	T3	287 def	23,4 e	12 a	29 b
Agria	155	winterrogge	T2	306 defg	18,5 abc	25 bcd	45 cd
Agria	155	winterrogge	T3	294 defg	21,0 cde	13 a	30 b
Agria	155	Japanse haver	T2	83 a	34,7 h	27 bcde	44 c
Agria	155	Japanse haver	T3	221 b	27,2 f	11 a	21 a
Agria	155	wintergerst	T2	313 efg	19,6 abcd	25 bcd	46 cd
Agria	155	wintergerst	T3	314 fg	19,9 abcd	13 a	29 b
<i>F pr. interactie²</i>				<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>0,082</i>	<i>0,036</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 19b. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2018, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
winterrogge	1291 b	19,5 a	25 a	45
Japanse haver	900 a	32,3 b	29 b	47
wintergerst	1257 b	20,4 a	25 a	46
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i>n.s.</i>

Tabel 19c. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2018 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
Fontane	275	T1	1747 e	23,2 abc	39 d	64 d
Fontane	275	T2	1312 cd	26,0 e	32 c	54 c
Fontane	215	T1	1557 e	22,1 a	33 c	56 c
Fontane	215	T2	1376 d	24,5 cde	31 c	53 c
Agria	215	T2	1000 b	25,6 de	24 b	43 b
Agria	215	T3	503 a	24,3 bcd	12 a	26 a
Agria	155	T2	1144 bc	24,3 bcd	26 b	45 b
Agria	155	T3	556 a	22,7 ab	12 a	27 a
<i>F pr. int.</i> ²			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.2.2 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2019

In 2019 waren de droge-stofproductie en de N-opname door de vanggewassen lager dan in 2018. Het zaaimoment had een zwakker effect op de droge-stofproductie en N-opname dan in 2018. De productie en N-opname waren het hoogste bij zaaien in de 1^e week van oktober. Gemiddeld over de rassen, N-giften en zaaimomenten was de bovengrondse droge-stofproductie bij wintergerst significant lager dan bij winterrogge en Japanse haver. Het N-gehalte in de droge stof was bij wintergerst hoger dan Japanse haver en winterrogge. Bij winterrogge was het ook hoger dan bij Japanse haver. De verschillen in N-opname in de bovengrondse delen waren gering en niet significant. De berekende totale N-opname was het hoogste bij winterrogge en het laagste bij Japanse haver. Bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen (185 kg/ha) en hetzelfde zaaimoment (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane hoger dan na Agria, evenals in 2018, maar het verschil was niet significant. De hoogte van de N-gift aan aardappel had in 2019 gemiddeld genomen geen duidelijk effect op de productie en N-opname van de vanggewassen.

Tabel 20a. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2019 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
Fontane	245	winterrogge	T1	920	25,0	22	42
Fontane	245	winterrogge	T2	896	24,7	21	41
Fontane	245	Japanse haver	T1	905	20,2	18	30
Fontane	245	Japanse haver	T2	1100	18,8	20	33
Fontane	245	wintergerst	T1	374	32,1	12	28
Fontane	245	wintergerst	T2	716	29,5	19	38
Fontane	185	winterrogge	T1	760	24,4	17	35
Fontane	185	winterrogge	T2	1120	26,1	28	49
Fontane	185	Japanse haver	T1	749	21,8	16	28
Fontane	185	Japanse haver	T2	889	24,1	21	36
Fontane	185	wintergerst	T1	560	29,9	17	35
Fontane	185	wintergerst	T2	959	29,6	28	49
Agria	185	winterrogge	T2	1118	25,3	26	47
Agria	185	winterrogge	T3	472	28,7	14	31
Agria	185	Japanse haver	T2	846	23,8	20	33
Agria	185	Japanse haver	T3	447	29,9	13	24
Agria	185	wintergerst	T2	504	34,0	15	32
Agria	185	wintergerst	T3	400	37,7	14	32
Agria	125	winterrogge	T2	628	28,1	17	36
Agria	125	winterrogge	T3	859	34,2	27	48
Agria	125	Japanse haver	T2	1019	25,3	26	42
Agria	125	Japanse haver	T3	631	25,3	16	28
Agria	125	wintergerst	T2	556	34,4	19	37
Agria	125	wintergerst	T3	462	40,2	17	36
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 20b. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2019, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
winterrogge	847 b	27,1 b	22	41 b
Japanse haver	823 b	23,6 a	19	32 a
wintergerst	566 a	33,4 c	18	36 ab
<i>F pr.</i>	<i>0,007</i>	<i><0,001</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,008</i>

Tabel 20c. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2019 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
Fontane	245	T1	733 bc	25,7 ab	17 a	33 ab
Fontane	245	T2	904 bc	24,3 a	20 ab	37 abc
Fontane	185	T1	690 abc	25,3 ab	17 a	33 ab
Fontane	185	T2	989 c	26,6 ab	26 ab	45 c
Agria	185	T2	823 bc	27,7 ab	20 ab	38 abc
Agria	185	T3	440 a	32,1 c	14 a	29 a
Agria	125	T2	734 bc	29,3 bc	21 ab	38 bc
Agria	125	T3	651 ab	33,2 c	20 ab	37 abc
<i>F pr int.²</i>			0,030	0,067	0,047	0,040

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

³ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.2.3 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen 2020

In 2020 waren de droge-stofproductie en de N-opname door de vanggewassen lager dan in 2018. De N-opname lag op een gelijk niveau als in 2019. De droge-stofproductie was wat hoger dan in 2019, maar de N-gehalten in de droge stof waren lager.

De droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen bij zaaien in de 4^e week van september en zaaien in de 1^e week van oktober lagen op een gelijk niveau. Bij zaaien in de 3^e week van oktober na Agria, waren de d.s.-productie en N-opname lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober. Verder waren bij zaaien in de 3^e week van oktober de d.s-productie en totale N-opname van Japanse haver significant lager dan van winterrogge en wintergerst.

Gemiddeld over de rassen, N-giften en zaaimomenten waren de bovengrondse droge-stofproductie en berekende totale N-opname het hoogste bij winterrogge en het laagste bij Japanse haver, maar de verschillen in N-opname waren klein. Het N-gehalte in de bovengrondse droge stof was het hoogste bij Japanse haver en het laagste bij winterrogge.

Bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen (210 kg/ha) en hetzelfde zaaimoment (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane wat hoger dan na Agria, evenals in 2018 en 2019, maar het verschil was niet significant.

De hoogte van de N-gift aan aardappel had in 2020 gemiddeld genomen geen duidelijk effect op de productie en N-opname van de vanggewassen.

Tabel 21a. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2020 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Fontane	270	winterrogge	T1	977 cdefg	19,6	19 cdef	38 bcd
Fontane	270	winterrogge	T2	1161 fghi	18,9	22 def	41 cd
Fontane	270	Japanse haver	T1	822 cde	26,4	22 def	36 bcd
Fontane	270	Japanse haver	T2	745 cde	29,6	23 def	38 bcd
Fontane	270	wintergerst	T1	929 cdef	24,2	23 def	43 cd
Fontane	270	wintergerst	T2	983 cdefg	21,2	20 cdef	40 bcd
Fontane	210	winterrogge	T1	1311 hi	17,4	23 def	43 cd
Fontane	210	winterrogge	T2	1251 ghi	19,6	24 ef	44 d
Fontane	210	Japanse haver	T1	897 cdef	24,7	22 def	37 bcd
Fontane	210	Japanse haver	T2	747 cde	28,9	21 def	36 bcd
Fontane	210	wintergerst	T1	994 cdefg	19,4	20 cdef	38 bcd
Fontane	210	wintergerst	T2	761 cde	22,6	17 abcd	35 bc
Agria	210	winterrogge	T2	1278 ghi	15,2	20 cdef	39 bcd
Agria	210	winterrogge	T3	1023 defgh	17,6	19 acdef	37 bcd
Agria	210	Japanse haver	T2	684 bc	26,0	18 abcde	31 ab
Agria	210	Japanse haver	T3	391 ab	30,8	12 ab	22 a
Agria	210	wintergerst	T2	737 cd	18,7	14 abc	31 ab
Agria	210	wintergerst	T3	695 bc	21,0	14 abc	32 b
Agria	150	winterrogge	T2	1365 i	16,1	21 cdef	40 bcd
Agria	150	winterrogge	T3	859 cdef	19,4	16 abcd	34 bc
Agria	150	Japanse haver	T2	919 cdef	27,6	25 f	41 cd
Agria	150	Japanse haver	T3	354 a	33,3	12 a	22 a
Agria	150	wintergerst	T2	878 cdef	18,7	16 abcd	34 bc
Agria	150	wintergerst	T3	1064 efghi	17,4	19 bcdef	38 bcd
<i>F pr. interactie²</i>				0,038	<i>n.s.</i>	0,048	0,027

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 21b. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2020, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
winterrogge	1153 c	17,9 a	20 b	40 c
Japanse haver	695 a	28,4 c	19 ab	33 a
wintergerst	880 b	20,4 b	18 a	36 b
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	0,098	<0,001

Tabel 21c. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2020 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	N-gehalte (g/kg d.s.)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname
Fontane	270	T1	909 bc	23,4 b	21 b	39 b
Fontane	270	T2	963 c	23,2 b	22 b	39 b
Fontane	210	T1	1067 c	20,5 a	22 b	39 b
Fontane	210	T2	920 bc	23,7 b	21 b	38 b
Agria	210	T2	900 bc	19,9 a	17 ab	33 ab
Agria	210	T3	703 a	23,1 b	15 a	30 a
Agria	150	T2	1054 c	20,8 a	21 b	39 b
Agria	150	T3	759 ab	23,3 b	16 a	31 a
<i>F pr. int.</i> ²			0,003	<0,001	0,078	0,048

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.2.4 Droge-stofproductie en N-opname vanggewassen over de drie jaren

Het effect van de objecten op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen verschild per jaar. Uit een analyse over de drie jaren samen kwam voor deze variabelen ook een significant interactie-effect naar voren tussen jaar en type vanggewas, zaaitijd en uitgangssituatie (aardappelras en N-gift). Om een beeld te kunnen vormen van de prestatie van de vanggewassen en het effect van zaaimoment, moeten de resultaten over meerdere jaren gemiddeld worden beschouwd. In tabel 22 zijn de droge-stofproductie en N-opname van vanggewassen gemiddeld over de drie jaren weergegeven.

Gemiddeld over de drie jaren en de vanggewassen verschild de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane niet wezenlijk bij zaaien in de 4^e week van september of zaaien in de 1^e week van oktober.

Bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen (N2) en hetzelfde zaaimoment (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane significant hoger dan na Agria. Het verschil in N-opname was het grootste bij wintergerst.

De droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Agria waren bij zaaien in de 3^e week van oktober significant lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober.

De hogere of lagere N-gift aan aardappel had gemiddeld over de jaren geen duidelijk effect op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen.

Gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten was de bovengrondse droge-stofproductie het hoogste bij winterrogge en het laagste bij Japanse haver. De verschillen in N-opname waren echter gering. De berekende totale N-opname was het hoogste bij winterrogge en verschild niet significant tussen Japanse haver en wintergerst.

Tabel 22a. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen per object gemiddeld over de drie proefjaren

Aardappelras	N-gift ² (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Fontane	N1	winterrogge	T1	1289	26 hij	47 i
Fontane	N1	winterrogge	T2	1139	23 efghi	43 fghi
Fontane	N1	Japanse haver	T1	1077	29 j	46 hi
Fontane	N1	Japanse haver	T2	935	26 ghij	43 efghi
Fontane	N1	wintergerst	T1	1023	23 efghi	43 efghi
Fontane	N1	wintergerst	T2	1105	24 fghij	45 ghi
Fontane	N2	winterrogge	T1	1255	23 efghi	43 fghi
Fontane	N2	winterrogge	T2	1321	27 ij	48 i
Fontane	N2	Japanse haver	T1	1000	26 ghij	43 efghi
Fontane	N2	Japanse haver	T2	868	26 ghij	42 efghi
Fontane	N2	wintergerst	T1	1059	22 defghi	42 defghi
Fontane	N2	wintergerst	T2	1096	25 ghij	46 ghi
Agria	N2	winterrogge	T2	1206	23 efghi	43 fghi
Agria	N2	winterrogge	T3	673	15 ab	32 b
Agria	N2	Japanse haver	T2	763	21 cdefgh	36 bcde
Agria	N2	Japanse haver	T3	432	12 a	23
Agria	N2	wintergerst	T2	754	17 abcd	35 bcd
Agria	N2	wintergerst	T3	541	14 ab	31 b
Agria	N3	winterrogge	T2	1116	21 cdefg	40 cdefgh
Agria	N3	winterrogge	T3	775	19 bcde	37 bcdef
Agria	N3	Japanse haver	T2	907	26 hij	43 efghi
Agria	N3	Japanse haver	T3	468	13 a	24 a
Agria	N3	wintergerst	T2	909	20 cdef	39 cdefg
Agria	N3	wintergerst	T3	723	16 abc	34 bc
<i>F pr. interactie³</i>				<i>n.s.</i>	<i>0,032</i>	<i>0,009</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020.

³ F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 22b. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten en over de drie proefjaren

Vanggewas na oogst	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
winterrogge	1097 c	22 b	42 b
Japanse haver	806 a	22 b	37 a
wintergerst	901 b	20 a	39 a
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i>0,022</i>	<i><0,001</i>

Tabel 22c. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na 2020 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten en over de drie proefjaren

Aardappel- ras	N-gift ² (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Boven- grondse droge stof (kg/ha)	Boven- grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Fontane	N1	T1	1130 d	26 d	45 d
Fontane	N1	T2	1060 cd	25 cd	43 cd
Fontane	N2	T1	1105 cd	24 bcd	43 cd
Fontane	N2	T2	1095 cd	26 d	45 d
Agria	N2	T2	908 b	21 b	38 b
Agria	N2	T3	548 a	14 a	29 a
Agria	N3	T2	977 bc	22 bc	41 bc
Agria	N3	T3	655 a	16 a	32 a
<i>F pr. int.</i> ³			<0,001	<0,001	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020.

³ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

Aangezien de hogere of lagere N-gift aan aardappel veelal geen effect had op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen (enkel in 2018 na Fontane bij zaaien in de 4^e week van september), zijn de resultaten van de vanggewassen nog een keer geanalyseerd gemiddeld over de beide N-niveaus per ras. De veldjes met de verschillende N-niveaus worden in dat geval herhalingen van de objecten aardappelras, vanggewas en zaaitijdstip en het onderscheidend vermogen wordt daardoor voor deze factoren hoger. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in de tabellen 22d en 22e.

Er was geen significant verschil in droge-stofproductie en N-opname tussen zaaien in de 4^e week van september en de 1^e week van oktober na Fontane. Bij zaaien in de 3^e week van oktober na Agria waren de droge-stofproductie en N-opname significant lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober na Agria.

Het effect van aardappelras en zaaitijd op de droge-stofproductie van de vanggewassen verschilde niet significant per gewassoort. Na Fontane waren er geen significante verschillen voor de totale N-opname door de vanggewassen per zaaimoment. Na Agria waren die er wel. Bij zaaien in de 1^e week van oktober was de totale N-opname van wintergerst significant lager dan van winterrogge. Bij zaaien in de 3^e week van oktober was er geen significant verschil tussen wintergerst en winterrogge, maar was de N-opname van Japanse haver significant lager dan van winterrogge en wintergerst. Het effect op de totale N-opname van de vanggewassen per zaaitijdstip en aardappelras is weergegeven in figuur 4.

Tabel 22d. Droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen gemiddeld over de drie jaren, bij de aardappelrassen, zaaimomenten en gewassoorten, gemiddeld over de N-giften.

Aardappelras	Vanggewas na oogst	Zaai-moment ¹	Boven-grondse droge stof (kg/ha)	Boven-grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Fontane	winterrogge	T1	1272	25 cde	45 e
Fontane	winterrogge	T2	1230	25 cde	45 e
Fontane	Japanse haver	T1	1038	27 e	44 e
Fontane	Japanse haver	T2	902	26 de	42 de
Fontane	wintergerst	T1	1041	22 cd	42 de
Fontane	wintergerst	T2	1100	25 cde	45 e
Agria	winterrogge	T2	1161	22 c	42 de
Agria	winterrogge	T3	724	17 b	35 bc
Agria	Japanse haver	T2	835	24 cde	39 cd
Agria	Japanse haver	T3	450	13 a	23 a
Agria	wintergerst	T2	832	19 b	37 bc
Agria	wintergerst	T3	632	15 ab	33 b
<i>F pr. interactie²</i>			<i>n.s</i>	<i>0,021</i>	<i>0,005</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

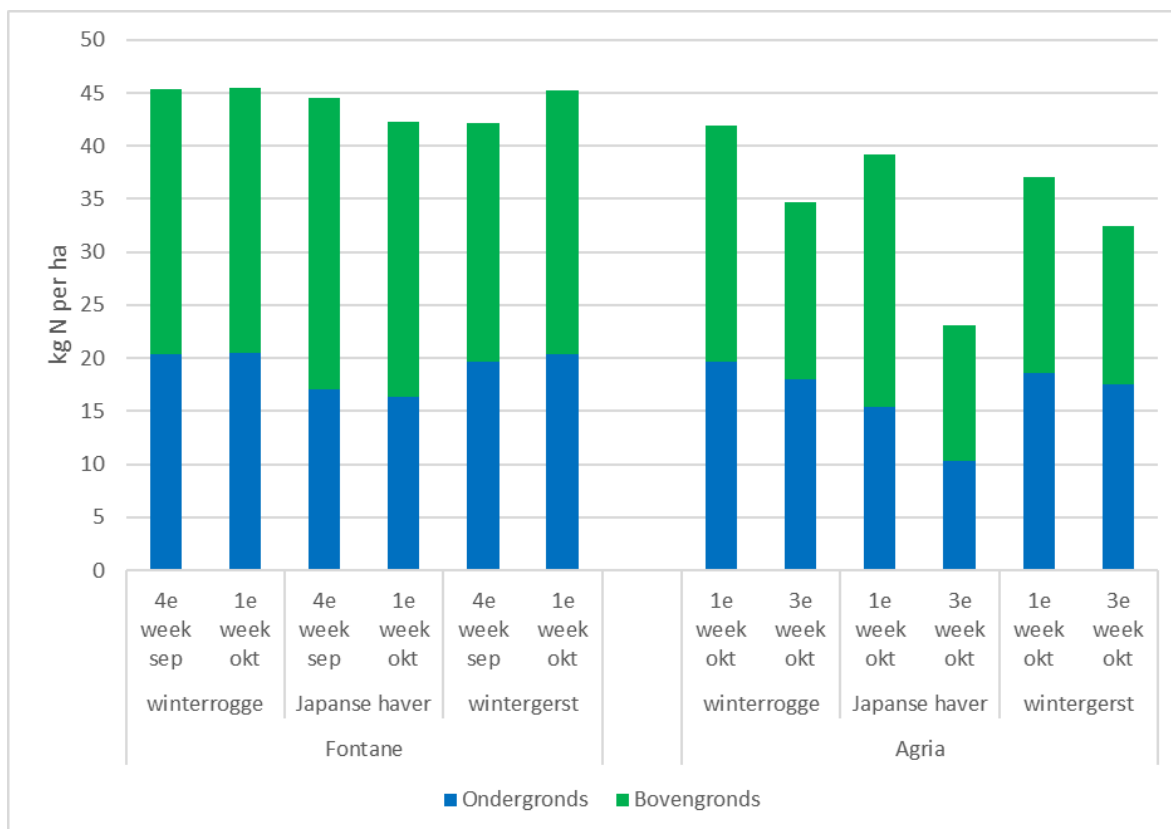
² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment en aardappelras

Tabel 22e. Droge-stofproductie, N-opname van de vanggewassen gemiddeld over de drie proefjaren, bij de aardappelrassen en zaaimomenten, gemiddeld over de N-giften en vanggewassen

Aardappel-ras	Zaai-moment ¹	Boven-grondse droge stof (kg/ha)	Boven-grondse N-opname (kg/ha)	Totale N-opname (kg/ha)
Fontane	T1	1117 c	25 c	44 c
Fontane	T2	1077 c	25 c	44 c
Agria	T2	942 b	22 b	40 b
Agria	T3	602 a	15 a	30 a
<i>F pr. interactie.²</i>		<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen aardappelras en zaaimoment van de vanggewassen



Figuur 4. N-opname door de vanggewassen per zaaimoment na de beide aardappelrassen, gemiddeld over de drie proefjaren. (Voor de bepaling van de verhouding tussen boven- en ondergrondse N-opname: zie bijlage 5).

3.2.2.5 Stikstofoverschot inclusief N-opname vanggewassen

In tabel 23 is het N-overschot weergegeven inclusief de N-opname door het vanggewas: N-totaalgift aan de aardappelen plus N-depositie minus ammoniakvervluchtigingsverlies minus N-afvoer met de geoogste knollen minus de vastgelegde stikstof in het vanggewas. Dit N-overschot was in alle drie de proefjaren bij de teelt van de vanggewassen lager dan bij braak. Gemiddeld over de drie jaren, de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten gaf winterrogge een wat sterkere verlaging van het overschot dan wintergerst en Japanse haver. Verder was het overschot bij de lagere N-gift aan de aardappelen lager dan bij de hogere N-gift.

Het effect van zaaitijdstip op het overschot was wisselend per jaar. Er was ook sprake van een significante interactie met jaar ($F_{pr.} = 0,032$). Gemiddeld over de drie jaren was er geen significant verschil tussen zaaien in de 4^e week van september en zaaien in de 1^e week van oktober en gaf zaaien in de 3^e week van oktober een minder sterkere verlaging van het overschot.

Tabel 23a. N-overschot incl. N-opname van de vanggewassen per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren, per object

Aardappelras	N-gift ² (kg/ha) na oogst	Vanggewas	Zaai- moment ¹	N-overschot incl. VG ³			Gemiddeld 2018-2020
				2018	2019	2020	
Fontane	N1	geen	-	155	124	168	149
Fontane	N1	winterrogge	T1	88	90	122	100
Fontane	N1	winterrogge	T2	116	75	116	102
Fontane	N1	Japanse haver	T1	92	99	113	102
Fontane	N1	Japanse haver	T2	108	82	122	104
Fontane	N1	wintergerst	T1	91	126	131	116
Fontane	N1	wintergerst	T2	96	98	121	105
Fontane	N2	geen	-	114	87	127	109
Fontane	N2	winterrogge	T1	52	43	90	62
Fontane	N2	winterrogge	T2	62	32	91	62
Fontane	N2	Japanse haver	T1	54	68	92	71
Fontane	N2	Japanse haver	T2	55	57	100	71
Fontane	N2	wintergerst	T1	57	62	92	70
Fontane	N2	wintergerst	T2	60	61	96	72
Agria	N2	geen	-	110	98	120	109
Agria	N2	winterrogge	T2	57	40	75	57
Agria	N2	winterrogge	T3	73	68	88	76
Agria	N2	Japanse haver	T2	66	70	99	78
Agria	N2	Japanse haver	T3	87	78	98	87
Agria	N2	wintergerst	T2	69	54	89	71
Agria	N2	wintergerst	T3	83	68	98	83
Agria	N3	geen	-	71	52	83	69
Agria	N3	winterrogge	T2	15	28	44	29
Agria	N3	winterrogge	T3	31	33	62	42
Agria	N3	Japanse haver	T2	28	22	33	28
Agria	N3	Japanse haver	T3	49	40	55	48
Agria	N3	wintergerst	T2	10	29	51	30
Agria	N3	wintergerst	T3	48	26	38	37
<i>F pr. interactie⁴</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Werkzame N-gift: N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020. De berekende totale N-aanvoer per object is weergegeven in tabel B3.1 in bijlage 3.

³ N-overschot incl. VG is berekend als: N-totaalgift aan de aardappelen plus N-depositie minus ammoniakvervluchtigingsverlies minus N-afvoer met de knollen minus N-opname vanggewas (VG).

⁴ F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 23b. N-overschot incl. N-opname van de vanggewassen per gewassoort, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren

Vanggewas na oogst	N-overschot incl. VG ¹			Gemiddeld 2018-2020
	2018	2019	2020	
geen	113 b	90 c	124 b	109 c
winterrogge	62 a	51 a	86 a	66 a
Japanse haver	67 a	64 b	89 a	74 b
wintergerst	64 a	65 b	89 a	73 b
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>

¹ N-overschot incl. VG is berekend als: N-totaalgift aan de aardappelen plus N-depositie minus ammoniakvervluchtigingsverlies minus N-afvoer met de knollen minus N-opname vanggewas (VG).

Tabel 23c. N-overschot incl. N-opname van de vanggewassen per jaar en gemiddeld over de drie proefjaren, bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift ¹ (kg/ha)	Zaai- moment ²	N-overschot incl. VG ³			Gemiddeld 2018-2020
			2018	2019	2020	
Fontane	N1	-	155 h	124 g	168 d	149 f
Fontane	N1	T1	91 de	105 fg	122 c	106 e
Fontane	N1	T2	106 f	85 de	120 c	104 e
Fontane	N2	-	114 eg	87 def	127 c	109 e
Fontane	N2	T1	54 bc	58 c	91 b	68 c
Fontane	N2	T2	59 bc	50 abc	96 b	68 c
Agria	N2	-	110 eg	98 efg	120 c	109 e
Agria	N2	T2	64 bc	55 bc	88 b	69 c
Agria	N2	T3	81 d	71 cd	94 b	82 d
Agria	N3	-	71 cd	52 abc	83 b	69 cd
Agria	N3	T2	18 a	26 a	43 a	29 a
Agria	N3	T3	43 b	33 ab	52 a	42 b
<i>F pr. int⁴</i>			<i><0,001</i>	<i>0,073</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,001</i>

¹ N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020.

² T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

³ N-overschot incl. VG is berekend als: N-totaalgift aan de aardappelen plus N-depositie minus ammoniakvervluchtigingsverlies minus N-afvoer met de knollen minus N-opname vanggewas (VG).

⁴ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.3 Nmin in de bodem aan het eind van de winter

In de tabellen 24 t/m 26 is de gemeten hoeveelheid N-mineraal in de bodem aan het einde van de winter weergegeven voor de drie afzonderlijke proefjaren. De Nmin in de bodem aan het einde van de winter was algeheel laag en de verschillen tussen de objecten waren over het algemeen klein. In 2018/2019 was de Nmin in de laag 0-90 cm na Japanse haver significant hoger dan na winterrogge, wintergerst en braak, waarschijnlijk omdat er uit de afgevroren Japanse haver stikstof is vrijgekomen. Hoewel de mineralisatie uit afgestorven of ondergewerkte groenbemesters in de winter door lagere temperaturen trager verloopt, is het zeker niet verwaarloosbaar (Van Schöll et al., 1997; Vogeler et al., 2022). Bij braak was de Nmin 0-90 cm significant hoger dan bij winterrogge en wintergerst.

In 2019/2020 was de Nmin 0-90 cm aan het einde van de winter bij braak significant hoger dan bij de vanggewasobjecten. Bij wintergerst was het significant hoger dan bij winterrogge en Japanse haver, met name in de laag 0-30 cm. Geconstateerd was dat de gerst bladvergeling vertoonde (paragraaf 3.2.1). Waarschijnlijk is er blad afgestorven en is daaruit stikstof vrijgekomen.

In 2020/2021 was de Nmin 0-90 cm aan het einde van de winter bij braak significant hoger dan bij de vanggewasobjecten en was er tussen de vanggewasobjecten onderling geen verschil.

Het zaaimoment van de vanggewassen had na 2018 en na 2020 geen wezenlijk effect op de Nmin aan het einde van de winter. Na 2019 had het wel effect, maar het verschilde per vanggewas en voorafgaande aardappelras.

In alle jaren werd de hoeveelheid stikstof die bij de braakobjecten niet is vastgelegd ten opzichte van de vanggewasobjecten (tabel 23), niet teruggevonden in de Nmin 0-90 cm na de winter.

Tabel 24a. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2018/2019 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Nmin per bodemlaag			
				0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	275	geen	-	3	2	4	9
Fontane	275	winterrogge	T1	2	2	2	6
Fontane	275	winterrogge	T2	2	2	3	7
Fontane	275	Japanse haver	T1	8	9	3	20
Fontane	275	Japanse haver	T2	8	9	3	19
Fontane	275	wintergerst	T1	2	2	2	6
Fontane	275	wintergerst	T2	2	2	2	6
Fontane	215	geen	-	3	3	5	11
Fontane	215	winterrogge	T1	5	5	3	13
Fontane	215	winterrogge	T2	2	2	2	6
Fontane	215	Japanse haver	T1	8	8	3	19
Fontane	215	Japanse haver	T2	8	7	2	16
Fontane	215	wintergerst	T1	2	2	2	6
Fontane	215	wintergerst	T2	2	2	2	6
Agria	215	geen	-	3	3	6	12
Agria	215	winterrogge	T2	2	2	2	6
Agria	215	winterrogge	T3	2	2	2	6
Agria	215	Japanse haver	T2	5	4	2	11
Agria	215	Japanse haver	T3	3	2	2	7
Agria	215	wintergerst	T2	2	3	2	7
Agria	215	wintergerst	T3	2	2	2	6
Agria	155	geen	-	2	2	4	8
Agria	155	winterrogge	T2	2	2	2	6
Agria	155	winterrogge	T3	2	2	2	6
Agria	155	Japanse haver	T2	3	3	2	9
Agria	155	Japanse haver	T3	4	3	2	9
Agria	155	wintergerst	T2	2	2	2	6
Agria	155	wintergerst	T3	2	2	2	6
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 24b. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2018/2019, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nmin per bodemlaag			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
geen	2 a	3 a	5 b	10 b
winterrogge	2 a	2 a	2 a	7 a
Japanse haver	6 b	5 b	2 a	14 c
wintergerst	2 a	2 a	2 a	6 a
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tabel 24c. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2018/2019 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Nmin per bodemlaag			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	275	-	3	2	4	9
Fontane	275	T1	4	4	2	11
Fontane	275	T2	4	4	3	11
Fontane	215	-	3	3	5	11
Fontane	215	T1	5	5	3	13
Fontane	215	T2	4	4	2	9
Agria	215	-	3	3	6	12
Agria	215	T2	3	3	2	8
Agria	215	T3	2	2	2	6
Agria	155	-	2	2	4	8
Agria	155	T2	2	2	2	7
Agria	155	T3	3	2	2	7
<i>F pr. int.</i> ²			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

Tabel 25a. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2019/2020 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Nmin per bodemlaag			
				0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	245	geen	-	8 cdef	5 c	7	19 klm
Fontane	245	winterrogge	T1	3 a	2 a	2	7 abc
Fontane	245	winterrogge	T2	3 a	2 a	2	7 abc
Fontane	245	Japanse haver	T1	3 a	2 a	2	7 abc
Fontane	245	Japanse haver	T2	5 abc	2 a	2	9 abcdef
Fontane	245	wintergerst	T1	8 cdef	2 a	3	12 bdefghij
Fontane	245	wintergerst	T2	8 cdef	3 abc	2	13 efghij
Fontane	185	geen	-	8 cdef	3 abc	5	15 ghijk
Fontane	185	winterrogge	T1	3 a	2 a	2	7 abcd
Fontane	185	winterrogge	T2	3 a	2 a	2	7 abcd
Fontane	185	Japanse haver	T1	8 cdef	3 ab	2	12 bcefghij
Fontane	185	Japanse haver	T2	5 abcd	2 a	2	9 abcdef
Fontane	185	wintergerst	T1	8 cdef	3 abc	3	14 fghijk
Fontane	185	wintergerst	T2	10 f	4 abc	4	18 jkl
Agria	185	geen	-	9 ef	7 d	8	24 mn
Agria	185	winterrogge	T2	3 a	2 a	2	7 ab
Agria	185	winterrogge	T3	5 abcd	2 a	3	10 abcdefg
Agria	185	Japanse haver	T2	4 ab	2 a	2	8 abcde
Agria	185	Japanse haver	T3	7 bcde	3 ab	2	11 abcdefghi
Agria	185	wintergerst	T2	14 g	7 d	6	27 n
Agria	185	wintergerst	T3	10 f	4 abc	3	16 ijk
Agria	125	geen	-	10 ef	7 d	6	23 lmn
Agria	125	winterrogge	T2	2 a	2 a	2	6 a
Agria	125	winterrogge	T3	5 abcd	2 a	3	10 abcdefgh
Agria	125	Japanse haver	T2	3 ab	2 a	2	7 abcde
Agria	125	Japanse haver	T3	5 abcd	2 a	3	10 abcdefgh
Agria	125	wintergerst	T2	9 def	4 abc	3	15 gijk
Agria	125	wintergerst	T3	10 ef	4 bc	4	18 jkl
<i>F pr. interactie²</i>				0,082	0,084	<i>n.s.</i>	0,010

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 25b. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2019/2020, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nmin per bodemlaag			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
geen	8 c	6 c	6 c	20 c
winterrogge	3 a	2 a	2 a	7 a
Japanse haver	5 b	2 a	2 a	9 a
wintergerst	10 c	4 b	3 b	17 b
<i>F pr.</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Tabel 25c. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2019/2020 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Nmin per bodemlaag			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	245	-	8	5	7	19
Fontane	245	T1	4	2	2	8
Fontane	245	T2	5	2	2	9
Fontane	185	-	8	3	5	15
Fontane	185	T1	6	3	2	11
Fontane	185	T2	6	3	3	11
Agria	185	-	9	7	8	24
Agria	185	T2	7	4	3	14
Agria	185	T3	7	3	2	12
Agria	125	-	10	7	6	23
Agria	125	T2	5	3	2	10
Agria	125	T3	7	3	3	12
<i>F pr. int.</i> ²			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

Tabel 26a. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2020/2021 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Nmin per bodemlaag			
				0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	270	geen	-	5	3	2	10
Fontane	270	winterrogge	T1	2	2	2	6
Fontane	270	winterrogge	T2	2	3	2	7
Fontane	270	Japanse haver	T1	2	3	2	7
Fontane	270	Japanse haver	T2	2	2	2	6
Fontane	270	wintergerst	T1	2	3	2	7
Fontane	270	wintergerst	T2	2	3	3	8
Fontane	210	geen	-	5	2	4	11
Fontane	210	winterrogge	T1	2	2	2	6
Fontane	210	winterrogge	T2	2	2	2	6
Fontane	210	Japanse haver	T1	2	2	3	7
Fontane	210	Japanse haver	T2	3	2	2	7
Fontane	210	wintergerst	T1	2	2	2	6
Fontane	210	wintergerst	T2	2	2	2	6
Agria	210	geen	-	4	2	2	8
Agria	210	winterrogge	T2	2	2	2	6
Agria	210	winterrogge	T3	3	2	2	7
Agria	210	Japanse haver	T2	2	2	2	6
Agria	210	Japanse haver	T3	3	2	2	7
Agria	210	wintergerst	T2	2	2	2	6
Agria	210	wintergerst	T3	2	2	2	6
Agria	150	geen	-	4	3	3	9
Agria	150	winterrogge	T2	2	2	2	6
Agria	150	winterrogge	T3	2	2	2	6
Agria	150	Japanse haver	T2	2	2	2	6
Agria	150	Japanse haver	T3	2	2	2	6
Agria	150	wintergerst	T2	2	2	2	6
Agria	150	wintergerst	T3	3	2	3	8
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 26b. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2020/2021, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nmin per bodemlaag			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
geen	4 b	2	3 b	9 b
winterrogge	2 a	2	2 a	6 a
Japanse haver	2 a	2	2 a	6 a
wintergerst	2 a	2	2 a	6 a
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,025</i>	<i><0,001</i>

Tabel 26c. Nmin-voorraad (kg N per ha) in de bodem eind winter 2020/2021 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Nmin per bodemlaag			
			0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	0-90 cm
Fontane	270	-	5	3	2	10
Fontane	270	T1	2	2	2	6
Fontane	270	T2	2	2	2	7
Fontane	210	-	5	2	4	11
Fontane	210	T1	2	2	2	6
Fontane	210	T2	2	2	2	6
Agria	210	-	4	2	2	8
Agria	210	T2	2	2	2	6
Agria	210	T3	2	2	2	6
Agria	150	-	4	3	3	9
Agria	150	T2	2	2	2	6
Agria	150	T3	2	2	2	7
<i>F pr. int.</i> ²			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.4 Nitraatconcentraties ondiepe grondwater en N-flux

In de tabellen 27 t/m 29 zijn de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in de winterperiode weergegeven voor de drie afzonderlijke proeffjaren en de stikstoflux. De stikstoflux is de berekende, uitgespoelde hoeveelheid stikstof (N) in kg per ha (zie bijlage 7 voor de berekeningswijze). In de tabellen is ook gemiddelde diepte van de grondwaterstand in het proefveld op de dag van bemonstering vermeld. De variatie in grondwaterstand binnen het proefveld (laagste en hoogste waarde) is in tabel B3.2 in bijlage 3 vermeld.

3.2.4.1 Nitraatconcentraties en N-flux winterperiode 2018/2019

In de winter van 2018/2019 was de nitraatconcentratie begin december het laagste en bedroeg gemiddeld 83 mg/l. Daarna liep het op. Eind januari was de nitraatconcentratie het hoogste: gemiddeld 131 mg/l. Daarna daalde het iets in februari en maart.

Tot en met eind januari was er nog geen duidelijk effect van de vanggewasobjecten op de nitraatconcentratie. Daarna ontstonden er wel verschillen. De nitraatconcentratie was in februari en maart het hoogste bij braak en het laagste bij wintergerst. Ook de berekende N-flux was het hoogste bij braak en het laagste bij wintergerst. De onderlinge verschillen waren echter klein. De N-flux werd gemiddeld 2-6 kg N per ha verlaagd door de teelt van vanggewassen (tabel 27b).

De verlaagde N-gift aan aardappel had bij braak geen significant effect op de nitraatconcentratie in het grondwater noch op de N-flux. Wel leek er sprake van een wisselwerking met de teelt van een vanggewas, hoewel de verschillen niet alle significant waren (tabel 27c). Na Fontane 275N gaven de vanggewassen geen verlaging van de nitraatconcentratie en de N-flux en na Fontane 215N wel. Bij Agria 215N en 155N gaven ze ook een verlaging van de nitraatconcentratie en de N-flux bij zaaien 1^e week oktober, maar bij zaaien 3^e week oktober niet tot in geringe mate.

Bij gelijke N-gift was er geen significant verschil tussen de Fontane en Agria wat betreft de nitraatconcentratie en de N-flux bij braak en ook was er hiervoor geen significant verschil tussen beide rassen bij gelijke N-gift en hetzelfde moment van zaaien van de vanggewassen (1^e week oktober).

Tabel 27a. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2018/2019 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Nitraatconcentratie				N-flux
				3 dec	29 jan	19 feb	11 mrt	
Fontane	275	geen	-	116	130	124	129	40
Fontane	275	winterrogge	T1	94	171	156	138	47
Fontane	275	winterrogge	T2	103	169	155	159	50
Fontane	275	Japanse haver	T1	121	132	122	124	39
Fontane	275	Japanse haver	T2	64	142	130	143	43
Fontane	275	wintergerst	T1	79	135	125	123	39
Fontane	275	wintergerst	T2	81	126	117	122	38
Fontane	215	geen	-	72	155	126	118	40
Fontane	215	winterrogge	T1	55	123	101	96	32
Fontane	215	winterrogge	T2	70	152	118	97	35
Fontane	215	Japanse haver	T1	79	116	98	94	31
Fontane	215	Japanse haver	T2	121	138	104	103	34
Fontane	215	wintergerst	T1	57	119	95	82	29
Fontane	215	wintergerst	T2	61	131	101	89	31
Agria	215	geen	-	94	142	149	139	44
Agria	215	winterrogge	T2	73	105	86	102	31
Agria	215	winterrogge	T3	74	162	152	133	45
Agria	215	Japanse haver	T2	112	126	125	115	37
Agria	215	Japanse haver	T3	71	145	130	146	44
Agria	215	wintergerst	T2	57	107	104	111	34
Agria	215	wintergerst	T3	72	139	130	129	41
Agria	155	geen	-	108	120	131	142	42
Agria	155	winterrogge	T2	75	102	108	114	34
Agria	155	winterrogge	T3	80	120	143	135	42
Agria	155	Japanse haver	T2	92	119	107	97	32
Agria	155	Japanse haver	T3	65	124	127	125	39
Agria	155	wintergerst	T2	70	127	118	117	37
Agria	155	wintergerst	T3	122	105	112	99	32
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Gemiddelde grondwaterstand in het proefveld (cm -mv):				190	131	115	113	

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 27b. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2018/2019, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nitraatconcentratie				N-flux
	3 december	29 januari	19 februari	11 maart	
geen	98	137	132 c	132 b	41 b
winterrogge	78	138	127 bc	122 ab	39 b
Japanse haver	91	130	118 ab	118 ab	38 ab
wintergerst	75	124	113 a	109 a	35 a
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,022	0,060	0,025

Tabel 27c. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2018/2019 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Nitraatconcentratie				N-flux	
			3 december	29 januari	19 februari	11 maart		
Fontane	275	-	116	130 abcd	124 abc	129	40	abcd
Fontane	275	T1	98	146 abcd	134 abc	128	42	abcd
Fontane	275	T2	82	146 abcd	134 abc	141	44	bcd
Fontane	215	-	72	155 abd	126 bc	118	40	bcd
Fontane	215	T1	63	119 abc	98 a	90	30	a
Fontane	215	T2	84	141 abcd	108 abc	96	34	ab
Agria	215	-	94	142 abcd	149 c	139	44	bd
Agria	215	T2	81	113 a	105 ab	109	34	abc
Agria	215	T3	72	149 bcd	137 ac	136	43	bd
Agria	155	-	108	120 abcd	131 abc	142	42	abcd
Agria	155	T2	79	116 ab	111 abc	109	35	abcd
Agria	155	T3	89	116 ab	128 abc	119	38	abcd
<i>F pr. int.</i> ²			<i>n.s.</i>	<i>0,013</i>	<i>0,009</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,019</i>	

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.4.2 Nitraatconcentraties en N-flux winterperiode 2019/2020

In de winter van 2019/2020 was de nitraatconcentratie, evenals in de winter ervoor, eind januari het hoogste: gemiddeld 114 mg/l. Daarna daalde het gehalte sterk tot gemiddeld <50 mg/l in maart. Tot en met eind januari was er nog geen duidelijk effect van de vanggewasobjecten op de nitraatconcentratie. In maart was er wel een duidelijk effect: de nitraatconcentratie was aanmerkelijk verlaagd door de teelt van vanggewassen en ook de N-flux was lager. Daarbij was de gemiddelde nitraatconcentratie alsook de N-flux bij winterrogge en Japanse haver significant lager dan bij wintergerst (tabel 28b).

Er was geen duidelijke effect van de N-gift aan aardappel op de nitraatconcentratie in het grondwater dan wel de N-flux. Wel leek er sprake van een wisselwerking met zaaimoment van de vanggewassen (tabel 28c). Na Fontane 245N en Agria 185N had het zaaimoment geen effect op de nitraatconcentratie of de N-flux. Na Fontane 185N waren de nitraatconcentratie en de N-flux bij zaaien 1^e week oktober hoger dan bij zaaien 4^e week september. Na Agria 125N was het bij zaaien in de 3^e week van oktober iets hoger dan bij zaaien in de 1^e week van oktober (n.s.).

Bij gelijke N-gift waren de nitraatconcentratie en de N-flux bij braak bij Agria hoger dan bij Fontane, maar de verschillen waren niet significant. Bij gelijke N-gift en op hetzelfde moment zaaien van de vanggewassen (1e week oktober), was er geen verschil na Fontane en Agria.

Tabel 28a. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2019/2020 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Nitraatconcentratie				N-flux
				21 nov	22 jan	6 mrt	24 mrt	
Fontane	245	geen	-	72 defg	103	75	73	43
Fontane	245	winterrogge	T1	61 abcdefg	99	14	16	15
Fontane	245	winterrogge	T2	68 cdefg	119	18	18	18
Fontane	245	Japanse haver	T1	83 g	111	44	39	28
Fontane	245	Japanse haver	T2	78 fg	143	19	19	20
Fontane	245	wintergerst	T1	70 cdefg	131	35	29	25
Fontane	245	wintergerst	T2	61 abcdefg	120	38	38	28
Fontane	185	geen	-	49 abcd	92	70	82	44
Fontane	185	winterrogge	T1	62 abcdefg	104	21	22	18
Fontane	185	winterrogge	T2	69 cdefg	97	46	38	27
Fontane	185	Japanse haver	T1	50 abcd	81	21	20	16
Fontane	185	Japanse haver	T2	50 abcd	92	46	43	28
Fontane	185	wintergerst	T1	54 abcde	94	39	31	24
Fontane	185	wintergerst	T2	60 abcdefg	121	50	46	32
Agria	185	geen	-	51 abcd	142	91	91	55
Agria	185	winterrogge	T2	71 defg	134	33	30	26
Agria	185	winterrogge	T3	39 a	114	18	37	23
Agria	185	Japanse haver	T2	64 bcdefg	124	39	29	25
Agria	185	Japanse haver	T3	63 bcdefg	137	46	39	31
Agria	185	wintergerst	T2	63 bcdefg	132	63	62	40
Agria	185	wintergerst	T3	75 efg	129	68	59	40
Agria	125	geen	-	57 abcdef	139	101	90	56
Agria	125	winterrogge	T2	55 abcde	101	30	16	18
Agria	125	winterrogge	T3	49 abcd	101	28	29	22
Agria	125	Japanse haver	T2	44 ab	120	12	20	18
Agria	125	Japanse haver	T3	63 bcdefg	98	50	49	31
Agria	125	wintergerst	T2	48 abc	111	58	53	35
Agria	125	wintergerst	T3	70 defg	115	49	46	32
<i>F pr. interactie²</i>				0,057	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Gemiddelde grondwaterstand in het proefveld (cm -mv):				190	151	82	109	

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 28b. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2019/2020, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nitraatconcentratie				N-flux
	21 november	22 januari	6 maart	24 maart	
geen	57	119	84 c	84 c	49 c
winterrogge	59	109	26 a	26 a	21 a
Japanse haver	62	113	34 a	32 a	25 a
wintergerst	63	119	50 b	45 b	32 b
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<0,001	<0,001	<0,001

Tabel 28c. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2019/2020 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Nitraatconcentratie				N-flux
			21 november	22 januari	6 maart	24 maart	
Fontane	245	-	72	103	75 cd	73 c	43 cd
Fontane	245	T1	71	114	31 ab	28 ab	23 ab
Fontane	245	T2	69	127	25 a	25 ab	22 ab
Fontane	185	-	49	92	70 cd	82 c	44 d
Fontane	185	T1	55	93	27 a	24 a	19 a
Fontane	185	T2	60	103	47 b	42 b	29 b
Agria	185	-	51	142	91 cd	91 c	55 d
Agria	185	T2	66	130	45 ab	40 ab	30 b
Agria	185	T3	59	127	44 ab	45 b	31 bc
Agria	125	-	57	139	101 d	90 c	56 d
Agria	125	T2	49	111	33 ab	30 ab	24 ab
Agria	125	T3	61	104	42 ab	41 ab	28 ab
F pr. int. ²			n.s.	n.s.	0,057	0,066	0,051

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.4.3 Nitraatconcentraties en N-flux winterperiode 2020/2021

In de winter van 2020/2021 was de nitraatconcentratie in november en december laag: gemiddeld <50 mg/l. Daarna steeg het tot gemiddeld 84 mg/l op 2 februari. Vervolgens daalde het weer sterk tot ≤50 mg/l bij alle objecten op 3 maart. Alleen op 2 februari waren er significante verschillen tussen de objecten. De nitraatconcentratie op 2 februari alsook de berekende N-flux was bij de vanggewassen lager dan bij braak, maar tussen de vanggewassen onderling was er gemiddeld genomen geen significant verschil (tabel 29b).

Bij braak waren de nitraatconcentratie op 2 februari en de N-flux in de winterperiode bij lagere N-gift aan de aardappelen lager dan bij hogere N-gift (tabel 29c), hoewel de verschillen niet significant waren.

Na Fontane 270N waren de nitraatconcentratie op 2 februari en de N-flux bij zaaien van de vanggewassen in de 4^e week van september lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober. Dat gold ook in mindere mate na Fontane 210N (n.s.). Bij Agria 210N gaf zaaien 3^e week oktober geen hogere nitraatconcentratie en N-flux dan zaaien 1^e week oktober. Bij Agria 150N was dit wel het geval, maar de verschillen waren niet significant.

Bij gelijke N-gift verschilden de nitraatconcentratie op 2 februari en N-flux bij braak niet tussen Fontane en Agria. Bij gelijke N-gift en op hetzelfde moment zaaien van de vanggewassen (1^e week oktober) waren de nitraatconcentratie en N-flux bij Agria iets lager dan bij Fontane (niet significant).

Tabel 29a. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2020/2021 per object

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	Nitraatconcentratie				N-flux
				11 nov	14 dec	2 feb	3 mrt	
Fontane	270	geen	-	40	39	146	48	26
Fontane	270	winterrogge	T1	52	58	44	36	15
Fontane	270	winterrogge	T2	44	52	94	48	22
Fontane	270	Japanse haver	T1	44	37	91	46	21
Fontane	270	Japanse haver	T2	23	34	110	49	23
Fontane	270	wintergerst	T1	36	34	67	26	13
Fontane	270	wintergerst	T2	41	37	103	50	23
Fontane	210	geen	-	26	32	109	46	22
Fontane	210	winterrogge	T1	37	40	54	17	10
Fontane	210	winterrogge	T2	58	68	122	49	25
Fontane	210	Japanse haver	T1	28	30	88	44	20
Fontane	210	Japanse haver	T2	41	40	93	23	15
Fontane	210	wintergerst	T1	19	20	60	30	14
Fontane	210	wintergerst	T2	44	44	68	47	19
Agria	210	geen	-	28	24	104	48	22
Agria	210	winterrogge	T2	23	25	86	33	17
Agria	210	winterrogge	T3	26	27	73	27	14
Agria	210	Japanse haver	T2	30	32	68	20	12
Agria	210	Japanse haver	T3	24	27	72	12	10
Agria	210	wintergerst	T2	13	26	92	50	22
Agria	210	wintergerst	T3	20	22	91	33	17
Agria	150	geen	-	31	28	96	35	18
Agria	150	winterrogge	T2	33	29	63	15	10
Agria	150	winterrogge	T3	24	16	81	29	15
Agria	150	Japanse haver	T2	22	30	53	26	12
Agria	150	Japanse haver	T3	33	26	75	24	14
Agria	150	wintergerst	T2	28	33	69	23	13
Agria	150	wintergerst	T3	24	19	94	31	17
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Gemiddelde grondwaterstand in het proefveld (cm -mv):				143	136	76	93	

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 29b. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2020/2021, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nitraatconcentratie				N-flux
	11 november	14 december	2 februari	3 maart	
geen	31	30	114 b	44	22 b
winterrogge	37	39	77 a	32	16 a
Japanse haver	31	32	81 a	31	16 a
wintergerst	28	29	80 a	36	17 a
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,004</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,036</i>

Tabel 29c. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) en N-flux (kg/ha) in de winterperiode van 2020/2021 bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	Nitraatconcentratie				N-flux
			11 november	14 december	2 februari	3 maart	
Fontane	270	-	40	39	146 d	48	26 d
Fontane	270	T1	44	43	67 ab	36	16 ab
Fontane	270	T2	36	41	102 c	49	23 cd
Fontane	210	-	26	32	109 cd	46	22 bcd
Fontane	210	T1	28	30	67 ab	30	14 ab
Fontane	210	T2	47	51	94 bc	40	20 bcd
Agria	210	-	28	24	104 bcd	48	22 bcd
Agria	210	T2	22	28	82 abc	34	17 abc
Agria	210	T3	23	25	78 abc	24	14 ab
Agria	150	-	31	28	96 abc	35	18 abcd
Agria	150	T2	27	31	61 a	21	12 a
Agria	150	T3	27	20	83 abc	28	15 ab
<i>F pr. int.</i> ²			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,015	<i>n.s.</i>	0,054

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

3.2.4.4 Nitraatconcentraties einde winterperiode en N-flux gemiddeld over de drie jaren

Voor de nitraatconcentraties in het grondwater is een analyse over de drie proefjaren samen uitgevoerd, waarbij van elk seizoen het gemiddelde van de laatste twee meetmomenten is genomen (het derde en vierde moment). Op het eerste moment hadden de vanggewassen nog geen duidelijk effect op de nitraatconcentratie in het grondwater. Op het tweede moment was de nitraatconcentratie gestegen en begon de bijdrage van de vanggewassen zichtbaar te worden en op het derde moment was het effect duidelijk opgetreden. Bij de vierde meting verschilden de nitraatconcentraties in de seizoenen 2018/2019 en 2019/2020 nauwelijks van die van de derde meting. In seizoen 2020/2021 waren de nitraatconcentraties bij de vierde meting gedaald ten opzichte van de derde meting. Bij de derde en vierde meting was de grondwaterstand gestegen ten opzichte van de voorgaande meetmomenten (bijlage 3; tabel B3.2 en figuur B3.1), wat erop duidt dat toen ook de meeste uitspoeling heeft plaatsgevonden. Ook voor de stikstoflux (de berekende uitspoeling in kg N per ha) is een analyse over de drie jaren samen uitgevoerd.

Er was een significant interactie-effect was tussen vanggewas en jaar voor zowel de nitraatconcentratie (*F pr.* <0,001) als de N-flux (*F pr.* <0,001). De nitraatconcentratie en N-flux na de teelt van vanggewassen en braak verschilden per jaar, maar ook tussen de vanggewassen onderling verschilden het per jaar.

Gemiddeld over de drie jaren was er echter geen significant verschil tussen de vanggewassen voor de nitraatconcentratie, maar deze was bij de teelt van vanggewassen wel significant lager dan zonder teelt van vanggewassen (tabel 30a). Ook de N-flux was gemiddeld over de drie jaren significant lager bij de teelt van vanggewassen dan bij braak. Hierbij waren er wel kleine verschillen tussen de vanggewassen: gemiddeld was de N-flux bij winterrogge het laagste en bij wintergerst het hoogste (tabel 30a).

Verder was er een significant interactie-effect tussen wel of geen vanggewas, aardappelras plus N-gift en jaar voor zowel nitraatconcentratie (*F pr.* = 0,002) als N-flux (*F pr.* <0,001). Daarbij was er ook nog een interactie tussen type vanggewas, aardappelras plus N-gift en jaar voor nitraatconcentratie (*F pr.* = 0,013) en N-flux (*F pr.* = 0,001). De nitraatconcentratie en N-flux waren afhankelijk van aardappelras plus N-gift, maar dit verschilden weer per jaar per type vanggewas.

Gemiddeld over de drie jaren was er een significant interactie-effect tussen wel of geen vanggewas en aardappelras plus N-gift voor de nitraatconcentratie (F pr. <0,001) en de N-flux (F pr. = 0,002), maar was er geen significante interactie met type vanggewas.

Verder was er een zwak significante interactie tussen wel of geen vanggewas, aardappelras plus N-gift, zaaitijd van de vanggewassen en jaar voor de nitraatconcentratie (F pr. = 0,060), maar niet voor de N-flux. Gemiddeld over de drie jaren was de interactie tussen wel of geen vanggewas, aardappelras plus N-gift en zaaitijd significant voor de nitraatconcentratie (F pr. <0,001) en de N-flux (F pr. = 0,001). Er was hierbij geen significant interactie-effect met het type vanggewas voor de nitraatconcentratie en een zwak interactie-effect voor de N-flux (F pr. = 0,080).

Tabel 30a. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) aan het einde van de winter en N-flux (kg/ha), gemiddeld over de drie proefjaren, na de vanggewassen, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	Nitraatconcentratie¹	N-flux
geen	98 b	38 c
winterrogge	68 a	25 a
Japanse haver	69 a	26 ab
wintergerst	72 a	28 b
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>	<i><0,001</i>

¹ Meetmomenten: 19 februari en 11 maart 2019; 6 maart en 24 maart 2020; 2 februari en 3 maart 2021

In tabel 30b is het effect van wel of geen vanggewas weergegeven per aardappelras-N-gift-combinatie en zaaitijd van de vanggewassen, gemiddeld over de drie jaren en in tabel 30c is het effect van wel of geen vanggewas weergegeven per aardappelras-N-gift-combinatie gemiddeld over de zaaitijden.

Later zaaien van de vanggewassen resulteerde in een hogere nitraatconcentratie en N-flux dan vroeger zaaien. Het verschil was niet bij elke ras-N-gift-combinatie significant, maar de tendens was wel overal aanwezig.

Een lagere N-gift aan aardappel resulteerde in een wat lagere nitraatconcentratie bij braak (n.s.) alsook in een iets lagere nitraatconcentratie bij de teelt van een vanggewas (n.s.). De lagere N-gift had bij braak nagenoeg geen effect op de berekende N-flux en gaf een iets lagere N-flux bij de teelt van een vanggewas (n.s.). Bij gelijke N-gift (N2) waren de nitraatconcentratie en N-flux bij braak na Agria hoger dan na Fontane (n.s.), maar bij zaaien van een vanggewas op hetzelfde moment (T2) was dit niet het geval.

Tabel 30b. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) aan het einde van de winter en N-flux (kg/ha), gemiddeld over de drie proefjaren, bij de aardappelrasen, N-giften en zaaitijden, gemiddeld over de vanggewassen

Aardappelras	N-gift ¹	Zaaimoment ²	Nitraatconcentratie ³	N-flux
Fontane	N1	-	99 f	36 e
Fontane	N1	T1	71 abc	27 abc
Fontane	N1	T2	79 cde	29 cd
Fontane	N2	-	92 def	35 de
Fontane	N2	T1	56 a	21 a
Fontane	N2	T2	71 bc	28 bc
Agria	N2	-	104 f	40 e
Agria	N2	T2	69 abc	27 abc
Agria	N2	T3	77 bcd	29 cd
Agria	N3	-	99 ef	39 e
Agria	N3	T2	61 ab	23 ab
Agria	N3	T3	74 cd	27 ac
F pr. ⁴			<0,001	0,001

¹ N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020

² T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

³ Meetmomenten: 19 februari en 11 maart 2019; 6 maart en 24 maart 2020; 2 februari en 3 maart 2021

⁴ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment

Tabel 30c. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) aan het einde van de winter en N-flux (kg/ha), gemiddeld over de drie proefjaren, bij de aardappelrasen en N-giften, gemiddeld over de vanggewassen en zaaitijden

Aardappelras	N-gift ¹	Vanggewas	Nitraatconcentratie ²	N-flux
Fontane	N1	geen	99 c	36 b
Fontane	N1	wel	75 ab	28 a
Fontane	N2	geen	92 bc	35 b
Fontane	N2	wel	64 a	24 a
Agria	N2	geen	104 c	40 b
Agria	N2	wel	74 ab	28 a
Agria	N3	geen	99 c	39 b
Agria	N3	wel	67 a	25 a
F pr.			<0,001	<0,001

¹ N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020

² Meetmomenten: 19 februari en 11 maart 2019; 6 maart en 24 maart 2020; 2 februari en 3 maart 2021

Om het effect van zaaitijd nog wat beter te kunnen beoordelen, is een analyse gedaan over de hoge en lage N-gift per ras gemiddeld. Hierbij kwam een zwak significante interactie naar voren tussen wel of geen vanggewas, aardappelras, zaaitijd van de vanggewassen en jaar voor de nitraatconcentratie (F pr. = 0,092), maar geen significante interactie voor de N-flux. Gemiddeld over de drie jaren was de interactie tussen wel of geen vanggewas, aardappelras en zaaitijd significant voor nitraatconcentratie en N-flux (beide F pr. <0,001). Er was hierbij geen significante interactie met het type vanggewas. Het resultaat van zaaitijd, gemiddeld over de drie jaren is weergegeven in tabel 30d. Later zaaien van de vanggewassen resulteerde zowel na Fontane als Agria in een hogere nitraatconcentratie en een iets hogere N-flux dan wanneer vroeger werd gezaaid. Hoewel het verschil tussen zaaien in de 4^e week

van september of de 1^e week van oktober na Fontane significant was en dat tussen zaaien in de 1^e of 3^e week van oktober na Agria niet, was de tendens eender.

Tabel 30d. Nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) aan het einde van de winter en N-flux (kg/ha), gemiddeld over de drie proefjaren, bij de aardappelrassen en zaaitijden, gemiddeld over de vanggewassen en over de hoge en lage N-gift per aardappelras

Aardappelras	Zaaimoment ¹	Nitraatconcentratie ²	N-flux
Fontane	-	95 d	36 c
Fontane	T1	63 a	24 a
Fontane	T2	75 bc	28 b
Agria	-	101 d	40 c
Agria	T2	65 ab	25 ab
Agria	T3	76 ac	28 a
<i>F pr.</i>		<0,001	<0,001

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² Meetmomenten: 19 februari en 11 maart 2019; 6 maart en 24 maart 2020; 2 februari en 3 maart 2021

In tabel 31a is een overzicht gegeven van de reductie van de nitraatconcentratie aan het einde van de winter en van de reductie van de N-flux gemiddeld over de drie jaren door de teelt van vanggewassen ten opzichte van braak. De reductie van de nitraatconcentratie bij braak door verlaging van de N-gift aan aardappel bedroeg gemiddeld over de jaren 7 mg/l bij Fontane en 5 mg/l bij Agria (tabel 30b). Voor de N-flux betrof die verlaging slechts 1 kg/ha. Die reducties zijn gering in verhouding tot de reductie door de teelt van een vanggewas.

Na Fontane bedroeg de gemiddelde reductie van de nitraatconcentratie aan het einde van de winter 32 mg/l bij zaaien van de vanggewassen in de 4^e week van september (T1) en 20 mg/l bij zaaien in de 1^e week van oktober (T2). Na Agria bedroeg die reductie 36 mg/l bij zaaien in de 1^e week van oktober (T2) en 25 mg/l bij zaaien in de 3^e week van oktober. Bij gelijk zaaimoment van de vanggewassen (T2) en gelijke N-gift (N2) was de reductie ten opzichte van braak bij Agria 14 mg/l hoger dan bij Fontane. Dit verschil wordt verklaard doordat bij braak de nitraatconcentratie na Agria bij N2 gemiddeld 12 mg/l hoger was dan bij Fontane, terwijl bij de teelt van een vanggewas de nitraatconcentratie na Agria gemiddeld 2 mg/l lager was dan na Fontane (zie tabel 30b).

Tabel 31a. Reductie nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (mg NO₃/l) aan het einde van de winter en reductie N-flux (kg/ha) door de teelt van vanggewassen, gemiddeld over de drie proefjaren, bij de aardappelrassen, N-giften en zaaitijden, gemiddeld over de vanggewassoorten

Aardappelras	N-gift ¹	Zaaimoment ²	Reductie nitraatconcentratie ³	Reductie N-flux
Fontane	N1	T1	28	9
Fontane	N1	T2	20	7
Fontane	N2	T1	36	14
Fontane	N2	T2	21	7
Agria	N2	T2	35	13
Agria	N2	T3	27	11
Agria	N3	T2	38	16
Agria	N3	T3	25	12

¹ N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020.

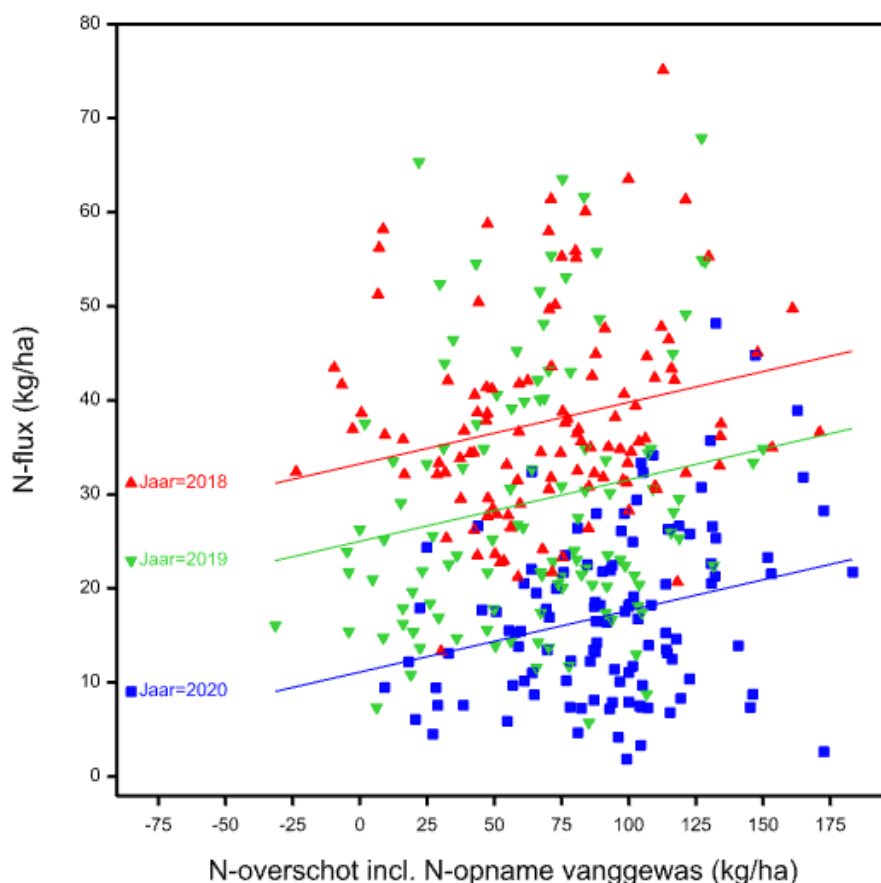
² T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

³ Meetmomenten: 19 februari en 11 maart 2019; 6 maart en 24 maart 2020; 2 februari en 3 maart 2021

In figuur 5a is de N-flux uitgezet tegen het N-overschot inclusief de N-opname door het vanggewas (N-totaal-gift aan de aardappelen minus ammoniakvervluchtigingsverlies minus N-afvoer met de geoogst knollen minus de vastgelegde stikstof in het vanggewas). De tendens is dat de N-flux hoger was naarmate het overschot hoger was, maar de relatie is zwak (wel significant; F pr. $<0,001$) en de spreiding tussen de waarnemingen groot. Verder was er een significant effect van jaar (F pr. $<0,001$), maar er was geen significant interactie-effect: er was een significant niveauverschil tussen alle drie de jaren maar de trendrichting verschilde niet significant tussen de proefjaren.

In tabel 31b is het N-overschot van het hoofdgewas aardappel op de braakveldjes (objecten A, H, P, W) vergeleken met de N-flux op de braakveldjes in de afzonderlijke drie jaren. Er is geen goed verband tussen dit N-overschot en de N-flux: het verschil in N-overschot bij aardappel had geen of nauwelijks effect op de N-flux.

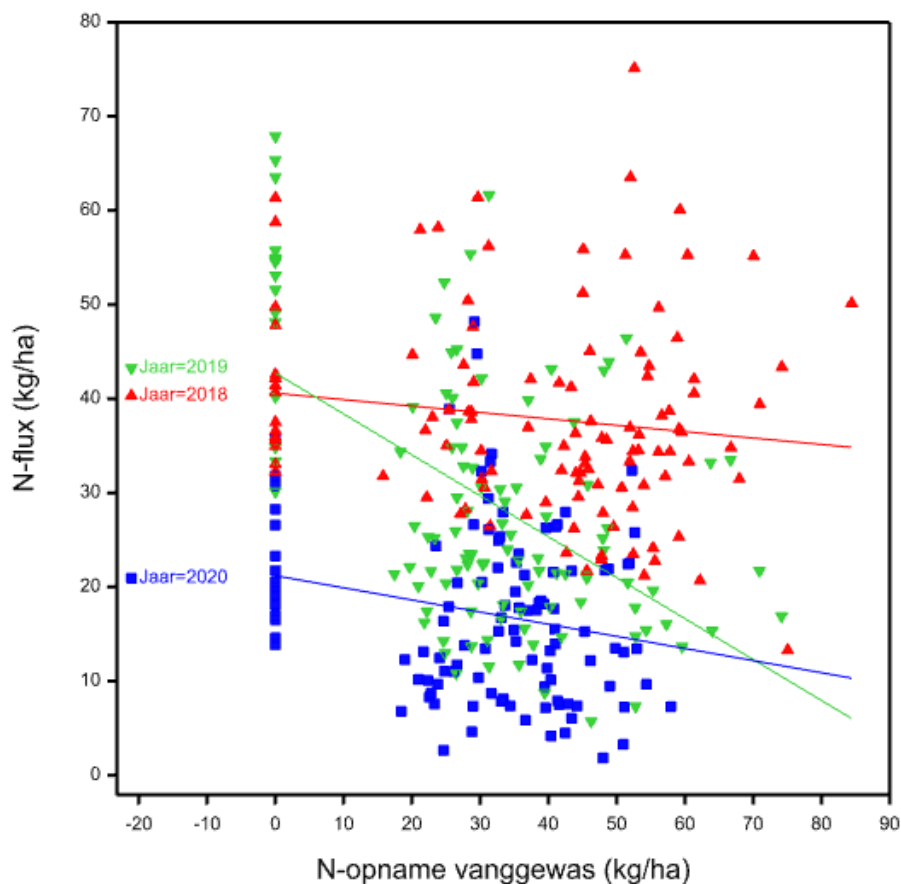
In figuur 5b is daarom het N-overschot van aardappel weggelaten en is de N-flux uitgezet tegen enkel de N-opname door het vanggewas. De N-flux was lager naarmate de N-opname van het vanggewas hoger was, maar de relatie was wederom zwak en de spreiding tussen de waarnemingen groot. Verder was er een significant interactie-effect met jaar (F pr. $<0,001$). Per kg opgenomen stikstof nam de N-flux gemiddeld met 0,07 kg/ha af na teeltjaar 2018 (n.s.), met 0,44 kg/ha na teeltjaar 2019 (t pr. $<0,001$) en met 0,13 kg/ha na teeltjaar 2020 (t pr. $= 0,049$).



Figuur 5a. N-flux naar het grondwater uitgezet tegen het N-overschot incl. N-opname vanggewas per veldje per jaar ($R^2 = 0,38$)

Tabel 31b. Stikstofoverschot (kg/ha) van het hoofdgewas aardappel en stikstofflux (kg/ha) in de winterperiode bij de aardappelrassen en N-giften in de afzonderlijke drie jaren zonder teelt van een vanggewas

Aardappelras	N-gift	2018/2019		2019/2020		2020/2021	
		N-overschot	N-flux	N-overschot	N-flux	N-overschot	N-flux
Fontane	N1	155	40	124	43	168	26
Fontane	N2	114	40	87	44	127	22
Agria	N2	110	44	98	55	120	22
Agria	N3	71	42	52	56	83	18

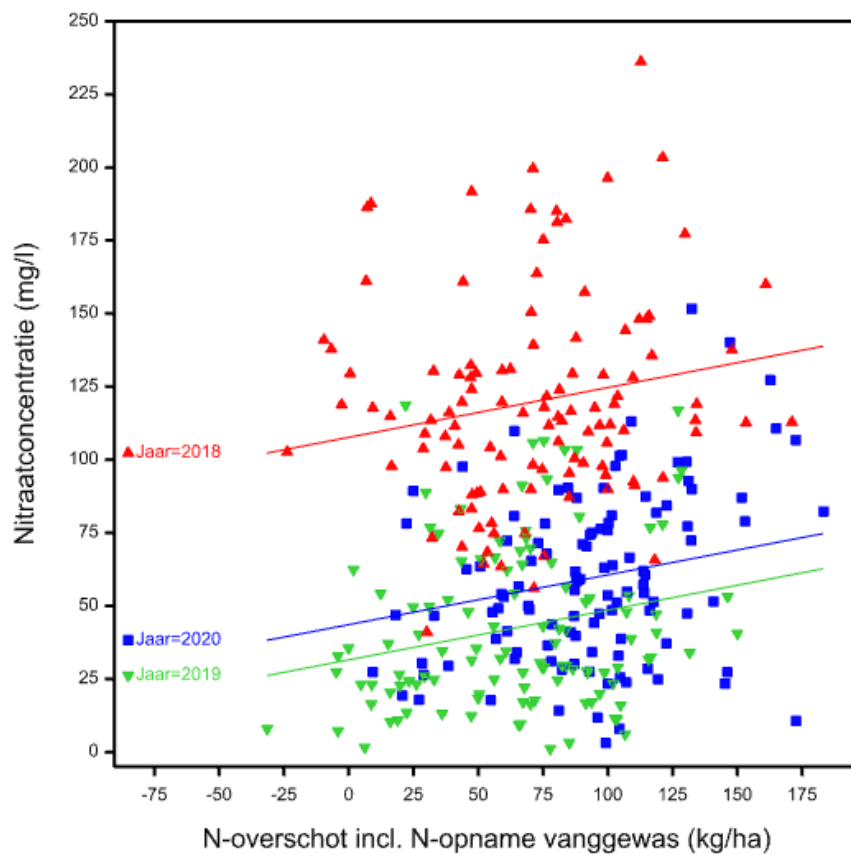


Figuur 5b. N-flux naar het grondwater uitgezet tegen de N-opname van het vanggewas per veldje per jaar (N-opname bij braak = 0 kg/ha) ($R^2 = 0,45$)

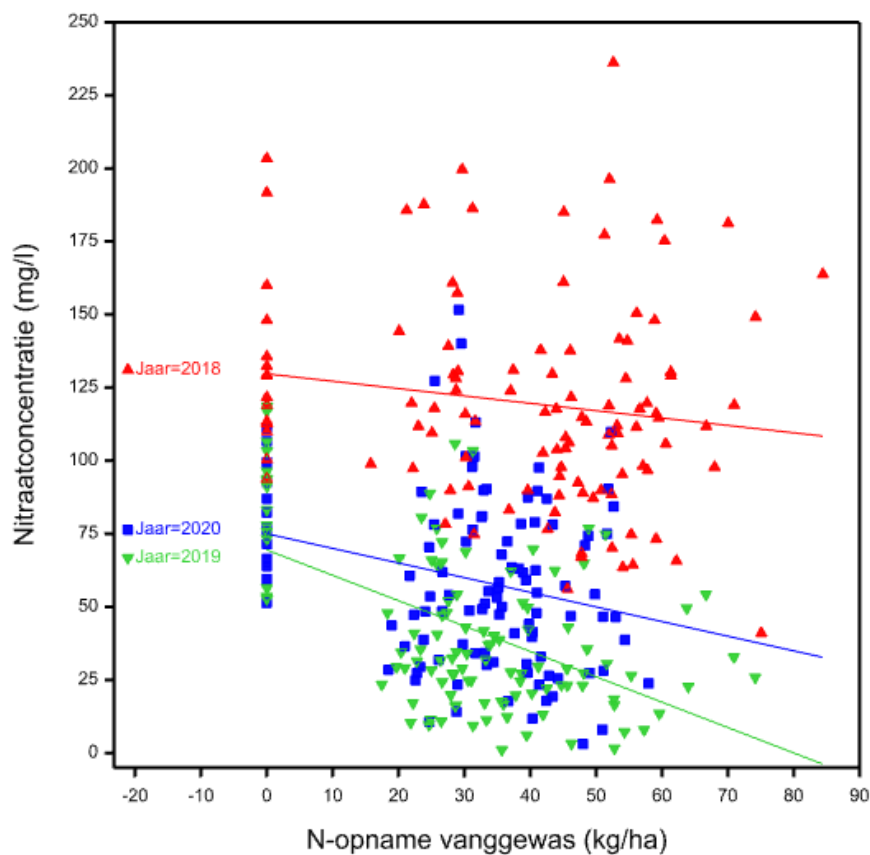
In figuur 5c is de nitraatconcentratie in het grondwater aan het einde van de winter (het gemiddelde van de laatste twee meetmomenten per jaar) uitgezet tegen het N-overschot inclusief de N-opname door het vanggewas. In figuur 5c is de nitraatconcentratie uitgezet tegen enkel de N-opname door het vanggewas. De spreiding tussen de waarnemingen was in beide gevallen groot, maar het effect was wel significant in beide gevallen (F pr. <0,001).

De nitraatconcentratie nam met gemiddeld 0,17 mg/l toe per 1 kg/ha stijging van het N-overschot. Er was hiervoor geen significant interactie-effect met jaar, maar wel was een significant niveaoverschil tussen alle de drie de jaren (F pr. <0,001).

Voor het effect van de N-opname door het vanggewas op de nitraatconcentratie, was er sprake van een significant interactie-effect met jaar (F pr. = 0,016). Per kg opgenomen stikstof nam de nitraatconcentratie in het grondwater met 0,25 mg/l af na teeltjaar 2018 (t pr. = 0,064), met 0,87 mg/l na teeltjaar 2019 (t pr. <0,001) en met 0,50 mg/l na teeltjaar 2020 (t pr. = 0,007).



Figuur 5c. Nitraatconcentratie in het grondwater aan het einde van de winter uitgezet tegen het N-overschot incl. N-opname vanggewas per veldje per jaar ($R^2 = 0,55$)



Figuur 5d. Nitraatconcentratie in het grondwater aan het einde van de winter uitgezet tegen de N-opname door het vanggewas per veldje per jaar (N-opname bij braak = 0 kg/ha) ($R^2 = 0,58$)

3.2.5 N-bodembalans 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:

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

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.

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.

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. Als het verschil in N-verlies ongelijk is aan de N-flux, duidt dit erop dat er bij de ander voornoemde posten ook verschillen zijn tussen de braakobjecten en de vanggewasobjecten. In tabel 32 is het verschil in N-verlies weergegeven dat is berekend volgens onderstaande N-balans:

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

Dit verschil is vergeleken met de N-flux. Voor Japanse haver in de winterperiode 2018/2019 is het berekende verschil in N-verlies ten opzichte van braak niet weergegeven, omdat dit waarschijnlijk een onjuist beeld geeft. De Nmin(0-90 cm) aan het eind van de winter na Japanse haver was verhoogd, doordat er waarschijnlijk stikstof is vrijgekomen uit de afgevroren Japanse haver. De N-opname door de Japanse haver was al eerder bepaald, toen het gewas ging afsterven en er waarschijnlijk nog geen stikstof uit was vrijgekomen.

Er was geen goed verband tussen de berekende reductie van de N-flux naar het grondwater en de reductie van het berekende N-verlies door de teelt van de vanggewassen. Wel was in alle drie de proefjaren de reductie van de N-flux naar het grondwater door de bank genomen kleiner dan de reductie van het berekende N-verlies. Het verschil was het grootste in 2018/2019. Toen was de berekende reductie van N-verlies het hoogste van de drie jaren, maar de reductie van de N-flux het laagste. Na Fontane met de hoge N-gift was er gemiddeld genomen zelfs geen reductie van de N-flux door de teelt van vanggewassen. In 2019/2020 was het verschil tussen berekende reductie van N-overschot en reductie van N-flux het kleinste van de drie jaren. Verder was er ook binnen de jaren geen goed verband tussen de reductie van N-verlies en de reductie van de N-flux.

Tabel 32a. Berekende reductie N-verlies en reductie stikstof flux (kg/ha) in de winterperiode van de vanggewassen per object per jaar ten opzichte van braak

Aardappelras	N-gift ² (kg/ha) na oogst	Vanggewas	Zaai- moment ¹	2018/2019		2019/2020		2020/2021	
				Reductie Red.		Reductie Red.		Reductie Red.	
				N-verlies	N-flux	N-verlies	N-flux	N-verlies	N-flux
Fontane	N1	winterrogge	T1	68	-7	33	28	16	12
Fontane	N1	winterrogge	T2	50	-10	34	25	31	4
Fontane	N1	Japanse haver	T1		1	7	15	22	5
Fontane	N1	Japanse haver	T2		-4	23	23	30	3
Fontane	N1	wintergerst	T1	60	1	32	18	29	13
Fontane	N1	wintergerst	T2	53	2	47	16	27	3
Fontane	N2	winterrogge	T1	66	8	22	26	20	12
Fontane	N2	winterrogge	T2	55	4	38	17	32	-3
Fontane	N2	Japanse haver	T1		9	24	28	21	2
Fontane	N2	Japanse haver	T2		5	31	16	22	7
Fontane	N2	wintergerst	T1	56	11	27	21	24	9
Fontane	N2	wintergerst	T2	47	8	45	12	22	3
Agria	N2	winterrogge	T2	45	14	11	29	31	5
Agria	N2	winterrogge	T3	20	0	16	31	29	8
Agria	N2	Japanse haver	T2		7	12	29	20	10
Agria	N2	Japanse haver	T3		0	1	24	17	12
Agria	N2	wintergerst	T2	43	11	31	15	22	0
Agria	N2	wintergerst	T3	33	4	13	14	33	5
Agria	N3	winterrogge	T2	48	8	34	38	31	8
Agria	N3	winterrogge	T3	31	0	40	34	27	3
Agria	N3	Japanse haver	T2		10	31	38	32	6
Agria	N3	Japanse haver	T3		3	31	25	22	5
Agria	N3	wintergerst	T2	47	5	43	21	28	5
Agria	N3	wintergerst	T3	30	10	46	24	31	1

¹ N1 = 275, 245 en 270 kg N per ha, N2 = 215, 185, 210 kg N per ha en N3 = 155, 125 en 150 kg N per ha in respectievelijk 2018, 2019 en 2020.

² T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

Tabel 32b. Berekende reductie N-verlies en reductie stikstof flux (kg/ha) in de winterperiode van de vanggewassen ten opzichte van braak per jaar, gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten

Vanggewas na oogst	2018/2019		2019/2020		2020/2021	
	Reductie Reductie		Reductie Reductie		Reductie Reductie	
	N-verlies	N-flux	N-verlies	N-flux	N-verlies	N-flux
winterrogge	48	2	29	29	27	6
Japanse haver		4	20	25	23	6
wintergerst	46	6	35	18	27	5

Tabel 32c. Berekende reductie N-verlies en reductie stikstofflux (kg/ha) in de winterperiode van de vanggewassen ten opzichte van braak per jaar bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten

Aardappel- ras	N-gift ² (kg/ha)	Zaai- moment ¹	2018/2019 ¹		2019/2020		2020/2021	
			Reductie N-verlies	Reductie N-flux	Reductie N-verlies	Reductie N-flux	Reductie N-verlies	Reductie N-flux
Fontane	N1	T1	64	-3	24	21	22	10
Fontane	N1	T2	51	-4	35	21	29	3
Fontane	N2	T1	61	9	24	25	22	8
Fontane	N2	T2	51	6	38	15	26	3
Agria	N2	T2	44	12	18	24	24	5
Agria	N2	T3	26	2	10	23	26	8
Agria	N3	T2	47	6	36	32	30	6
Agria	N3	T3	31	5	39	28	27	3

¹ exclusief Japanse haver in 2018/2019

3.2.6 Opgeloste organische koolstof (DOC)

In tabel 33 is de DOC-concentratie weergegeven die in het grondwater is gemeten op 6 maart 2020 (na groeiseizoen 2019, eenmalig gemeten) en in tabel 34 de gemeten DOC-concentratie op alle vier de meetmomenten in het winterseizoen van 2020/2021.

Er was op 6 maart 2020 een significant effect van de teelt van vanggewassen op de DOC-concentratie: na de vanggewassen was die hoger dan na braak. Het effect was vrijwel omgekeerd evenredig aan dat van het effect op de nitraatconcentratie (tabel 28b): een hogere DOC-concentratie ging gepaard met een lagere nitraatconcentratie.

In het winterseizoen van 2020/2021 was er alleen op 2 februari een significant effect van de vanggewassen en van zaaimoment op de DOC-concentratie. Deze factoren hadden op dat moment ook effect op de nitraatconcentratie. Op de momenten dat er geen significant effect was op de nitraatconcentratie, was er ook geen significant effect op de DOC-concentratie. Een hogere DOC-concentratie op 2 februari ging gepaard met een lagere nitraatconcentratie. Op 3 maart was die tendens ook in enige mate aanwezig, maar waren de verschillen tussen de objecten klein en niet significant.

In de figuren 6 t/m 10 is de relatie tussen DOC- en nitraatconcentratie per meetmoment weergegeven. Op alle momenten was er een relatie tussen DOC en nitraat: lagere nitraatconcentratie bij hogere DOC-concentratie. Bij een hoge DOC-concentratie ging de nitraatconcentratie zelfs richting nul.

Tabel 33a. DOC-concentratie (mg/l) per object op 6 maart 2020

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	DOC-concentratie
Fontane	245	geen	-	52
Fontane	245	winterrogge	T1	94
Fontane	245	winterrogge	T2	95
Fontane	245	Japanse haver	T1	93
Fontane	245	Japanse haver	T2	98
Fontane	245	wintergerst	T1	65
Fontane	245	wintergerst	T2	66
Fontane	185	geen	-	39
Fontane	185	winterrogge	T1	76
Fontane	185	winterrogge	T2	65
Fontane	185	Japanse haver	T1	56
Fontane	185	Japanse haver	T2	63
Fontane	185	wintergerst	T1	66
Fontane	185	wintergerst	T2	50
Agria	185	geen	-	54
Agria	185	winterrogge	T2	93
Agria	185	winterrogge	T3	88
Agria	185	Japanse haver	T2	79
Agria	185	Japanse haver	T3	76
Agria	185	wintergerst	T2	65
Agria	185	wintergerst	T3	57
Agria	125	geen	-	37
Agria	125	winterrogge	T2	81
Agria	125	winterrogge	T3	73
Agria	125	Japanse haver	T2	85
Agria	125	Japanse haver	T3	68
Agria	125	wintergerst	T2	59
Agria	125	wintergerst	T3	64
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 33b. DOC-concentratie (mg/l) gemiddeld over de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten op 6 maart 2020

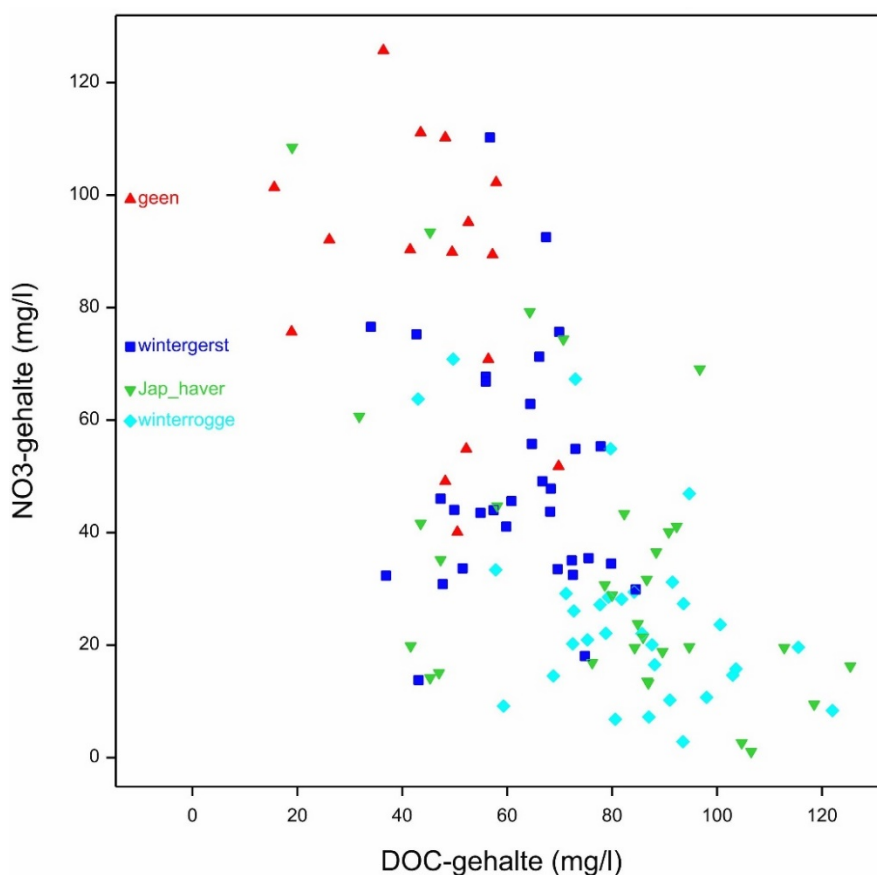
Vanggewas na oogst	DOC-concentratie
geen	45 a
winterrogge	83 c
Japanse haver	77 c
wintergerst	62 b
<i>F pr.</i>	<i><0,001</i>

Tabel 33c. DOC-concentratie (mg/l) bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten op 6 maart 2020

Aardappel-ras	N-gift (kg/ha)	Zaai-moment ¹	DOC-concentratie
Fontane	245	-	52
Fontane	245	T1	84
Fontane	245	T2	86
Fontane	185	-	39
Fontane	185	T1	66
Fontane	185	T2	59
Agria	185	-	54
Agria	185	T2	79
Agria	185	T3	74
Agria	125	-	37
Agria	125	T2	75
Agria	125	T3	68
<i>F pr int.²</i>			<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

³ F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment



Figuur 6. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 6 maart 2020

Tabel 34a. DOC-concentratie (mg/l) per object in het winterseizoen van 2020/2021

Aardappelras	N-gift (kg/ha)	Vanggewas na oogst	Zaai- moment ¹	DOC-concentratie			
				11 november	14 december	2 februari	3 maart
Fontane	270	geen	-	35	28	25	40
Fontane	270	winterrogge	T1	31	22	62	46
Fontane	270	winterrogge	T2	39	29	37	36
Fontane	270	Japanse haver	T1	31	40	43	42
Fontane	270	Japanse haver	T2	40	28	34	38
Fontane	270	wintergerst	T1	42	34	56	66
Fontane	270	wintergerst	T2	42	31	42	49
Fontane	210	geen	-	46	33	41	50
Fontane	210	winterrogge	T1	35	25	55	67
Fontane	210	winterrogge	T2	32	26	40	49
Fontane	210	Japanse haver	T1	35	20	39	51
Fontane	210	Japanse haver	T2	41	30	51	63
Fontane	210	wintergerst	T1	45	36	61	58
Fontane	210	wintergerst	T2	42	26	47	41
Agria	210	geen	-	54	39	38	48
Agria	210	winterrogge	T2	64	50	51	54
Agria	210	winterrogge	T3	52	37	52	53
Agria	210	Japanse haver	T2	51	36	52	56
Agria	210	Japanse haver	T3	47	34	52	49
Agria	210	wintergerst	T2	60	45	45	48
Agria	210	wintergerst	T3	59	41	44	55
Agria	150	geen	-	39	26	38	46
Agria	150	winterrogge	T2	42	26	67	71
Agria	150	winterrogge	T3	47	35	51	65
Agria	150	Japanse haver	T2	50	36	73	67
Agria	150	Japanse haver	T3	40	30	43	52
Agria	150	wintergerst	T2	42	24	59	61
Agria	150	wintergerst	T3	58	43	47	58
<i>F pr. interactie²</i>				<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

² F pr. voor het interactie-effect tussen type vanggewas, zaaimoment, aardappelras en N-gift

Tabel 34b. DOC-concentratie (mg/l) bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten object in het winterseizoen van 2020/2021

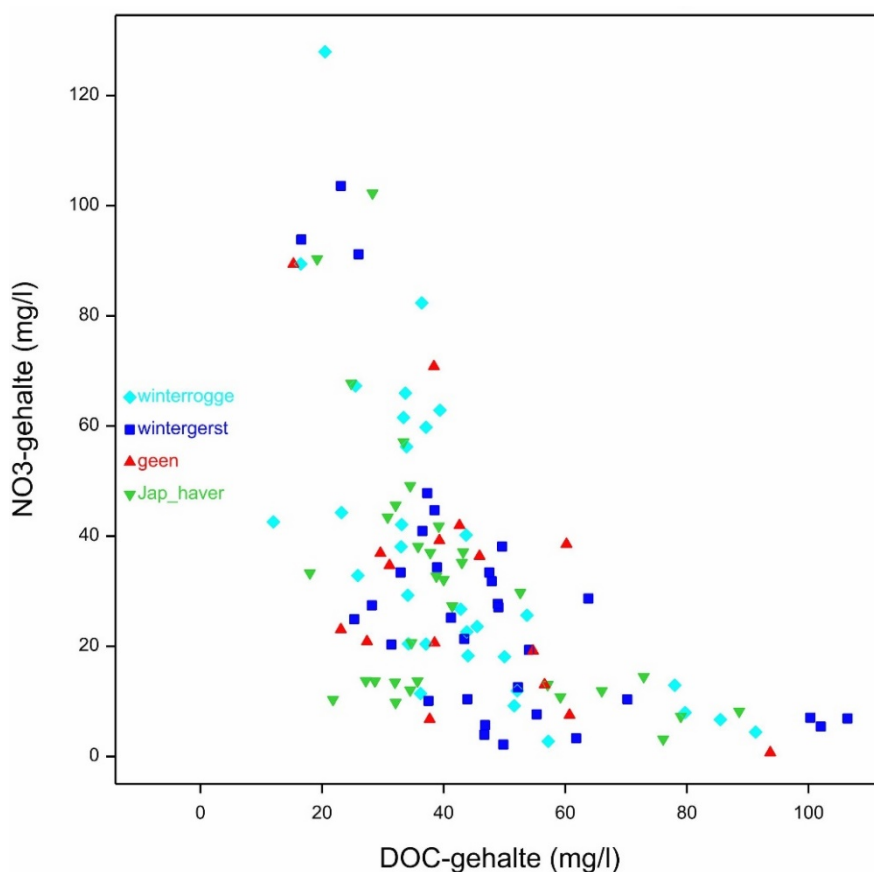
Vanggewas na oogst	DOC-concentratie			
	11 november	14 december	2 februari	3 maart
geen	43	31	36 a	46
winterrogge	43	31	52 b	55
Japanse haver	42	32	48 b	52
wintergerst	49	35	50 b	55
<i>F pr.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,003</i>	<i>n.s.</i>

Tabel 34c. DOC-concentratie (mg/l) bij de aardappelrassen, N-giften en zaaimomenten, gemiddeld over de gewassoorten in het winterseizoen van 2020/2021

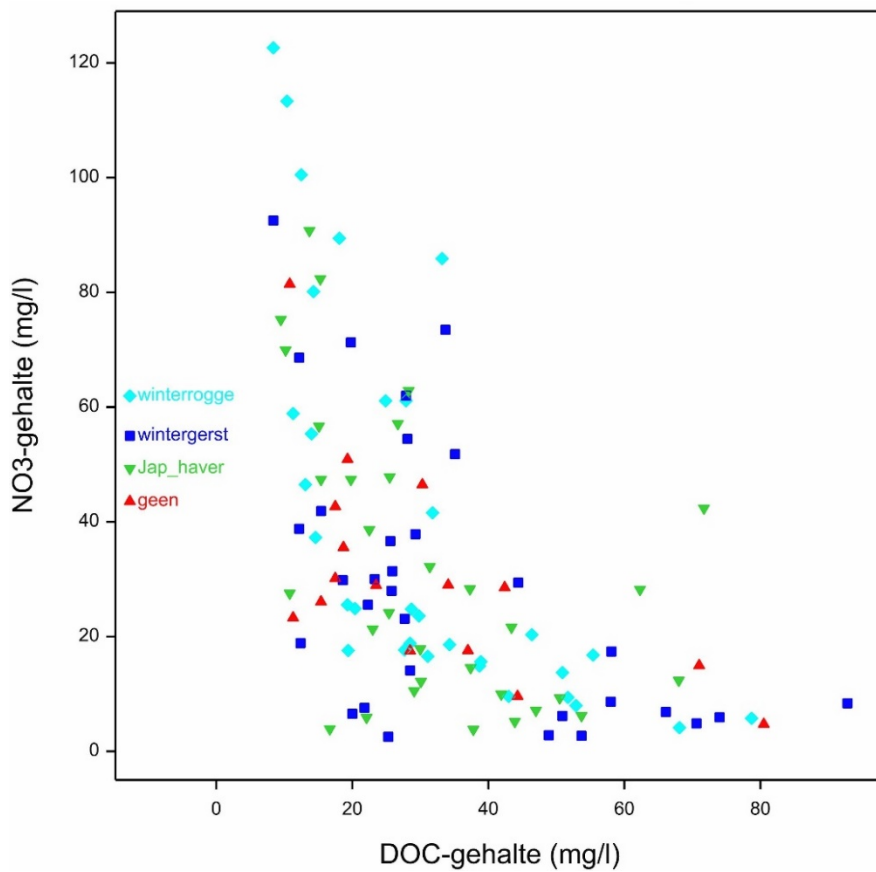
Aardappel- ras	N-gift (kg/ha)	Zaai- moment ¹	DOC-concentratie			
			11 november	14 december	2 februari	3 maart
Fontane	270	-	35	28	25 a	40
Fontane	270	T1	35	32	54 c	51
Fontane	270	T2	40	29	37 ab	41
Fontane	210	-	46	33	41 abc	50
Fontane	210	T1	38	27	52 c	59
Fontane	210	T2	38	27	46 bc	51
Agria	210	-	54	39	38 abc	48
Agria	210	T2	58	44	49 c	53
Agria	210	T3	52	37	49 bc	52
Agria	150	-	39	26	38 abc	46
Agria	150	T2	45	29	66 d	67
Agria	150	T3	48	36	47 bc	59
<i>F pr. int.</i> ²			<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>0,001</i>	<i>n.s.</i>

¹ T1 = 4^e week september, T2 = 1^e week oktober, T3 = 3^e week oktober

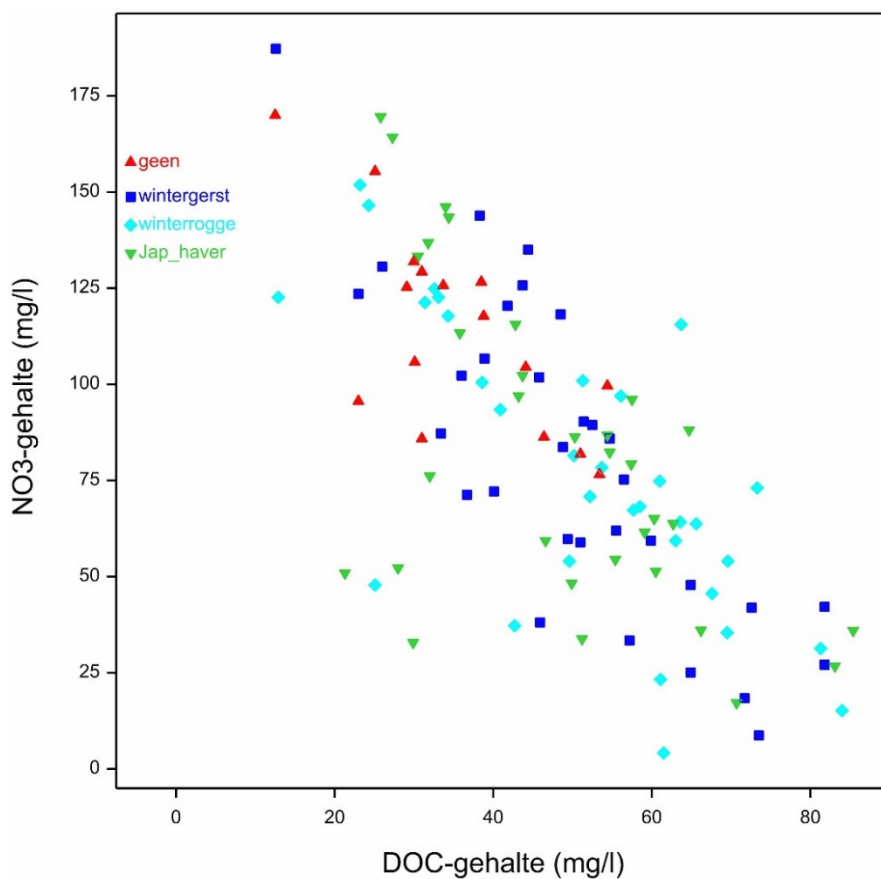
² F pr. interactie-effect tussen ras + N-gift en zaaimoment



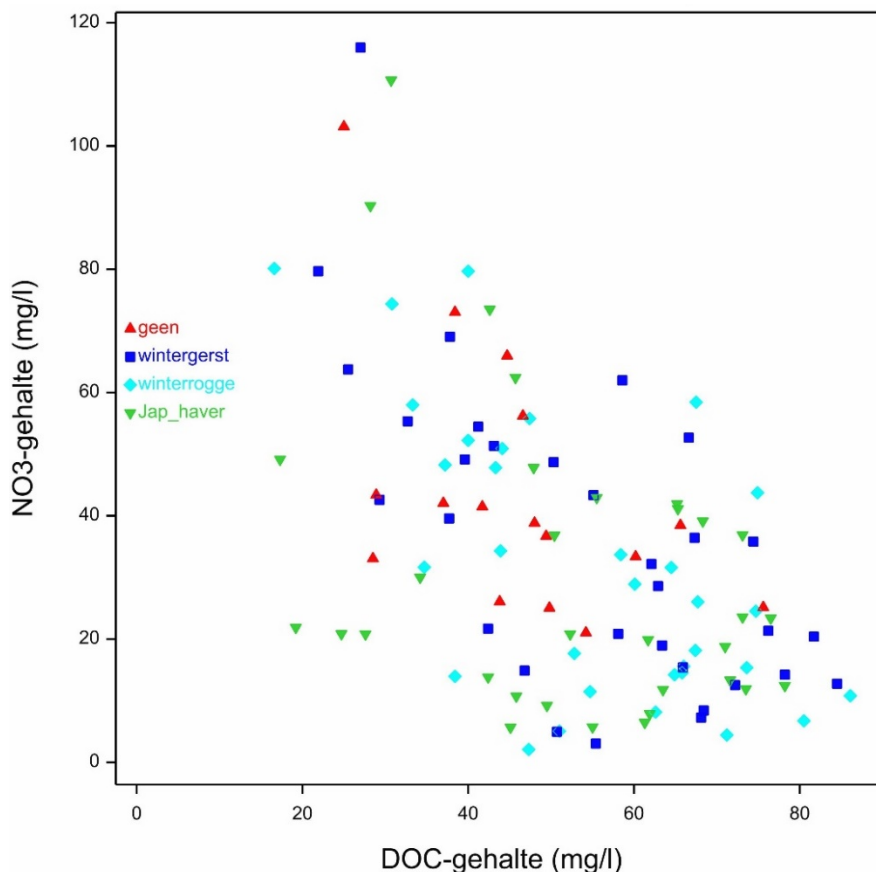
Figuur 7. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 11 november 2020



Figuur 8. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 14 december 2020



Figuur 9. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in het grondwater op 2 februari 2021



Figuur 10. Nitraatconcentratie in het grondwater uitgezet tegen de DOC-concentratie in grondwater op 3 maart 2021

3.3 Modelsimulatie nitraatconcentratie

Met het ANIMO-model (Renaud et al., 2005; Groenendijk et al., 2014; Heinen et al., 2020) is met de gegevens van dit driejarige onderzoek berekend wat in deze proeven het effect is van een vanggewas op de nitraatconcentratie in het grondwater in de verschillende jaren. De simulatie is beperkt tot één vanggewas: winterrogge, gezaaid eind september en ingewerkt eind maart met een totale N-inhoud van 45 kg/ha N. De aanpak en resultaten staan in bijlage 8 en worden hier kort beschreven. In het ANIMO-model is gerekend met de N-giften en N-opnames zoals die per jaar zijn gemeten in de veldproef.

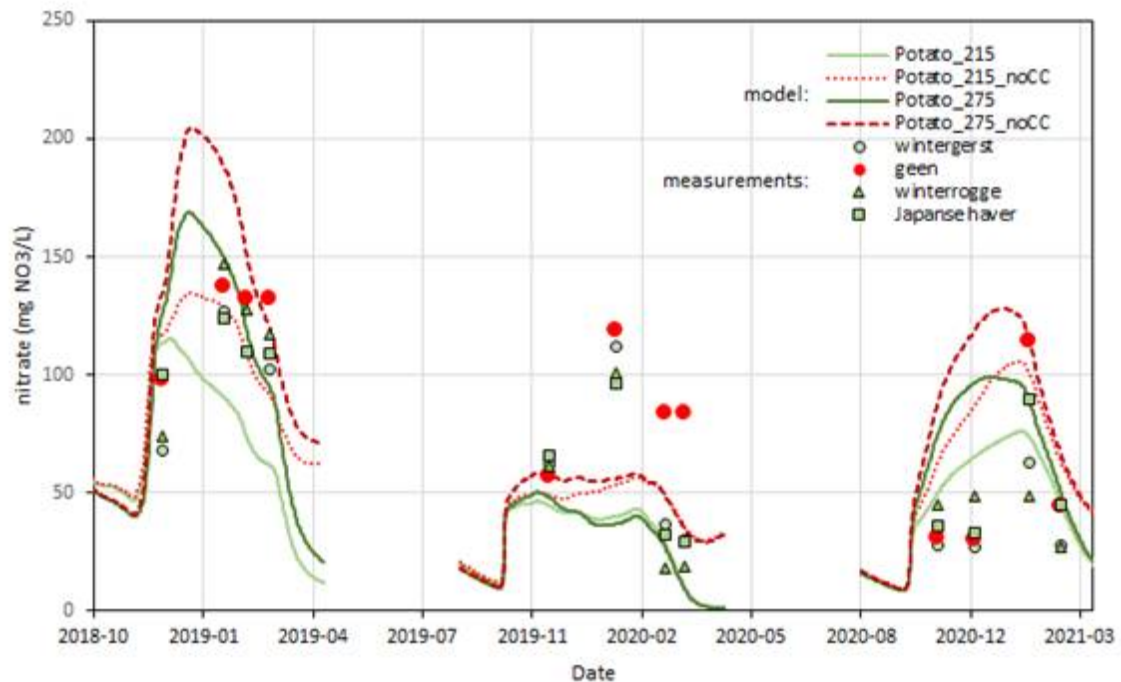
De gemodelleerde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater variëren zeer sterk in de tijd gedurende de winterperiode, met een piek aan het begin van de winter. De gemeten nitraatmetingen liggen in het 1^e en 3^e jaar binnen het bereik van de gemodelleerde nitraatconcentraties maar niet in het 2^e jaar. De gemodelleerde piek is in het 2^e jaar lager, omdat gerekend is met een lagere bemesting dan het 1^e en 3^e jaar (tabel 1, tabel 5, bijlage 3).

Het effect van de vanggewassen op nitraatconcentratie in grondwater wordt volgens het ANIMO-model zichtbaar vanaf januari. De met ANIMO gemodelleerde effecten van een vanggewas op de reductie van de nitraatconcentratie in grondwater (figuur 11) variëren van 21 tot 40 mg/l nitraat eind maart (het verschil tussen de stippellijnen en de doorgetrokken lijnen in figuur 11). Gemiddeld over de drie jaren is een daling berekend van de nitraatuitspoeling van 12 à 13 kg N per ha per jaar, ofwel zo'n 23 à 24% op jaarbasis (tabellen B8.5 en B8.6, bijlage 8). De gemeten effecten van de vanggewassen variëren van geen daling tot een daling van 58 mg/l, met name in februari en maart.

De ANIMO-modellering laat bij aardappel met een N-gift van 215 kg/ha een verliespost zien van nitraatuitspoeling van 37 kg N per ha met vanggewas en 49 kg N per ha zonder vanggewas (tabel

B8.5, bijlage 8): een vermindering van het verlies van 12 kg N/ha door het vanggewas. Bij een N-gift van 275 kg/ha is dat respectievelijk 44 en 58 kg N per ha: een reductie van 14 kg N/ha door het vanggewas. Dat is hoger dan de op basis van de gemeten nitraatconcentraties berekende reductie (zie tabel 30).

Daarnaast laat de modellering ook de andere posten zien in de stikstofbalans die zeer moeilijk meetbaar zijn: 11 à 12 kg N/ha verlies via denitrificatie (N_2O en N_2), maar ook een toename van organisch gebonden stikstof van 72 à 87 kg N/jaar. Dergelijke posten laten zien dat de stikstofopname door het vanggewas (bovengronds en totaal resp. 17 en 28 kg N/ha) niet gelijk hoeft te zijn aan het verminderen van de nitraatuitspoeling. Er zijn meerdere processen en balansposten die van invloed zijn op de nitraatuitspoeling (zie bijlage 8).



Figuur 11. Gemodelleerde nitraatconcentraties in het grondwater en gemiddelde metingen per vanggewas (uit de tabellen 27a, 28a en 29a).
Toelichting legenda: potato/aardappel bemest met 215 of 275 kg N per ha met of zonder vanggewas (no CC). Vanggewas is winterrogge, gezaaid eind september. Zie verdere toelichting in Bijlage 8.
Opmerking: de gemodelleerde concentraties liggen in het 2^e jaar lager omdat er toen minder is bemest dan het 1^e en 3^e jaar.

4 Discussie en conclusies

4.1 Resultaten aardappel

Het effect van de hoogte van de N-gift op de gewasontwikkeling en knolopbrengst van de aardappelen verschilde per ras en per jaar. De lagere N-gift leidde bij beide rassen tot een wat lagere knolopbrengst dan de hogere N-gift, maar het verschil was veelal niet significant. Zoals in paragraaf 2.1 is aangegeven, werden aardappelras en N-gift gerandomiseerd over de hoofdplots in deze proeven. Het onderscheidend vermogen in de hoofdplots is lager dan in de subplots. Echter het doel was om het effect van N-vanggewassen te beoordelen op de reductie van N-verlies bij verschillende uitgangssituaties. De vanggewassen en zaaimomenten waren daarom opgenomen in de subplots, waarin het onderscheidend vermogen hoger is dan in de hoofdplots.

Bij de lagere N-gift was de N-afvoer met de geoogst knollen gemiddeld over beide rassen en de drie proefjaren 21 kg N per ha lager dan bij de hogere N-gift. Het verschil van 60 kg N per ha tussen de hogere en lagere N-gift leidde tot een verlaging van het N-overschot (N-gift minus N-afvoer) van gemiddeld 39 kg N per ha. Verder was er bij gelijke N-gift geen significant verschil tussen beide rassen voor N-afvoer en N-overschot. Alleen de hoogte van de N-gift had dus effect op het N-overschot en niet het ras. Echter, door de lagere N-behoefte van Agria was het N-overschot gemiddeld bij dit ras ca. 40 kg N per ha lager dan bij Fontane.

De hoogte van de N-gift had geen effect op de fosfaatafvoer met de geoogste knollen. Het ras daarentegen wel: Het fosforgehalte in de knollen en de fosfaatafvoer waren bij Agria hoger dan bij Fontane. Het verschil bedroeg gemiddeld 5 kg P₂O₅ per ha. Voor de oorzaak van dit rasverschil is vooralsnog geen verklaring.

De N_{min} na oogst van de aardappelen was relatief laag, met name in 2018 en 2020. Van Enckevort et al (2002) leidden een gemiddelde waarde voor de N_{min} na de oogst van consumptieaardappel af van 68 kg N per ha in de laag 0-60 cm. In de proef van 2018 bedroeg de N_{min} na oogst in deze laag 30-41 kg/ha, in 2019 was dat 43-65 kg/ha en in 2020 was het 36-43 kg/ha (tabellen 13, 14 en 15). De verlaging van het N-overschot bij de verlaagde N-gift kwam niet of in geringe mate tot uiting in een verlaging van de minerale bodem-N in de laag 0-90 cm na oogst. Het wisselde per jaar. Bij Agria in 2020 was de N_{min} na oogst bij de hogere N-gift zelfs lager dan na de lagere N-gift. In tabel 35 is per jaar en ras de verlaging van het N-overschot en de verlaging van de N_{min} 0-90 cm weergegeven. Wellicht is er bij de hogere N-gift meer stikstof achtergebleven in de gewasresten dan bij de lagere N-gift. Deze zal in het najaar, als de gewasresten gaan verteren, (deels) weer vrij komen en kunnen worden opgenomen door het vanggewas.

Dat er tijdens de teeltperiode van de aardappelen stikstof is uitgespoeld tot beneden 0-90 cm, wat het verschil in N_{min} kan hebben genivelleerd, is gezien de droge zomers hoogst onwaarschijnlijk. Misschien is er stikstofverlies opgetreden door denitrificatie tijdens het groeiseizoen. De hoge temperaturen in de zomer kunnen in combinatie met waterverzadiging leiden tot denitrificatie (Heinen, 2006). Dit kan optreden na zware regenval of na irrigatie (Li, et al., 1992; Sexstone et al., 1985).

Tabel 35. Verlaging van het N-overschot (kg N per ha) en van de N_{min} 0-90 cm na oogst (kg N per ha) bij de lagere N-gift t.o.v. de hogere N-gift per ras

Ras	2018			2019			2020		
	Verlaging N-oversch.	Verlaging N _{min}	Verschil	Verlaging N-oversch.	Verlaging N _{min}	Verschil	Verlaging N-oversch.	Verlaging N _{min}	Verschil
Fontane	47	9	38	39	23	16	31	3	28
Agria	43	1	42	33	10	23	42	-7	49

4.2 Resultaten vanggewassen

De resultaten van de drie proefjaren laten zien dat de groeiomstandigheden in de herfst (temperatuur, zonneschijn en vocht) belangrijke invloed hebben op de ontwikkeling, droge-stofproductie en N-opname door de vanggewassen. In 2018 waren de omstandigheden het gunstigste en was de droge-stofproductie het hoogste van de drie proefjaren. De bovengrondse droge-stofopbrengst varieerde van 420 tot 1979 kg per ha, afhankelijk van zaaimoment en type vanggewas. In 2019 was de bovengrondse droge-stofopbrengst het laagste: 375 tot 1120 kg per ha. Tussen eind september en half oktober 2019 viel er veel neerslag. Waarschijnlijk heeft het natte en donkere weer de groei van de vanggewassen beperkt. In 2020 was de bovengrondse droge-stofopbrengst iets hoger dan in 2019 en bedroeg 355 tot 1365 kg per ha.

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. Dit kwam duidelijk tot uiting in 2018. Echter, daarnaast is een voldoende vochtige grond na zaaien een belangrijke voorwaarde voor een goede start en ontwikkeling van de vanggewassen. In 2019 waren de start en ontwikkeling van de in de 1^e week van oktober gezaaid vanggewassen beter dan van de in de 4^e week van september gezaaide gewassen, doordat de grond begin oktober vochtiger was dan eind september. Dit leidde tot een hogere droge-stofproductie en N-opname. Als de grond eind september nog droog is, waardoor het zaad niet goed kan kiemen, kan de zaai wellicht beter worden uitgesteld. In 2020 was de ontwikkeling in de herfst aanvankelijk ook beter naarmate vroeger was gezaaid, maar later nivelleerden de verschillen. Het effect van zaaitijdstip op de droge-stofproductie en N-opname was minder sterk dan in 2018.

Bij een lagere droge-stofopbrengst was het N-gehalte in de gewasdroge stof vaak hoger, waardoor de verschillen in N-opname kleiner waren dan de verschillen in droge-stofproductie. In 2018 varieerde de N-opname van 21 tot 73 kg per ha, afhankelijk van zaaimoment en type vanggewas. In 2019 varieerde het van 24 tot 49 kg per ha en in 2020 van 22 tot 44 kg per ha.

De verschillen in N-opname tussen de vanggewassen onderling waren kleiner dan de verschillen in N-opname tussen de jaren. Daarbij wisselden de onderlinge verschillen tussen de vanggewassen qua ontwikkeling, droge-stofproductie en N-opname per jaar en ook de interactie met zaaitijdstip en uitgangssituatie (aardappelras en N-gift) was wisselend. Om de vanggewassen goed te kunnen beoordelen alsook het effect van zaaimoment en uitgangssituatie op de vanggewassen, moeten de resultaten over meerdere jaren samen worden beschouwd.

Gemiddeld over de drie jaren was er geen wezenlijk verschil qua droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen bij zaaien in de 4^e week van september of zaaien in de 1^e week van oktober na Fontane. Ook waren er geen verschillen tussen de vanggewassen onderling. De N-opname van de vanggewassen na Fontane bedroeg gemiddeld 44 kg N per ha, waarvan 25 kg in de bovengrondse delen.

Bij zaaien in de 3^e week van oktober na Agria waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober. Ook waren er hierbij verschillen tussen de vanggewassen onderling. Bij zaaien in de 1^e week van oktober was de N-opname het hoogste bij winterrogge (42 kg N per ha, waarvan 22 kg in de bovengrondse delen) en het laagste bij wintergerst (37 kg N per ha, waarvan 19 kg in de bovengrondse delen). Bij zaaien in de 3^e week van oktober was de N-opname ook het hoogste bij winterrogge (35 kg N per ha, waarvan 17 kg in de bovengrondse delen) en het laagste bij Japanse haver (23 kg N per ha, waarvan 13 kg in de bovengrondse delen). Met name de N-opname van Japanse haver bleef relatief sterk achter bij zaai in de 3^e week van oktober. Dit kwam in alle drie de jaren in meer of mindere mate naar voren. Japanse haver lijkt daardoor als vanggewas minder geschikt voor zaai na half oktober dan winterrogge en wintergerst. Echter, de lagere N-opname van Japanse haver bij zaaien in de 3^e week van oktober uitte zich in dit onderzoek niet in een hogere nitraatconcentratie van het grondwater ten opzichte van winterrogge en wintergerst.

De hogere of lagere N-gift aan aardappel had gemiddeld over de jaren geen effect op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen. Alleen in 2018 na Fontane was bij zaaien in de 4^e week van september de N-opname van de vanggewassen bij de N-gift van 275 kg/ha hoger dan bij de

N-gift van 215 kg/ha. Waarschijnlijk profiteerde de vroeg gezaaide vanggewassen van de iets hogere N_{min} na de oogst van Fontane bij de hogere N-gift en mogelijk van extra N-nawerking uit de gewasresten. Bij zaaien in de 1^e week van oktober na Fontane alsook bij zaaien na Agria in zowel de 1^e als 3^e week van oktober had de hoogte van de N-gift aan aardappel geen effect op de N-opname van de vanggewassen. In de andere twee jaren had de hoogte van de N-gift geheel geen duidelijk effect op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen. Bij de latere zaaimomenten in 2018 waren de droge-stofproductie en N-opname lager dan bij het eerste zaaimoment. In 2019 en 2020 waren de droge-stofproductie en N-opname over het geheel lager dan in 2018. Wellicht zijn in 2019 en 2020 en bij later zaaien in 2018 andere groeifactoren meer beperkend geweest voor de gewasgroei en N-opname dan de beschikbaarheid van stikstof en/of is door regen de stikstof naar een diepere bodemlaag gespoeld en buiten het bereik van de wortels gekomen en is er mogelijk stikstof vervluchtigd via denitrificatie. Het najaar van 2018 was vrij droog. Het najaar van 2020 was natter dan dat van 2018 en dat van 2019 was veel natter.

Er was wel een effect van aardappelras op de vanggewassen. Bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen (N₂) en hetzelfde zaaimoment van de vanggewassen (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane hoger dan na Agria. Dit effect kwam in alle drie de jaren in meer of mindere mate naar voren. Het effect was significant in 2018 alsook gemiddeld over de drie jaren. Een goede verklaring hiervoor is niet op te maken uit de proeven. Een stikstofeffect lijkt onwaarschijnlijk. Bij gelijk N-gift was er geen significant verschil tussen de rassen qua stikstofoverschot en heeft Fontane niet duidelijk meer stikstof nagelaten dan Agria. In 2019 was de N_{min} na oogst in de laag 0-30 cm bij Fontane wel hoger dan bij Agria (tabel 13), maar in 2019 was het andersom (tabel 14) en in 2020 was er geen verschil (tabel 15). Dit geeft ook geen verklaring. Het verschil in N-opname bij zaaien na Fontane of Agria was in 2018 en 2019 alsook gemiddeld over de drie proefjaren het grootste bij wintergerst.

Selin Noren et al. (2021) verzamelden data over de droge-stofproductie en N-opname van groenbemesters/vanggewassen uit veldproeven, de internationale literatuur en uit bemonsteringen in 2018 en 2019. Op basis hiervan leidden ze een gemiddelde N-opname af voor een aantal groenbemestersoorten afhankelijk van het zaaitijdstip. De gegevens van de proeven met vanggewassen na aardappel en snijmaïs in 2018 en 2019 maken overigens ook deel uit van die dataset, naast data van andere locaties en jaren. Zij leidden een totale N-opname af voor winterrogge van 75 kg N per ha bij zaaien op 15 september, 55 kg N per ha bij zaaien op 1 oktober en 40 kg N per ha bij zaaien op 15 oktober. Die waarden liggen hoger dan wat in dit driejarig onderzoek te Vredepeel is gevonden (zie tabel 22d). Voor Japanse haver leidden ze een totale N-opname af van 40 kg N per ha bij zaaien op 15 september, 35 kg N per ha bij zaaien op 1 oktober en 35 kg N per ha bij zaaien op 15 oktober. Deze waarden komen vrij goed overeen met die van het onderhavige onderzoek (tabel 22d). Voor wintergerst vonden ze geen duidelijk verschil in N-opname in de periode tussen 1 september en 1 oktober en leidden een gemiddeld waarde af van 40 kg N per ha. Ook dit stemt overeen met het onderhavige onderzoek (tabel 22d). Voor zaaien op 15 oktober leidden ze een waarde af van 20 kg N per ha, wat lager is dan te Vredepeel is gevonden bij zaaien in de 3^e week van oktober (tabel 22d). Uit de dataset van Selin Noren et al. (2021) blijkt ook dat de spreiding in N-opname rondom het gemiddelde groot is. In individuele situaties kan de N-opname sterk variëren, afhankelijk van de groeiomstandigheden. Dit blijkt ook uit dit driejarig onderzoek te Vredepeel, waarbij er op dezelfde locatie en grondsoort als gevolg van verschil in weersomstandigheden in de herfst variatie optrad tussen de jaren.

4.3 Nitraatuitspoeling

In 2018 en 2020 lagen de proeven nabij het Peelkanaal (zie bijlage 1). De afstand tot het kanaal bedroeg ca. 360 m in 2018 en ca. 425 m in 2020. 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 proeven van 2018 en 2020 lagen op een voldoende grote afstand van het kanaal om een invloed op de nitraatconcentratie van 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 n-ijling van nitraat kan wel vier jaar duren (Fraters et al., 2007).

De hoogste nitraatconcentraties in het grondwater gedurende de winterperiode werden eind januari/begin februari gemeten. Zonder vanggewas was dat 137 mg NO₃ per l op 29 januari 2019, 119 mg NO₃ per l op 22 januari 2020 en 114 mg NO₃ per l op 2 februari 2020. Daarna daalden de gehalten. In de winter van 2018/2019 betrof het een geringe daling maar in de winters van 2019/2020 en 2020/2021 daalden de nitraatconcentraties tot gemiddeld <50 mg/l in maart. Die daling kan een gevolg zijn van: verdunning van het grondwater met nieuw water of verdringing door nieuw water dat geen of weinig nitraat meer bevat, of biologische/chemische processen die leiden tot afbraak van nitraat in de bodem.

Het effect van de teelt van de vanggewassen op de nitraatconcentratie in het grondwater werd later in de winter zichtbaar (februari – maart). 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.

Dat er eerder in de winter nog geen effect was op de nitraatconcentratie, is niet zo relevant. De concentratie aan het einde van de winter is het meest relevant, want dat is bepalend voor de concentratie die de rest van de zomer in het grondwater blijft. Voor seizoen 2018/2019 betrof dat de laatste twee metingen: 19 februari en 11 maart 2019. Idem voor seizoen 2019/2020: 6 maart en 24 maart. Voor seizoen 2020/2021 was de reductie het grootste op 2 februari. Daarna daalden de nitraatconcentraties op 3 maart en nivelleerden de verschillen tussen braak en de vanggewassen. Hier is geen goede verklaring voor gevonden. De nitraatconcentraties kunnen zijn verdund door de regen die tussen 2 februari en 3 maart 2021 viel, maar er viel in die periode minder regen dan normaal. Tussen 22 januari en 6 maart 2020 daalden de nitraatconcentraties ook. In die periode viel er veel meer regen dan normaal, maar kwamen de verschillen tussen braak en de vanggewassen wel duidelijk tot uiting. Mogelijk heeft de hogere grondwaterstand in de winter op het proefveld van 2020/2021 ten opzichte van de proefvelden in de twee voorgaande jaren (zie bijlage 3, figuur B3.1) ertoe bijgedragen dat de verschillen nivelleerden. Hoe hoger het grondwater staat, hoe "sneller" het bodemvocht is omgezet naar grondwater (door stijging van de grondwaterspiegel) en hoe sneller een piek wordt gevonden en weer verdwijnt.

De teelt van vanggewassen gaf in alle drie de jaren een vermindering van de stikstofuitspoeling, maar het effect verschilde sterk per seizoen. Ook de berekende, totale hoeveelheid stikstof die is uitgespoeld naar het grondwater (de N-flux), verschilde per seizoen en hield geen verband met het N-overschot van het hoofdgewas aardappel. De N-flux bij de braakobjecten was het hoogste in 2019/2020: gemiddeld 49 kg N per ha, tegenover 26 kg N per ha bij de vanggewasobjecten. De N-flux bij de braakobjecten was het laagste in 2020/2021: gemiddeld 22 kg N per ha, tegenover 16 kg N per ha bij de vanggewasobjecten. In 2018/2019 bedroeg de N-flux gemiddeld 41 kg N per ha bij de braakobjecten en 37 kg N per ha bij de vanggewasobjecten.

In 2018/2019 was het effect van de vanggewassen op de vermindering van stikstofuitspoeling gering, ondanks dat de N-opname door de vanggewassen in dat jaar het hoogste was. In 2019/2020 was de vermindering het grootste van drie jaren, terwijl de N-opname door de vanggewassen dat jaar het laagste was. Dit duidt erop andere factoren dan alleen de N-vastlegging door het vanggewas een rol hebben gespeeld, waarschijnlijk de hoeveelheid neerslag en mogelijk de grondwaterstand. De herfst- en winterperiode van 2019/2020 waren veel natter dan die van 2018/2019. Ook de herfst- en winterperiode van 2020/2021 was natter dan die van 2018/2019 maar minder nat dan die van 2019/2020. De actuele, gemeten grondwaterstanden in de winterperiode verschilden weinig tussen 2018/2019 en 2019/2020 (zie bijlage 3, figuur B3.1). Hier zal vooral het verschil in neerslag in de herfst en winter tussen deze beide jaren een rol hebben gespeeld. In de proef van 2020/2021 stond het grondwater hoger dan in de twee voorgaande jaren. Mogelijk was daardoor in dat jaar de uitspoelfractie lager en is er van het N-overschot een groter deel gedenitrificeerd dan in de twee voorgaande jaren. Als er van het N-overschot minder uitspoelt naar het grondwater bij zowel de

braakobjecten als de vanggewasobjecten nivelleert ook het onderlinge verschil tussen beide. Verder bleek er ook binnen de jaren geen goed verband te zijn tussen de N-opname door het vanggewas dan wel de vermindering van het N-verlies uit de bodemlaag 0-90 cm en de reductie van de stikstofuitspoeling. Modelberekeningen met ANIMO laten 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 teelt van de vanggewassen kwam niet overeen met de reductie van berekend N-verlies op basis van een N-balans dan wel met de N-vastlegging door de vanggewassen. De reductie van de N-flux was in alle drie de proefjaren kleiner dan de reductie van het berekende N-verlies dan wel de N-vastlegging door de vanggewassen. Het kan erop duiden dat andere posten op de N-balans ook verschilden tussen de braakobjecten en de vanggewasobjecten.

Het verschil tussen reductie van de N-flux en de N-vastlegging door de vanggewassen was het grootste in het relatief droge herfst- en winterseizoen van 2018/2019 en het kleinste in het zeer natte seizoen van 2019/2020. Dat er in 2018/2019 meer stikstof verloren is gegaan door denitrificatie en de verschillen zijn genivelleerd, is onwaarschijnlijk, want denitrificatie treedt juist onder natte omstandigheden op. De stikstof werd na de winter ook niet teruggevonden in de bodemlaag 0-90 cm. Het kan zijn 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 winter steeg het grondwaterniveau (zie tabel B3.2 en figuur B3.1 in bijlage 3). Nitraat dat is opgelost in het bodemvocht in de onverzadigde zone tussen 90 cm -mv en de grondwaterspiegel, wordt bij stijging van de grondwaterspiegel nitraat in het grondwater zonder dat er neerwaarts transport heeft plaatsgevonden. Hoewel van de peilbuizen alleen de onderste meter is geperforeerd (1,5 tot 2,5 m beneden maaiveld), kan het water daarboven naar het geperforeerde deel toestromen omdat de buizen in een open gat staan. In seizoen 2018/2019 bedroeg de laagste grondwaterstand gemiddeld 113 cm -mv en zou de stikstof in een bodemlaag van ca. 20 cm moeten zijn gebleven (tussen 90 cm -mv en de hoogste grondwaterstand). Het is niet bekend of dit zo is, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat zich in een relatief dunne bodemlaag net onder 90 cm -mv toevallig veel stikstof heeft opgehoopt. In de andere twee seizoenen kwam de gemiddelde laagste grondwaterstand boven het niveau van 90 cm -mv uit en was er geen onverzadigde zone tussen 90 cm -mv en de grondwaterspiegel. Als de berekende waterflux en de nitraatmetingen gebruikt worden om de N-flux te extrapoleren buiten de meetperiode, bijvoorbeeld voor de maand april, dan is de berekende N-flux hoger en is het verschil met de braakobjecten groter, maar nog steeds kleiner dan de N-opname door het vanggewas.

Een kleinere reductie van de N-flux dan de N-vastlegging door de vanggewassen, 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. Deze methode wijkt af van methode waarin de nitraatconcentratie direct wordt gemeten in grondwater. Er is geen onderzoek bekend waarin beide methoden zijn vergeleken. 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 vooralsnog twijfelachtig. Het verdient aanbeveling om bij vervolgonderzoek langer door te gaan na de winter met meting van de nitraatconcentratie in het grondwater om de vermindering van de N-flux naar het grondwater door de vanggewassen beter te kunnen berekenen. 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 ANIMO-modellering geeft in twee van de drie jaar nitraatconcentraties in hetzelfde bereik als gemeten in de veldproef maar met grotere dynamiek in de winterperiode. De modellering van één type vanggewas, op basis van de gemiddeld gemeten N-opname door het vanggewas, suggereert een daling van de nitraatuitspoeling door teelt van een vanggewas op jaarbasis van 12-13 kg N per ha en een vermindering van de nitraatconcentratie in het grondwater van 21-40 mg NO₃ per liter.

De verlaagde N-gift aan aardappel leidde niet of nauwelijks tot minder stikstofuitspoeling, in tegenstelling tot het resultaat van de modelberekening met ANIMO waar een lagere N-gift wel tot een daling van de nitraatconcentratie leidde. Waarom de verlaagde N-gift wel leidde tot een lagere N-overschot maar waarom geen lagere nitraatuitspoeling is gemeten, is niet duidelijk.

Verder is de relatie tussen nitraat en DOC in het grondwater opmerkelijk: een hogere DOC-concentratie ging gepaard met een lagere nitraatconcentratie. De DOC-concentratie werd beïnvloed door de teelt van vanggewassen. De DOC-concentratie was bij benadering omgekeerd evenredig met de nitraatconcentratie. Op de momenten dat er effect was van de vanggewassen op de nitraatconcentratie, was er ook een effect op de DOC-concentratie en op de momenten dat er geen effect was op de nitraatconcentratie was er ook geen effect op de DOC-concentratie.

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. Naast de afbraak van gewasresten van gewasresten van de aardappelen, 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. Het is de vraag 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 bevindingen suggereren een oorzakelijk verband tussen DOC-concentraties en nitraatconcentraties als gevolg van de teelt van een vanggewas. Echter, dit oorzakelijke verband is niet experimenteel vastgesteld in het onderzoek.

Als een hoger DOC-concentratie de verklaring zou zijn voor een lagere nitraatconcentratie, dan zou de N-opname van de vanggewassen weinig tot niets hebben toegevoegd aan de vermindering van de stikstofuitspoeling. De relatie tussen nitraatconcentratie en DOC-concentratie bij braak had dan duidelijk moeten verschillen van die bij de vanggewassen. Dit was niet het geval.

Anderzijds was de reductie van stikstofuitspoeling door de vanggewassen het grootste in het herfst- en winterseizoen van 2019/2020, dat ook een zeer nat seizoen was, terwijl de N-opname door de vanggewassen dat jaar lager was dan in 2018. Mogelijk heeft toen denitrificatie er wel toe bijgedragen dat de vermindering van stikstofuitspoeling door de vanggewassen groter was dan in de relatief droge herfst- en winterperiode van 2018/2019, toen de N-opname door de vanggewassen juist hoger was. Verder is opmerkelijk dat in 2019 de N-opname van de vanggewassen na Fontane bij zaaien in de 1^e week van oktober (T2) hoger was dan bij zaaien in de 4^e week van september (T1), met name bij de lage N-gift aan Fontane, maar dat de nitraatconcentratie in het grondwater in maart bij de lage N-gift aan Fontane bij zaaien op T1 toch significant lager was dan bij zaaien op T2. Het bevestigt dat er meer factoren een rol hebben gespeeld bij de reductie van stikstofuitspoeling dan enkel de N-opname door de vanggewassen. Het vraagt om diepgaander onderzoek naar de processen in de bodem om dit uit te zoeken.

De onderlinge verschillen tussen de vanggewassen wat betref de vermindering van uitspoeling waren niet eenduidig in de verschillende jaren, maar ze waren ook gering. Gemiddeld over de drie jaren, de drie vanggewassen en alle zaaimomenten bedroeg de vermindering van de N-uitspoeling (N-flux naar het grondwater) 11 kg N per ha ten opzichte van braak en de verlaging van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater gemiddeld 28 mg/l. Ten aanzien van verlaging van de nitraatconcentratie voldeden wintergerst en Japanse haver gemiddeld genomen even goed als winterrogge.

Hoewel de Japanse haver half januari 2019 en begin februari 2021 afstierf door de vorst, waren de nitraatconcentratie in het grondwater en de stikstofflux niet hoger dan bij wintergerst en wintertarwe. De gemeten N_{min}-voorraad in de bodem aan het einde van de winter van 2018/2019 was iets hoger dan bij winterrogge en wintergerst. Dit duidt erop dat er een geringe hoeveelheid stikstof is vrijgekomen uit de Japanse haver. Maar die stikstof bevond zich nog in de laag 0-60 cm. Als de 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. De Nmin-voorraad aan het einde van de winter van 2020/2021 was bij Japanse haver niet hoger dan winterrogge en wintergerst. Dit duidt erop dat er nog geen stikstof was vrijgekomen uit de Japanse haver.

Naarmate de vanggewassen later werden gezaaid, was de vermindering van stikstofuitspoeling en verlaging van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wat kleiner. Echter, de vermindering door een later gezaaid vanggewas ten opzichte van geen vanggewas, was altijd nog groter dan het verschil tussen een vroeger of later gezaaid vanggewas (tabel 30d). Zaaïen in de 3^e week van oktober na Agria gaf een reductie van 12 kg N per ha of 25 mg NO₃ per l ten opzichte van geen vanggewas, terwijl het verschil met zaaïen in de 1^e week van oktober 3 kg N per ha of 11 mg NO₃ per l bedroeg. Na Fontane bedroeg de reductie bij zaaïen in de 1^e week van oktober 8 kg N per ha of 20 mg NO₃ per l ten opzichte van geen vanggewas en bedroeg het verschil met zaaïen in de 4^e week van september 4 kg N per ha of 8 mg NO₃ per l.

Ondanks dat na Fontane gemiddeld over de drie jaren de N-opname van de vanggewassen bij zaaïen in de 4^e week van september niet wezenlijk verschilde van die bij zaaïen in de 1^e week van oktober, gaf zaaïen in de 4^e week van september wel een sterkere verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater (32 mg/l) dan zaaïen in de 1^e week van oktober (20 mg/l).

Voor de N-bodembalans is de stikstofflux relevant, maar de grondwaterkwaliteit wordt beoordeeld op basis van de nitraatconcentratie aan het einde van de winter. Op basis van de laatste twee metingen elk jaar, aan het einde van de winter, heeft de teelt van N-vanggewassen na aardappel gemiddeld over de drie proefjaren geleid tot een reductie van de nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater van:

- 95 naar 63 mg/l bij zaaïen in de 4^e week van september en naar 75 mg/l bij zaaïen in de 1^e week van oktober na het ras Fontane;
- 101 naar 65 mg/l bij zaaïen in de 1^e week van oktober en naar 76 mg/l bij zaaïen in de 3^e week van oktober na het ras Agria.

Echter dit betreft de reductie in de winter na de aardappelteelt op perceelsniveau. Voor de grondwaterkwaliteit is het effect op gebiedsniveau (in dit geval de regio Zuidelijk zand) op lange termijn van belang. Aardappelen maken slechts een deel uit van het totale areaal landbouwgewassen in een gebied en het telen van een vanggewas na aardappel heeft dan ook enkel op dit deel effect. Verder komt de stikstof die door de vanggewassen is opgenomen, ook weer vrij. Een deel mineraliseert in het groeiseizoen c.q. in een periode dat de stikstof kan worden opgenomen door gewassen. Die stikstof kan in mindering worden gebracht op de stikstofgift. Maar als dat niet gebeurt, komt er extra stikstof beschikbaar voor het volggewas, wat zal leiden tot een hoger N-bodemoverschot en kans op extra stikstofuitspoeling in de navolgende winter. Een ander deel van de stikstof uit de vanggewassen mineraliseert 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 uitspoelen in de navolgende winter. Om de uitspoeling in de navolgende winter te reduceren, zou er wederom een (vang)gewas in de herfst moeten worden geteeld dat de stikstof vastlegt en over de winter heen tilt.

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. In het WOGWOD-model wordt rekening gehouden met een regionaal bouwplan. Volgens de berekening met het WOGWOD-model zou voor de regio zuidelijk zand de nitraatconcentratie in het grondwater met 3,9 mg/l dalen indien de N-nawerking uit de vanggewassen niet in mindering wordt gebracht op de stikstofbemesting en met 11,6 mg/l indien het wel in mindering wordt gebracht.

Verder zijn de gevonden verlagingen van de nitraatconcentratie 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) voor het WOGWOD-model 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.

4.4 Conclusies en aanbevelingen

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

Verlaging van de N-gift aan de aardappelen met 60 kg/ha leidde tot een 21 kg/ha lagere N-afvoer en een 39 kg/ha lager N-overschot. Bij gelijke N-gift was er geen significant verschil tussen beide rassen (Fontane en Agria) voor het N-overschot.

De verlaging van het N-overschot bij de verlaagde N-gift kwam niet of in geringe mate tot uiting in een verlaging van de minerale bodem-N in de laag 0-90 cm na oogst van de aardappelen. Ook leidde de verlaagde N-gift aan aardappel niet of nauwelijks tot minder stikstofuitspoeling. Er was geen verband tussen het N-overschot van de aardappelteelt en de hoeveelheid stikstof die uitspoelde naar het grondwater (de N-flux).

De hoogte van de N-gift had geen effect op de fosfaatafvoer met de geoogste knollen. Het ras daarentegen wel: de afvoer was bij Agria 5 kg P₂O₅ per ha hoger dan bij Fontane.

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, mits er geen sprake is van droogte. Een voldoende vochtige grond na zaaien is eveneens een belangrijk voorwaarde voor een goede start van de groei en ontwikkeling van de vanggewassen.

Gemiddeld over de drie jaren verschilde de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen niet wezenlijk tussen zaaien in de 4^e week van september of zaaien in de 1^e week van oktober na de teelt van Fontane. Er was hierbij ook geen duidelijk verschil tussen de vanggewassen onderling. De N-opname (in boven- en ondergrondse delen) van de drie vanggewassen bij zaaien in de 4^e week van september of in de 1^e week oktober na Fontane bedroeg gemiddeld 44 kg per ha.

Bij zaaien in de 3^e week van oktober na de teelt van Agria waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen lager dan bij zaaien in de 1^e week van oktober na Agria. Ook waren er hierbij verschillen tussen de vanggewassen onderling. Met name de N-opname van Japanse haver bleef relatief sterk achter bij zaaien in de 3^e week van oktober. Bij zaaien in de 1^e week van oktober was de N-opname het hoogste bij winterrogge (42 kg/ha) en het laagste bij wintergerst (37 kg/ha). Bij zaaien in de 3^e week van oktober bedroeg de N-opname bij winterrogge en wintergerst respectievelijk 35 en 33 kg/ha en bij Japanse haver 23 kg/ha.

De hogere of lagere N-gift aan aardappel had zelden effect op de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen. Het aardappelras had wel effect: bij gelijke N-gift aan de aardappelrassen en hetzelfde zaaimoment (1^e week oktober) waren de droge-stofproductie en N-opname van de vanggewassen na Fontane hoger dan na Agria. Het verschil in N-opname was het grootste bij wintergerst.

De berekende vermindering van N-uitspoeling naar het grondwater (de N-flux) door de vanggewassen kwam niet overeen met de N-vastlegging door de vanggewassen dan wel de reductie van berekend N-verlies op basis van een N-bodembalans. De vermindering van de N-flux was lager dan op basis van de N-vastlegging door de vanggewassen werd verwacht. Het is echter vooralsnog twijfelachtig of N-flux over een relatief korte periode als het winterseizoen goed kan worden berekend op basis van de nitraatconcentraties gemeten in het grondwater met behulp van peilbuizen. Het verdient aanbeveling om bij vervolgonderzoek langer door te gaan na de winter met het meten van de nitraatconcentratie in het grondwater om de vermindering van de N-flux naar het grondwater door de vanggewassen beter te kunnen berekenen.

Ten aanzien van verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater voldeden wintergerst en Japanse haver even goed als winterrogge.

Het effect van de teelt van de vanggewassen op de nitraatconcentratie in het grondwater werd later in de winter zichtbaar (februari – maart). Gemiddeld over de drie proefjaren en de laatste twee meetmomenten elk jaar, aan het einde van de winter, gaf de teelt van N-vanggewassen na aardappel op perceelsniveau een reductie van de nitraatconcentratie in het ondiepe grondwater van:

- 95 naar 63 mg/l (-32 mg/l) bij zaaien in de 4^e week van september en van 95 mg/l naar 75 mg/l (-20 mg/l) bij zaaien in de 1^e week van oktober na het ras Fontane;
- 101 naar 65 mg/l (-36 mg/l) bij zaaien in de 1^e week van oktober en van 101 mg/l naar 76 mg/l (-25 mg/l) bij zaaien in de 3^e week van oktober na het ras Agria.

Naarmate de vanggewassen later werden gezaaid, was de verlaging van de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wat kleiner. Echter, de verlaging door een later gezaaid vanggewas ten opzichte van geen vanggewas was altijd nog groter dan het verschil tussen een vroeger of later gezaaid vanggewas. Zaaien in de 3^e week van oktober na Agria gaf een verlaging van 25 mg NO₃ per l ten opzichte van geen vanggewas, terwijl het verschil met zaaien in de 1^e week van oktober 11 mg NO₃ per l bedroeg. Na Fontane bedroeg de verlaging bij zaaien in de 1^e week van oktober 20 mg NO₃ per l ten opzichte van geen vanggewas en bedroeg het verschil met zaaien in de 4^e week van september 8 mg NO₃ per l.

De gevonden verlagingen van de nitraatconcentratie zijn echter locatie-specifiek en niet representatief 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 die worden gehanteerd in het WOGWOD-model, te valideren voor bedrijfssystemen met vanggewassen. Misschien moeten hiervoor afzonderlijke relaties worden afgeleid.

Op de meetmomenten dat een verlaging van de nitraatconcentratie in het grondwater werd gemeten door de teelt van de vanggewassen, werd een verhoging van de DOC-concentratie in het grondwater gemeten. De DOC-concentratie was bij benadering omgekeerd evenredig met de nitraatconcentratie. Het is niet duidelijk of een hoger DOC-concentratie de denitrificatie van nitraat heeft bevorderd en daardoor de nitraatconcentratie in het grondwater heeft verlaagd of dat beide door de vanggewassen zijn beïnvloed zonder dat er causaal verband is. Aanbeveling is om in het vervolg in het onderzoek naar nitraatuitspoeling ook naar de relatie met DOC te kijken en als DOC een rol speelt bij de vermindering van nitraatuitspoeling nader onderzoek te doen naar de verhouding van denitrificatie met N-opname.

Literatuur

- 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.
- 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.
- Duan, Y.F., Bruun, S., Jensen, L.S., van Gerven, L., Hendriks, C., Stokkermans, L., Groenendijk, P., Lesschen, J.P., Prado, J., Fangueiro, D. (2021). Mapping and characterization of CNP flows and their stoichiometry in main farming systems in Europe. <https://edepot.wur.nl/547940>
- 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 Goffau A., Van Leeuwen T.C., Van den Ham A., Doornewaard G.J. & Fraters B. (2012). Minerals policy monitoring programme report 2007–2010. Methods and procedures. RIVM report 680717018. Bilthoven, The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment.
- De Vos, J. A. (2001). Monitoring nitrate leaching from submerged drains. *Journal of environmental quality*, 30(3), 1092-1096.
- De Vos, J.A. & Assinck, F.B.T. (2004). Nitraatuitspoeling Vredepeel 2002-2003. Rapportnr. OV0406, Wageningen.
- De Vos, J. A., Hummelink, E. W. J., & Van Steenberghe, T. S. (2002). Waterretentie en waterdoorlatendheidskarakteristieken van TmT-proefvelden in Meterik en Vredepeel (No. OV 0204). *Plant Research International*.
- 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>
- Groenendijk, P., P. Schipper, R. Hendriks, J. van den Akker & M. Heinen (2017a). Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit. Deelstudies Goede Grond voor een duurzaam watersysteem. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Report 2811.
- Groenendijk, P., Heinen, M., Klammler, G., Fank, J., Kupfersberger, H., Pisinaras, V., Gemitzi, A., Peña-Haro, S., García-Prats, A., Pulido-Velazquez, M., Perego, A., Acutis, M., & Trevisan, M. (2014). Performance assessment of nitrate leaching models for highly vulnerable soils used in low-input farming based on lysimeter data. *Science of the total environment*, 499, 463-480.

- Heinen, M., Assinck, F., Groenendijk, P., & Schoumans, O. (2020). Soil Dynamic Models: Predicting the Behavior of Fertilizers in the Soil. *Biorefinery of Inorganics: Recovering Mineral Nutrients from Biomass and Organic Waste*, 405-435.
- 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.
- Kroes, J. G., Dam, J. C. van, Bartholomeus, R. P., Groenendijk, P., Heinen, M., Hendriks, R. F. A., Mulder, H. M., Supit, I., & Walsum, P. E. V. van. (2017). Swap version 4: theory description and user manual (report, 2780). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/416321>
- 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>
- Li, C., Frolking, S., & Frolking, T. A. (1992). A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 2. Model applications. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 97(D9), 9777-9783.
- 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.
- Oosterbaan, R. J., & Nijland, H. J. (1994). Determining the Saturated Hydraulic Conductivity. Chapter 12 in: H.P.Ritzema (Ed.), *Drainage Principles and Applications*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), Publication 16, second revised edition, 1994, Wageningen, The Netherlands. ISBN 90 70754 3 39
- Plaza-Bonilla, D., Nolot, J.-M., Raffaillac, 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.
- Renaud, L. V., Roelsma, J., & Groenendijk, P. (2005). Animo 4.0; user's guide of the Animo 4.0 nutrient leaching model (No. 224). Alterra.

-
- Schroder, 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.
- Selin Noren, I., van Geel, W., de Haan, J. (2021) Cover crop reference values: effective organic matter and nitrogen uptake, Wageningen Research, Report WPR 877.
<https://edepot.wur.nl/544859>
- Sexstone, A.J., Parkin, T.B. & Tiedje, J.M. (1985). Temporal response of soil denitrification rates to rainfall and irrigation. *Soil Science Society of America Journal*, 49(1), 99-103.
- 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.
- Stolk, P.C. & J.G. Kroes (2012). Water en nutriënten gelimiteerde gewasopbrengst; Koppeling van de modellen SWAP-ANIMOWOFOST. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2346.
- 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 Beek, C. L., Heinen, M., & Clevering, O. A. (2007). Reduced nitrate concentrations in shallow ground water under a non-fertilised grass buffer strip. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 79(1), 81-91.
- 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 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. & 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.

Bijlage 1 Ligging van de proefpercelen en bodemvruchtbaarheidgegevens

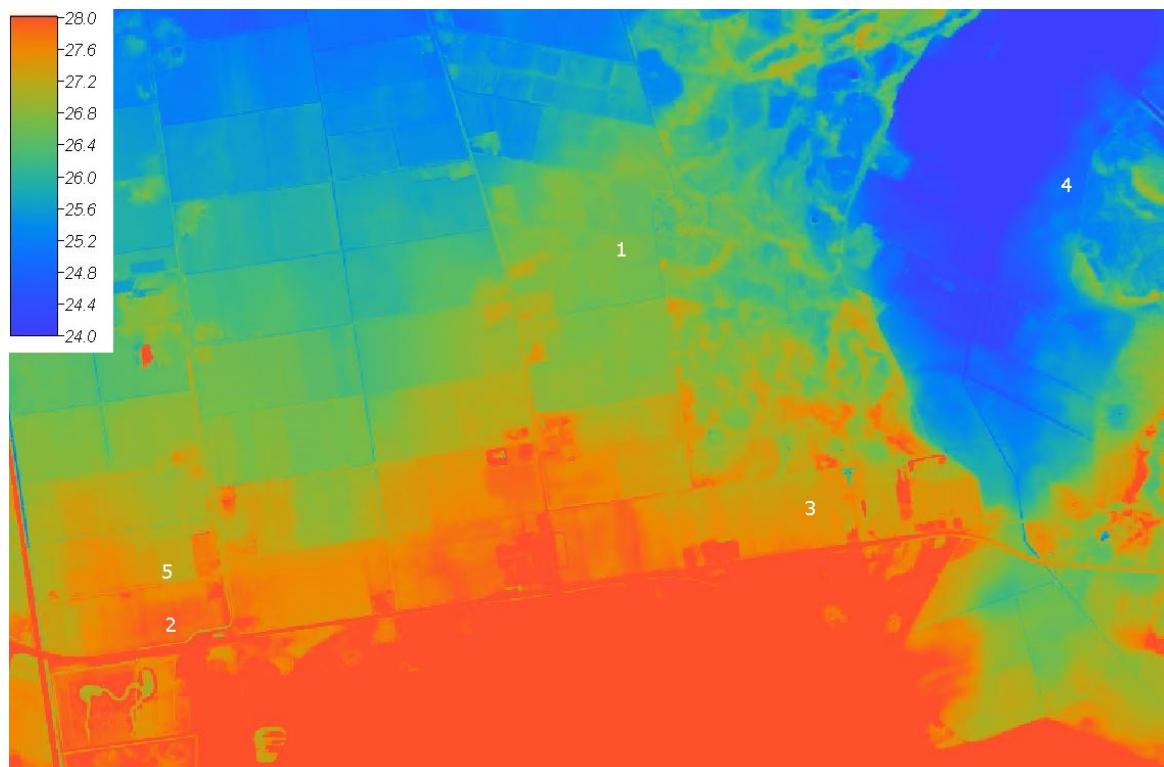
Ligging van de proefpercelen

Tabel B1.1. Locaties van de proefvelden

veld	2018/'19	2019/'20	2020/'21	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

*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 (Vredeweg 14-15)



Rapport

BemestingsWijzer
Akker-/tuinbouw
Vredeweg 14-15

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: Patrick Bens: 0652002108
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: 786432/004903101	Datum monsternr: 27-11-2019	Datum verslag: 10-12-2019	Subsidieverlener: Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	3580	3790 - 5530				
	C/N-ratio		16	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	45	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	11	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	510	685 - 955				
	C/S-ratio		114	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	3	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	16,4	6,1 - 10,2				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	1015	445 - 685				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	180	240 - 375				
K-bodemvoorraad	kg K/ha	225	195 - 330					
Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	55	245 - 575					
Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1505	1260 - 1890					
Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	330	170 - 290					
Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	250	90 - 360					
Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	50	120 - 170					
Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	85	80 - 120					
Fysisch	Zuurgraad (pH)		5,2	5,6 - 6,1				
	C-organisch	%	1,7					
	Organische stof	%	3,1					
	C/OS-ratio		0,55	0,45 - 0,55				
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0				
	Klei (<2 µm)	%	1					
	Silt (2-50 µm)	%	9					
	Zand (>50 µm)	%	87					
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	31	> 33				
	CEC-bezetting	%	96	> 95				
	Ca-bezetting	%	71	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	19	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	5,5	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	< 0,1	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	0,3	< 1,0				
Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0					
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	zeer goed	
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0					
Verslamping	rapportcijfer	7,6	6,0 - 8,0					

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 8

786432, 10-12-2019



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van Benthum, 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 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 Rijkregister voor testlaboratoria zoals

Vredeweg 14-15

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog	hoog
Biologisch								
Vochthoudend vermogen mm		45						
Microbiële biomassa	mg C/kg	201	155 - 465					
Microbiële activiteit	mg N/kg	19	60 - 80					
Schimmel/bacterie-ratio		0,3	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.

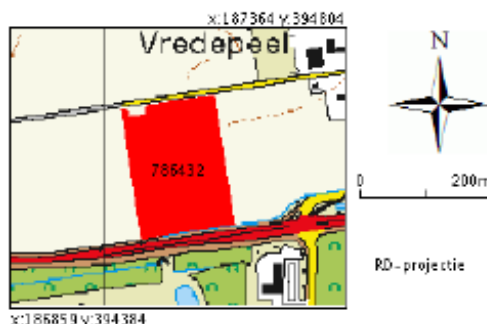
Wetgeving

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-AI) = 68 mg P₂O₅/100 g
P-plantbeschikbaar (P-PAE) = 4,8 mg P/kg
Pw-getal = 69 mg P₂O₅/l

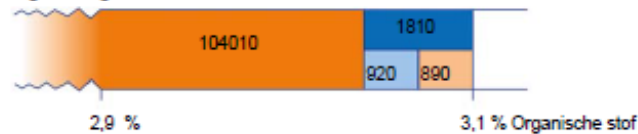


Zuidelijk
veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 187167 394703, 187155 394702, 187090 394692, 187066 394688, 187065 394687, 187061 394684, 187062 394678, 187063 394674, 187062 394674, 187038 394670, 187037 394670, 187036 394676, 187036 394680, 187035 394680, 187030 394684, 187025 394683, 187025 394683, 187025 394683, 187032 394633, 187039 394586, 187049 394523, 187055 394483, 187055 394483, 187055 394483, 187058 394484, 187080 394487, 187090 394490, 187091 394490, 187103

Organische stof Figuur: Organische stofbalans



Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 1,7

- 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
Conserven-erwten	170
Waspeen	700
Wintergerst	1570
Gemiddelde aanvoer/jaar	920

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: 3415 kg per ha.

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

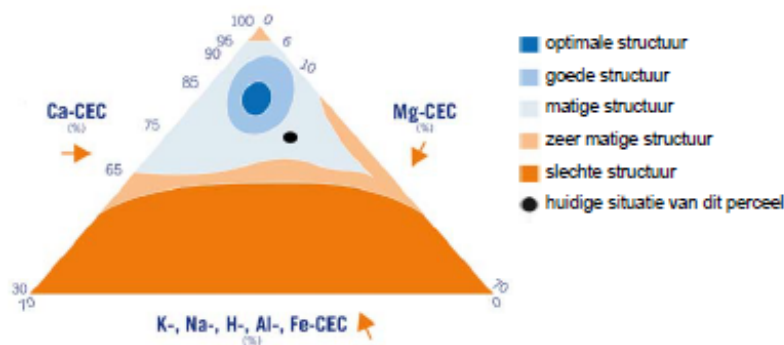


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en/of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische 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 ruilbaarheid. 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.

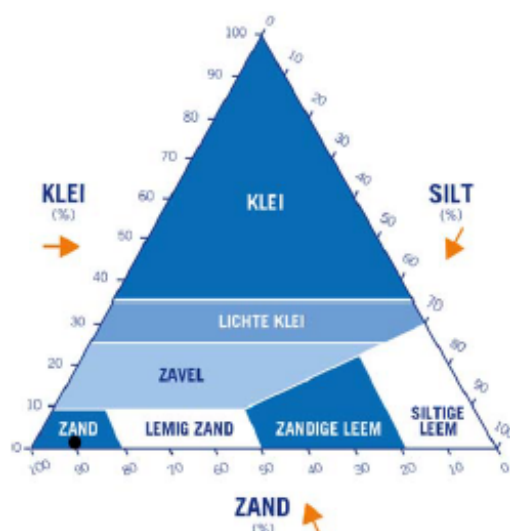
Figuur: Structuurdriehoek



Vredeweg 14-15

Fysisch

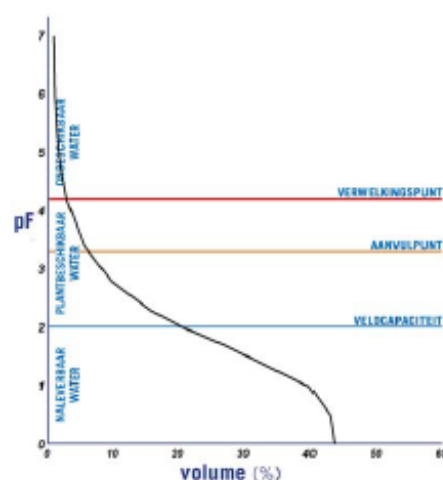
Figuur: Textuurdriehoek



Naast 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 verslompingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslumping 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.

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

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 45 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 6,3 % vocht zit en geef dan 37 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.

Pagina: 7
Totaal aantal pagina's: 8

786432, 10-12-2019



Dit rapport is uitgegeven onder verantwoordelijkheid van Drs. Ing. J. van den Burgh, Business Unit Manager. Op al onze vormen van dienstverlening zijn onze Algemene Voorwaarden van toepassing. De vertoek worden deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegevoegd. Eurofins Agro Testing Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade van voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte 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 uitsluitend de monsterneming- en/of de analysemethoden.

Vredeweg 14-15

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1050	mg N/kg	Em: NIRS (TS-08)
resultaten	S-plantbeschikbaar	3,2	mg S/kg	Em: CCL3(PAR-08)
	S-totale bodemvoorraad	150	mg S/kg	Em: NIRS (TS-08)
	P-plantbeschikbaar	4,8	mg P/kg	Em: CCL3(PAR-08)
	P-bodemvoorraad	68	mg P ₂ O ₅ /100 g	Em: NIRS (TS-08)
	K-plantbeschikbaar	53	mg K/kg	Em: CCL3(PAR-08)
	K-bodemvoorraad	1,7	mmol+/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Ca-plantbeschikbaar	0,2	mmol Ca/l	Em: NIRS (TS-08)
	Ca-bodemvoorraad	26	mmol+/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Mg-plantbeschikbaar	96	mg Mg/kg	Em: CCL3(PAR-08)
	Mg-bodemvoorraad	6,0	mmol+/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Na-plantbeschikbaar	14	mg Na/kg	Em: CCL3(PAR-08)
	Na-bodemvoorraad	< 1,1	mmol+/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Zuurgraad (pH)	5,2		Em: NIRS (TS-08)
	C-organisch	1,7	%	Em: NIRS (TS-08)
	Organische stof	3,1	%	Em: NIRS (TS-08)
	C-anorganisch	0,06	%	Em: NIRS (TS-08)
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Em: NIRS (TS-08)
	Klei (<2 µm)	1	%	Em: NIRS (TS-08)
	Silt (2-50 µm)	9	%	Em: NIRS (TS-08)
	Zand (>50 µm)	87	%	Em: NIRS (TS-08)
	Klei-humus (CEC)	31	mmol+/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Microbiële biomassa	201	mg C/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Microbiële activiteit	19	mg N/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Schimmel biomassa	9	mg C/kg	Em: NIRS (TS-08)
	Bacteriële biomassa	28	mg C/kg	Em: NIRS (TS-08)

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

Q Methode geaccrediteerd door RvA

Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan, Cf: Conform

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.

Ale verrichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn(n) tussen monstername en analyse uitgevoerd.
De resultaten hebben uitsluitend betrekking op het in behandeling genomen materiaal op 28-11-2019

Proefperceel 2019-2020 (Vissers Oost)



Bemestingswijzer
Akker-/tuinbouw
Vissers Oost

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 monsternummer:	Datum verslag:	Subsidieverlener:				
	815411/004568792	08-12-2018	19-12-2018	Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4320	3600 - 5260				
	C/N-ratio		18	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	45	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	28	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	715	650 - 910				
	C/S-ratio		107	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	6	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	22,4	5,8 - 9,7				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	1105	425 - 650				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	170	225 - 355				
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	165	255 - 390				
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	105	235 - 545				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	3315	2725 - 4085				
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	515	160 - 275				
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	265	150 - 420				
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	100	115 - 160				
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	35	75 - 110				
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	11810	19470 - 84390				
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 6520	8110 - 14610				
	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	11940	1620 - 2430				
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	2500	18830 - 25970				
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	215	130 - 210				
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	70	15 - 25				
	B-plantbeschikbaar	g B/ha	615	520 - 715				
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 10	320 - 16230				
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	< 6,9	11 - 15				
	Zuurgraad (pH)		5,3	5,6 - 6,1				
	C-organisch	%	2,4					
	Organische stof	%	4,6					
	C/OS-ratio		0,52	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	67	> 57				
	CEC-bezetting	%	89	> 85				
	Ca-bezetting	%	76	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	10	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	1,9	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	0,7	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 3

815411, 19-12-2018



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 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 Rijkregister voor laboratoria zoals
nader omschreven in de afkorting onder nr. L122 voor uitstellend de monsternummer- en/of de
analysemethoden.

Vissers Oost

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslamping	rapportcijfer	7,9	6,0 - 8,0				
Stuifgevoeligheid	rapportcijfer	3,0	6,0 - 8,0				
Biologisch							
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog hoog
Microbiële biomassa	mg C/kg	11	230 - 690				
Microbiële activiteit	mg N/kg	20	60 - 80				
Schimmel/bacterie-ratio		1,3	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 = 78 mg P ₂ O ₅ /100 g
	Pw = 88 mg P ₂ O ₅ /l

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

Toelichting	Kali:
	Het K-getal is voor dit perceel 12

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 ruilheid. 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.

Naast 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 granulair zandfractie (M50) = 150 μm
M50 is een maat voor de grofheid van zand. We benutten dit bij het vaststellen van het waterbindend vermogen (pF).

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.

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA	
Analyse resultaten	N-totale bodemvoorraad	1330	mg N/kg	Emt NIRS (TS08)	Q
	S-plantbeschikbaar	8,5	mg S/kg	Emt CCL3(PAE#)	
	S-totale bodemvoorraad	220	mg S/kg	Emt NIRS (TS08)	Q
	P-plantbeschikbaar	6,9	mg P/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	P-bodemvoorraad	78	mg P ₂ O ₅ /100 g	Emt NIRS (TS08)	
	K-plantbeschikbaar	53	mg K/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	K-bodemvoorraad	1,3	mmol+/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Ca-plantbeschikbaar	0,4	mmol Ca/l	Emt NIRS (TS08)	
	Ca-bodemvoorraad	53	mmol+/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Mg-plantbeschikbaar	158	mg Mg/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	Mg-bodemvoorraad	6,7	mmol+/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Na-plantbeschikbaar	31	mg Na/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Si-plantbeschikbaar	3640	µg Si/kg	Emt CCL3(PAE#)	
	Fe-plantbeschikbaar	< 2010	µg Fe/kg	Emt CCL3(PAE#)	
	Zn-plantbeschikbaar	3680	µg Zn/kg	Emt CCL3(PAE#)	
	Mn-plantbeschikbaar	770	µg Mn/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	Cu-plantbeschikbaar	66	µg Cu/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	Co-plantbeschikbaar	21	µg Co/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	B-plantbeschikbaar	189	µg B/kg	Emt CCL3(PAE#)	Q
	Mo-plantbeschikbaar	< 4	µg Mo/kg	Emt CCL3(PAE#)	
	Se-plantbeschikbaar	< 2,1	µg Se/kg	Emt CCL3(PAE#)	
	Zuurgraad (pH)	5,3		Emt NIRS (TS08)	
	C-organisch	2,4	%	Emt NIRS (TS08)	Q
	Organische stof	4,6	%	Emt NIRS (TS08)	Q
	C-anorganisch	0,03	%	Emt NIRS (TS08)	
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Emt NIRS (TS08)	
	Klei (<2 µm)	< 1	%	Emt NIRS (TS08)	
	Silt (2-50 µm)	7	%	Emt NIRS (TS08)	
	Zand (>50 µm)	88	%	Emt NIRS (TS08)	
	Klei-humus (CEC)	67	mmol+/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Microbiële biomassa	11	mg C/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Microbiële activiteit	20	mg N/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Bacteriële biomassa	68	mg C/kg	Emt NIRS (TS08)	
	Schimmel biomassa	86	mg C/kg	Emt NIRS (TS08)	

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

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.
Alle verichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheids termijn tussen monsternamen en analyse uitgevoerd.
De gerapporteerde resultaten hebben uitsluitend betrekking op het aan Eurofins Agro aangeleverde materiaal op 07-12-2018

Proefperceel 2020-2021 (Vredeweg 23-24)



Bemestingswijzer
Akker-/tuinbouw
Vredepeel 21-23

Uw klantnummer: 2357100

Wageningen Plant Research
Vredepeel
Vredeweg 1 C
5816 AJ VREDEPEEL

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: Patrick Bens: 0652002108
T klantenservice: 088 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Onderzoek	Onderzoek-/ordernr:	Datum monsternamen:	Datum verslag:	Subsidieverlener:				
	812167/004555642	23-11-2018	10-12-2018	Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat	Eenheden	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	5380	3560 - 5190				
	C/N-ratio		17	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	65	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	20	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	895	640 - 895				
	C/S-ratio		103	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	8	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	9,3	5,8 - 9,6				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	755	420 - 645				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	85	225 - 350				
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	250	275 - 410				
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	25	230 - 540				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	4110	3170 - 4755				
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	355	160 - 270				
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	335	165 - 440				
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	60	110 - 160				
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	35	75 - 110				
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	13330	19220 - 83300				
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 6470	8010 - 14420				
	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	5250	1600 - 2400				
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	3300	10250 - 16020				
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	110	130 - 210				
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	15	15 - 25				
	B-plantbeschikbaar	g B/ha	415	515 - 705				
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 10	320 - 16020				
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	< 6,8	11 - 14				
	Zuurgraad (pH)		5,6	5,4 - 6,0				
	C-organisch	%	2,9					
	Organische stof	%	5,0					
	C/OS-ratio		0,58	0,45 - 0,55				
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0				
	Klei (<2 µm)	%	1					
	Silt (2-50 µm)	%	7					
	Zand (>50 µm)	%	87					
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	78	> 59				
	CEC-bezetting	%	96	> 95				
	Ca-bezetting	%	82	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	11	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	2,6	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	0,6	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 8

812167, 10-12-2018



Dit rapport is vrijgegeven onder verantwoordelijkheid van Dr. 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 van welke aard ook voortvloeiend
uit het gebruik van door of namens ons verstrekte 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. 1122 voor uitsluitend de monsternemings- en/of de
analysemethoden.

Vredepeel 21-23

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslamping	rapportcijfer	8,0	6,0 - 8,0				
Stuifgevoeligheid	rapportcijfer	3,2	6,0 - 8,0				
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog
Vochthoudend vermogen mm		50					
Microbiële biomassa	mg C/kg	18	250 - 750				
Microbiële activiteit	mg N/kg	40	60 - 80				
Schimmel/bacterie-ratio		1,1	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 = 54 mg P₂O₅/100 g
Pw = 49 mg P₂O₅/l



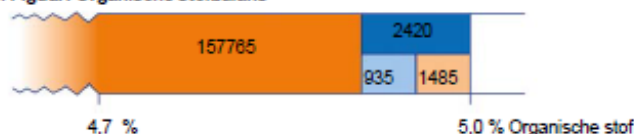
Zuidelijk
veengebied



Hoekpunten perceel: 187291 394734, 187262 394927, 187261 394926, 187138 394907, 187168 394714, 187291 394734

Vredepeel 21-23

Organische stof Figuur: Organische stofbalans



Jaarlijks afbraakpercentage van de totale voorraad organische stof (%): 1,5

- 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: 3205 kg per ha.

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

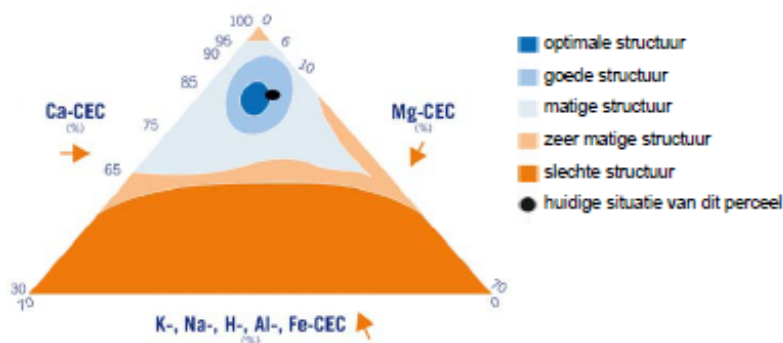


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische 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 ruilheid. 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



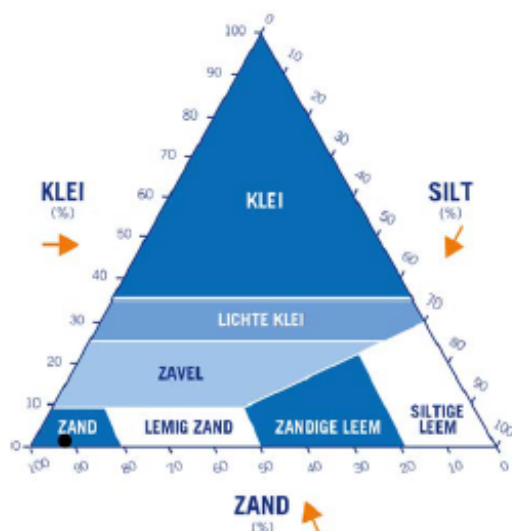
Pagina: 6

Totaal aantal pagina's: 8

812167, 10-12-2018

Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

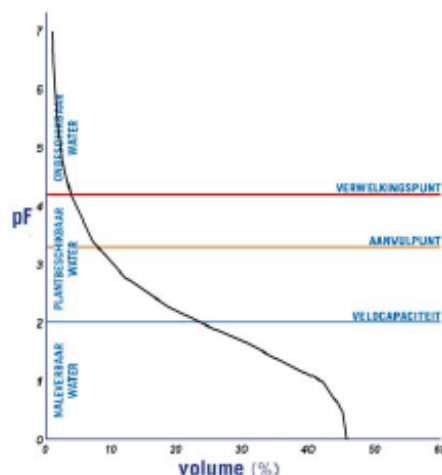


Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslappingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslapping 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) = 168 μm
M50 is een maat voor de grofheid van zand. We benutten dit bij het vaststellen van het waterbindend vermogen (pF).

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

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 50 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 8,0 % vocht zit en geef dan 40 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:	Normaal

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: 7
Totaal aantal pagina's: 8
812167, 10-12-2018



Dit rapport is uitgegeven 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 van welke aard ook voortvloeiend uit het gebruik van door of namens ons verstrekte 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. 1122 voor uitsluitend de monsterneming- en/of de analysemethoden.

Vredepeel 21-23

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1680	mg N/kg	Emt NIRS (TS-08)
resultaten	S-plantbeschikbaar	6,1	mg S/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	S-totale bodemvoorraad	280	mg S/kg	Emt NIRS (TS-08)
	P-plantbeschikbaar	2,9	mg P/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	P-bodemvoorraad	54	mg P ₂ O ₅ /100 g	Emt NIRS (TS-08)
	K-plantbeschikbaar	26	mg K/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	K-bodemvoorraad	2,0	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Emt NIRS (TS-08)
	Ca-bodemvoorraad	64	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Mg-plantbeschikbaar	111	mg Mg/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Mg-bodemvoorraad	8,6	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Na-plantbeschikbaar	18	mg Na/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Na-bodemvoorraad	0,5	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Si-plantbeschikbaar	4160	µg Si/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Fe-plantbeschikbaar	< 2020	µg Fe/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Zn-plantbeschikbaar	1640	µg Zn/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Mn-plantbeschikbaar	1030	µg Mn/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Cu-plantbeschikbaar	34	µg Cu/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Co-plantbeschikbaar	4,3	µg Co/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	B-plantbeschikbaar	130	µg B/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Mo-plantbeschikbaar	< 4	µg Mo/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Se-plantbeschikbaar	< 2,1	µg Se/kg	Emt CCL3(PA-Et)
	Zuurgraad (pH)	5,6		Emt NIRS (TS-08)
	C-organisch	2,9	%	Emt NIRS (TS-08)
	Organische stof	5,0	%	Emt NIRS (TS-08)
	C-anorganisch	0,05	%	Emt NIRS (TS-08)
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Emt NIRS (TS-08)
	Klei (<2 µm)	1	%	Emt NIRS (TS-08)
	Silt (2-50 µm)	7	%	Emt NIRS (TS-08)
	Zand (>50 µm)	87	%	Emt NIRS (TS-08)
	Klei-humus (CEC)	78	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Microbiële biomassa	18	mg C/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Microbiële activiteit	40	mg N/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Bacteriële biomassa	141	mg C/kg	Emt NIRS (TS-08)
	Schimmel biomassa	153	mg C/kg	Emt NIRS (TS-08)

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

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.

Alle verlichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.

Bemestingswijzer
Akker-/tuinbouw
Vredepeel 24-25

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

T monsternummer: Patrick Bens: 0652002108
T klantenservice: 088 878 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 monstername:	Datum verslag:	Subsidieverlener:				
	812160/00455542	23-11-2018	10-12-2018	Eurofins Agro, Kortingsregeling Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat	Eenheden	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4230	3640 - 5310				
	C/N-ratio		19	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	40	95 - 145				
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	22	20 - 30				
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	785	655 - 920				
	C/S-ratio		100	50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	7	20 - 30				
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	6,9	5,9 - 9,8				
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	800	430 - 660				
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	115	230 - 360				
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	245	255 - 395				
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	25	235 - 550				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	3415	2685 - 4025				
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	480	165 - 280				
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	365	150 - 420				
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	70	115 - 165				
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	45	75 - 115				
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	< 9900	19870 - 85230				
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 6590	8190 - 14750				
	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	5110	1640 - 2460				
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	3380	19010 - 26220				
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	105	130 - 215				
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	15	15 - 25				
	B-plantbeschikbaar	g B/ha	365	525 - 720				
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 10	330 - 16390				
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	< 6,9	11 - 15				
	Zuurgraad (pH)		5,3	5,6 - 6,1				
	C-organisch	%	2,4					
	Organische stof	%	4,3					
	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	66	> 48				
	CEC-bezetting	%	97	> 95				
	Ca-bezetting	%	79	75 - 85				
	Mg-bezetting	%	14	6,0 - 10				
	K-bezetting	%	2,9	2,0 - 5,0				
	Na-bezetting	%	0,9	1,0 - 1,5				
	H-bezetting	%	0,2	< 1,0				
	Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0				

Pagina: 1
Totaal aantal pagina's: 8

812160, 10-12-2018



Dit rapport is uitgegeven 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
verleend deze en/of de specificaties van de analysemethoden toegestaan. Eurofins Agro Testing
Wageningen BV stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schade/vervalsingen voortvloeiend
uit het gebruik van door of namens ons verstrekte 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 uitsluitend de monsternemings- en/of de
analysemethoden.

Vredepeel 24-25

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	zeer goed
Verkruimelbaarheid	rapportcijfer	10,0	6,0 - 8,0				
Verslamping	rapportcijfer	7,9	6,0 - 8,0				
Stuifgevoeligheid	rapportcijfer	3,2	6,0 - 8,0				
	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrj laag	goed	vrj hoog
Vochthoudend vermogen mm		49					
Microbiële biomassa	mg C/kg	15	215 - 645				
Microbiële activiteit	mg N/kg	23	60 - 80				
Schimmel/bacterie-ratio		1,1	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.

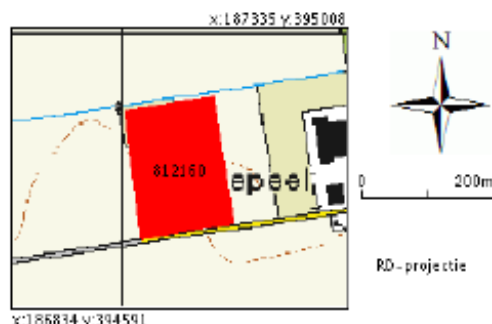
Wetgeving

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 = 56 mg P_2O_5 /100 g
Pw = 46 mg P_2O_5 /l



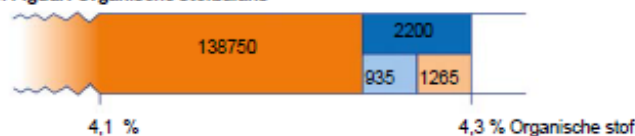
Zuidelijk
veehouderijgebied



Hoekpunten perceel: 187167 394715, 187136 394908, 187001 394885, 187026 394691, 187167 394715

Vredepeel 24-25

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: 3280 kg per ha.

Figuur: Kwaliteit van de organische stof

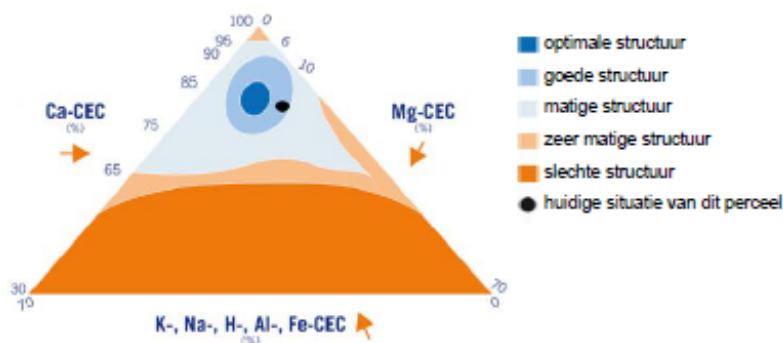


Organische stof bestaat uit met name C, N, P, S. Wanneer de organische stof relatief veel N en/of S bevat is dit aantrekkelijk voor bodemleven. Bodemleven vreet deze organische stof graag. Hierbij komt N en S vrij en het gehalte aan organische stof daalt licht (dynamische organische stof). Organische 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 ruilheid. 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



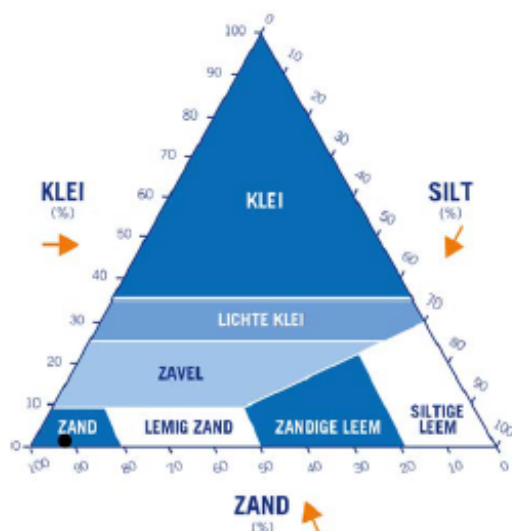
Pagina: 6

Totaal aantal pagina's: 8

812160, 10-12-2018

Fysisch

Figuur: Textuurdriehoek

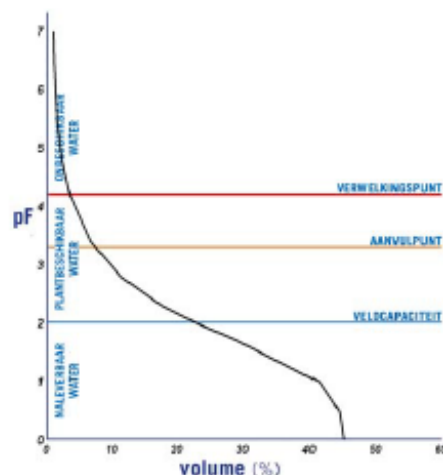


Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslappingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslamping 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) = 162 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 verslamping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 49 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 7,5 % vocht zit en geef dan 39 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:	Normaal

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 24-25

Methode	Resultaat	Eenheid	Methode	RvA
Analyse	N-totale bodemvoorraad	1290	mg N/kg	Emt NIRS (TS-G8)
resultaten	S-plantbeschikbaar	6,8	mg S/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	S-totale bodemvoorraad	240	mg S/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	P-plantbeschikbaar	2,1	mg P/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	P-bodemvoorraad	56	mg P ₂ O ₅ /100 g	Emt NIRS (TS-G8)
	K-plantbeschikbaar	35	mg K/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	K-bodemvoorraad	1,9	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Ca-plantbeschikbaar	0,1	mmol Ca/l	Emt NIRS (TS-G8)
	Ca-bodemvoorraad	54	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Mg-plantbeschikbaar	140	mg Mg/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Mg-bodemvoorraad	9,2	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Na-plantbeschikbaar	22	mg Na/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Na-bodemvoorraad	0,6	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Si-plantbeschikbaar	< 3020	µg Si/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Fe-plantbeschikbaar	< 2010	µg Fe/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Zn-plantbeschikbaar	1560	µg Zn/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Mn-plantbeschikbaar	1030	µg Mn/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Cu-plantbeschikbaar	32	µg Cu/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Co-plantbeschikbaar	4,3	µg Co/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	B-plantbeschikbaar	111	µg B/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Mo-plantbeschikbaar	< 4	µg Mo/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Se-plantbeschikbaar	< 2,1	µg Se/kg	Emt CCL3(PA-E8)
	Zuurgraad (pH)	5,3		Emt NIRS (TS-G8)
	C-organisch	2,4	%	Emt NIRS (TS-G8)
	Organische stof	4,3	%	Emt NIRS (TS-G8)
	C-anorganisch	0,04	%	Emt NIRS (TS-G8)
	Koolzure kalk	< 0,2	%	Emt NIRS (TS-G8)
	Klei (<2 µm)	< 1	%	Emt NIRS (TS-G8)
	Silt (2-50 µm)	8	%	Emt NIRS (TS-G8)
	Zand (>50 µm)	88	%	Emt NIRS (TS-G8)
	Klei-humus (CEC)	66	mmol+/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Microbiële biomassa	15	mg C/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Microbiële activiteit	23	mg N/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Bacteriële biomassa	97	mg C/kg	Emt NIRS (TS-G8)
	Schimmel biomassa	103	mg C/kg	Emt NIRS (TS-G8)

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

Q Methode geaccrediteerd door RvA

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

De resultaten zijn weergegeven in droge grond.

Alle verlichtingen zijn binnen de gestelde houdbaarheidstermijn tussen monstername en analyse uitgevoerd.

Bijlage 2 Proefveldschema's

Proefobjecten in alle drie de jaren:

Object	Ras	Stikstofgift (kg N per ha)				N-vanggewas na oogst	Zaaitijd N-vang-gewas
		vóór poten	vóór ruggen aanaarden	bij knol-zetting	totaal		
A	Fontane	35	85	90	275	geen	-
B	Fontane	35	85	90	275	winterrogge	4 ^e week sep
C	Fontane	35	85	90	275	winterrogge	1 ^e week okt
D	Fontane	35	85	90	275	Japanse haver	4 ^e week sep
E	Fontane	35	85	90	275	Japanse haver	1 ^e week okt
F	Fontane	35	85	90	275	wintergerst	4 ^e week sep
G	Fontane	35	85	90	275	wintergerst	1 ^e week okt
H	Fontane	35	45	70	215	geen	-
J	Fontane	35	45	70	215	winterrogge	4 ^e week sep
K	Fontane	35	45	70	215	winterrogge	1 ^e week okt
L	Fontane	35	45	70	215	Japanse haver	4 ^e week sep
M	Fontane	35	45	70	215	Japanse haver	1 ^e week okt
N	Fontane	35	45	70	215	wintergerst	4 ^e week sep
O	Fontane	35	45	70	215	wintergerst	1 ^e week okt
P	Agria	35	45	70	215	geen	-
Q	Agria	35	45	70	215	winterrogge	1 ^e week okt
R	Agria	35	45	70	215	winterrogge	3 ^e week okt
S	Agria	35	45	70	215	Japanse haver	1 ^e week okt
T	Agria	35	45	70	215	Japanse haver	3 ^e week okt
U	Agria	35	45	70	215	wintergerst	1 ^e week okt
V	Agria	35	45	70	215	wintergerst	3 ^e week okt
W	Agria	35	-	55	155	geen	-
X	Agria	35	-	55	155	winterrogge	1 ^e week okt
Y	Agria	35	-	55	155	winterrogge	3 ^e week okt
Z	Agria	35	-	55	155	Japanse haver	1 ^e week okt
AA	Agria	35	-	55	155	Japanse haver	3 ^e week okt
BB	Agria	35	-	55	155	wintergerst	1 ^e week okt
CC	Agria	35	-	55	155	wintergerst	3 ^e week okt

Proefveldschema 2018

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

12 m.

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

12 m.

12 m.

bruto	
84	P
83	S
82	R
81	U
80	V
79	Q
78	T
77	K
76	H
75	N
74	L
73	O
72	M
71	J
70	D
69	F
68	G
67	A
66	C
65	B
64	E
63	BB
62	Y
61	W
60	Z
59	X
58	CC
57	AA
bruto	
12 m.	

12 m.

12 m.

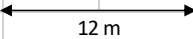
bruto	
112	M
111	H
110	O
109	K
108	J
107	L
106	N
105	S
104	R
103	V
102	Q
101	T
100	U
99	P
98	CC
97	Z
96	BB
95	AA
94	W
93	Y
92	X
91	A
90	D
89	G
88	F
87	E
86	C
85	B
bruto	
12 m.	

12 m.

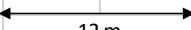
4,5m. | 6 rijen



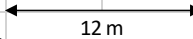
bruto		bruto	
56	Y	112	L
55	CC	111	O
54	Z	110	H
53	AA	109	M
52	X	108	K
51	W	107	J
50	BB	106	N
49	G	105	R
48	F	104	P
47	B	103	Q
46	C	102	S
45	A	101	U
44	E	100	V
43	D	99	T
42	U	98	D
41	Q	97	G
40	P	96	A
39	S	95	E
38	T	94	F
37	R	93	B
36	V	92	C
35	N	91	W
34	H	90	Y
33	K	89	BB
32	J	88	CC
31	O	87	Z
30	M	86	X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



12 m



12 m



12 m



4,5 m (6 rijen)

Proefveldschema 2020

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

Bijlage 3 Teeltregistratie, N-aanvoer en grondwaterstanden

	Teeltjaar 2018 en winter 2018/2019	Teeltjaar 2019 en winter 2019/2020	Teeltjaar 2020 en winter 2020/2021
Perceel	14-15	Vissers Oost	23-24
Voorvrucht	suikerbiet	snijmaïs	snijmaïs
Kalibemesting na de winter met Kali 60	90 kg K ₂ O per ha op 14 maart	120 kg K ₂ O per ha op 2 april	120 kg K ₂ O per ha op 27 maart
Toediening rundveedrijfmest vóór poten			
- tijdstip	2 ^e week april	5 april	7 april
- dosering	35 m ³ /ha	35 m ³ /ha	35 m ³ /ha
- gehalten (kg/ton): N-totaal	4,4	3,4	4,5
N-NH ₃	2,7	1,7	2,3
N-org	1,7	1,7	2,2
P ₂ O ₅	1,72	0,96	1,19
K ₂ O	4,8	3,5	4,5
MgO	1,7	1,5	1,5
- giften (kg/ha): N-totaal	154	119	156
N-werkzaam	100	71	95
P ₂ O ₅	60	34	42
K ₂ O	168	123	158
Grondbewerking met Smaragd-cultivator	12 april	10 april	18 april
Ploegen met woelers en vorenpakker	24 april	11 april	14 april
Poten	27 april: beide rassen	16 april: Fontane 17 april: Agria	15 april: beide rassen
Ruggen aanaarden	2 mei	17 april	17 april
Opkomst aardappelplanten	24 mei	18 mei	17 mei
N-bemesting met KAS volgens proefplan			
- vóór ruggen aanaarden	1 mei	17 april	16 april
- bij knolzetting	18 juni	11 juni	9 juni
Gewasbescherming	volgens praktijk	volgens praktijk	volgens praktijk
Beregening: 25-30 mm per keer	6, 20 en 28 juni, 5, 13, 20 en 29 juli, 4 en 12 augustus	18 en 26 juni, 4, 11, 19 en 26 juli, 16 september ¹	27 juni, 14 en 21 juli, 2 augustus
Oogst (beide rassen)	25 september	17 september	17 september
Nmin-bemonstering na oogst	26 september	20-23 september	17 september
Zaaien van de vanggewassen			
- 1 ^e tijdstip	26 september	24 september	23 september
- 2 ^e tijdstip	5 oktober	4 oktober	5 oktober
- 3 ^e tijdstip	19 oktober	21 oktober	19 oktober
Plaatsing peilbuizen	31 oktober	30 oktober	28 oktober
Bemonstering bovenste grondwater	3 december, 29 januari, 19 februari, 11 maart	20/21 november, 22 januari, 5 maart, 23 maart	11 november, 14 december, 2 februari, 3 maart
Opbrengstbepaling vanggewassen	0,25 m ² per veldje	0,25 m ² per veldje	1 m ² per veldje
- Japanse haver	19 januari	12 februari	5 februari
- winterrogge en wintergerst	25 februari	12 februari	1 maart
Nmin-bemonstering na de winter	27 februari	17 februari	22 maart

¹ Berekening op 16 september: ter voorbereiding van de oogst van de aardappelen en het zaaien van de vanggewassen vanwege droogte.

Opmerkingen drijfmest

De drijfmest die in 2018 vóór poten is toegediend, bestond uit een mengsel van ca. 80% rundveedrijfmest (RDM) en 20% vleesvarkensdrijfmest (VVDM). De mestsoorten zijn als afzonderlijke partijen aangevoerd en op het proefbedrijf gemengd. Het N-gehalte in VVDM is hoger (gemiddeld 7 kg/ton) dan dat van RDM (gemiddeld 4 kg/ton)¹. Derhalve is de verdeling van de stikstof in de mest geschat op 70% uit RDM en 30% uit VVDM en de forfaitaire N-werkingscoëfficiënt naar rato op 65% (60% voor RDM en 80% voor VVDM).

¹ Bron: www.handboekbodemembemesting.nl

De nutriëntengehalten in de rundveedrijfmest die in 2019 is toegediend, vielen lager uit dan verwacht, waardoor slechts 71 kg werkzame N per ha (forfaitair) is toegediend in plaats van 100 kg per ha.

Overschot 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		
N-totaal uit RDM	154	154	154	119	119	119	158	158	158
Verlies N-NH ₃ uit RDM	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-2
N-totaal uit KAS	175	115	55	175	115	55	175	115	55
Verlies N-NH ₃ uit KAS	-4	-3	-1	-4	-3	-1	-4	-3	-1
N-depositie	35	35	35	35	35	35	30	30	30
N-aanvoer	358	299	241	323	265	206	357	299	240

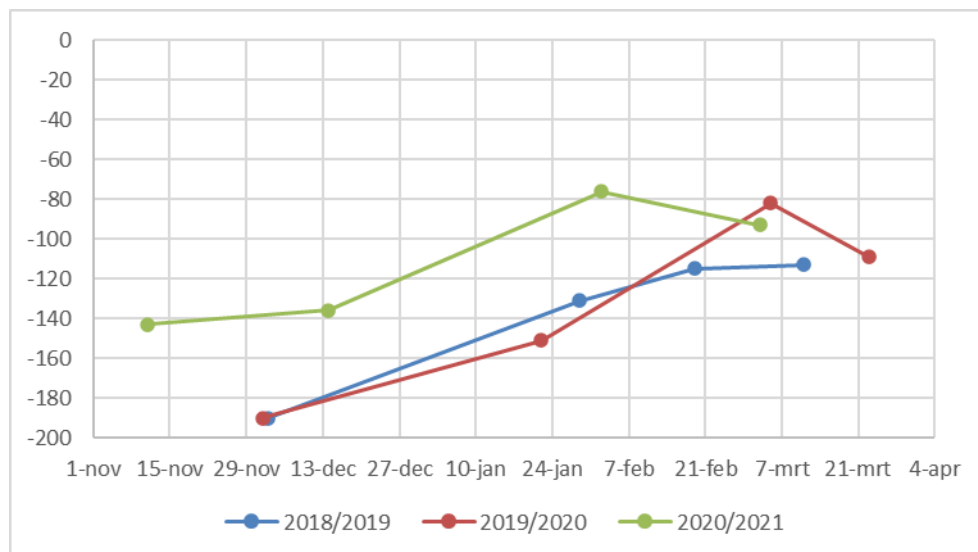
Grondwaterstanden op de momenten van nitraatbemonstering

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
3 december 2018	190*	-
29 januari 2019	131	119 - 141
19 februari 2019	115	106 - 127
11 maart 2019	113	92 - 127
20/21 november	190	170 - 206
22 januari	151	131 - 169
5 maart	82	60 - 100
23 maart	109	46 - 170
11 november	143	127 - 159
14 december	136	114 - 153
2 februari	76	52 - 94
3 maart	93	79 - 109

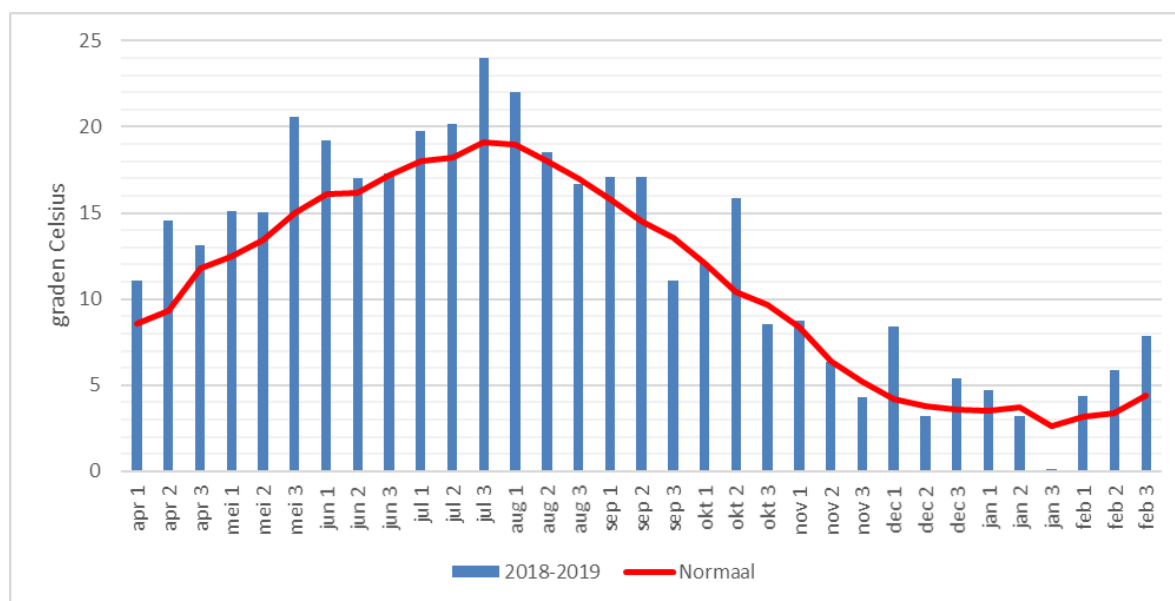
* De grondwaterstanden zijn op deze datum niet per veldje bepaald, maar op basis van één diver in het proefveld.



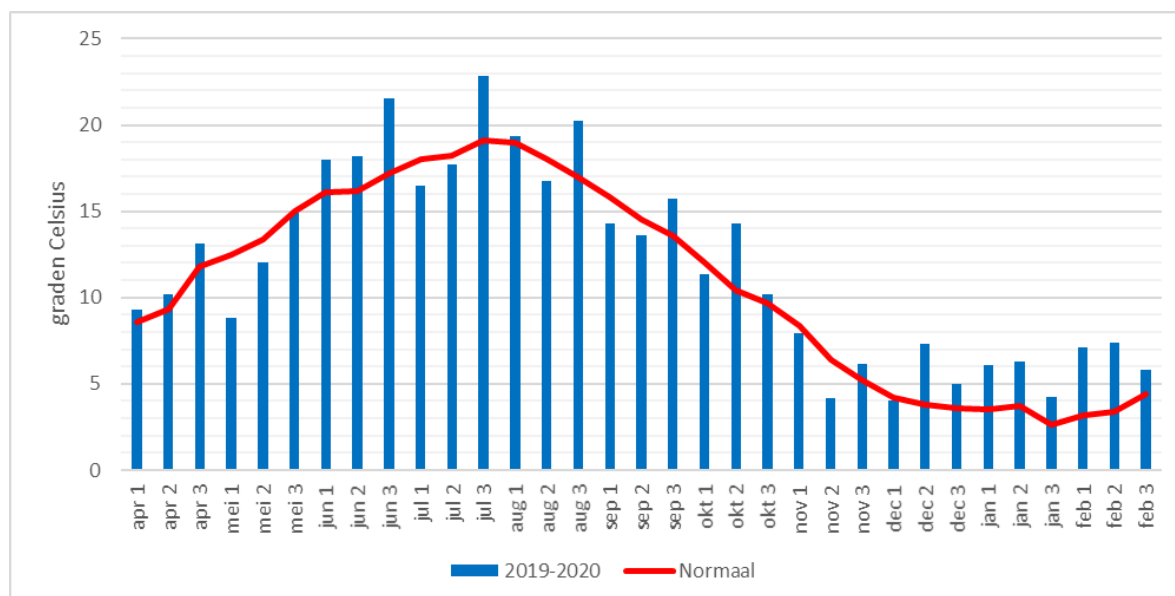
Figuur B3.1 Grafische weergave van de gemiddelde grondwaterstanden (cm beneden maaiveld)

Bijlage 4 Weersgegevens

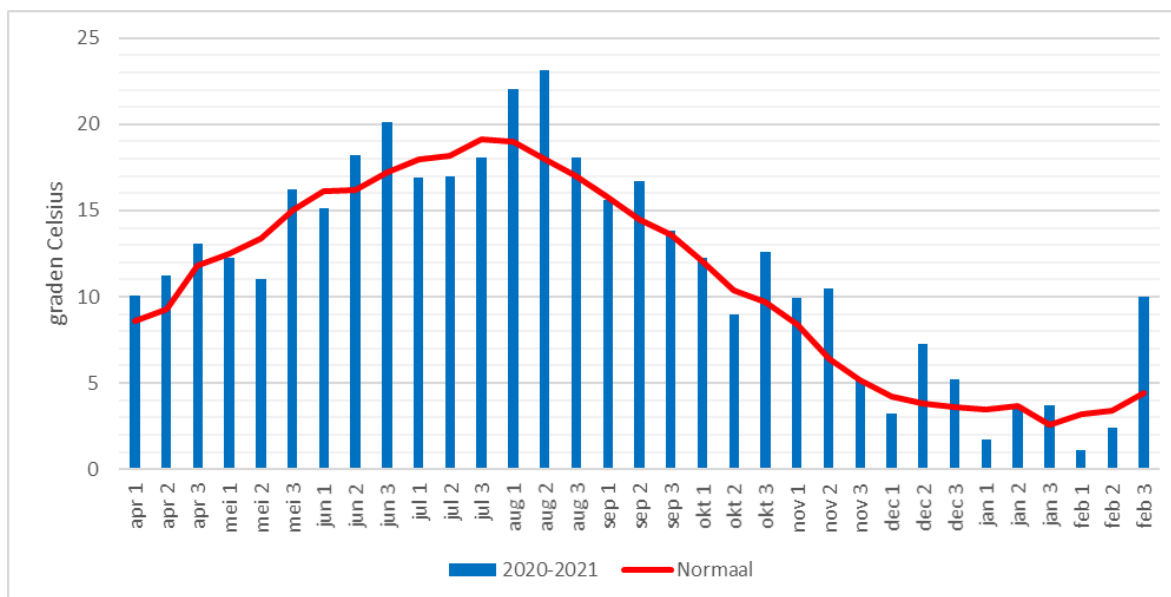
In deze bijlage zijn de gemiddelde dagtemperaturen en neerslaghoeveelheden per decade weergegeven, die zijn gemeten door een weerpaal van Dacom op proefbedrijf Vredepeel. De gegevens zijn weergegeven in grafieken en vergeleken met de normale temperaturen en neerslaghoeveelheden. De normalen betreffen 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.



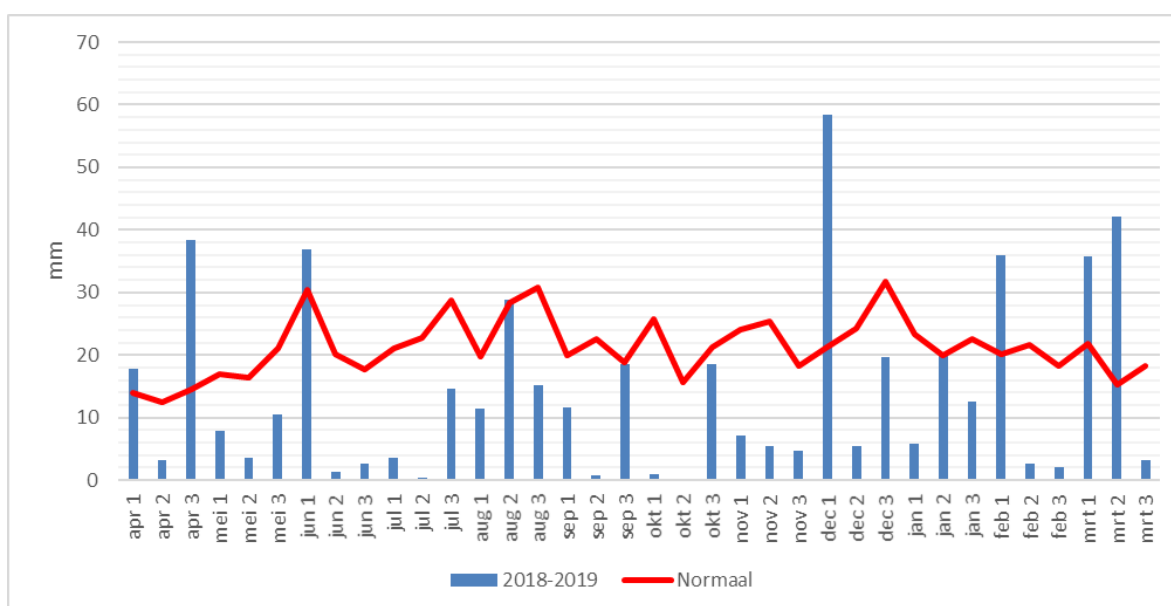
Figuur B4.1. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2018-2019



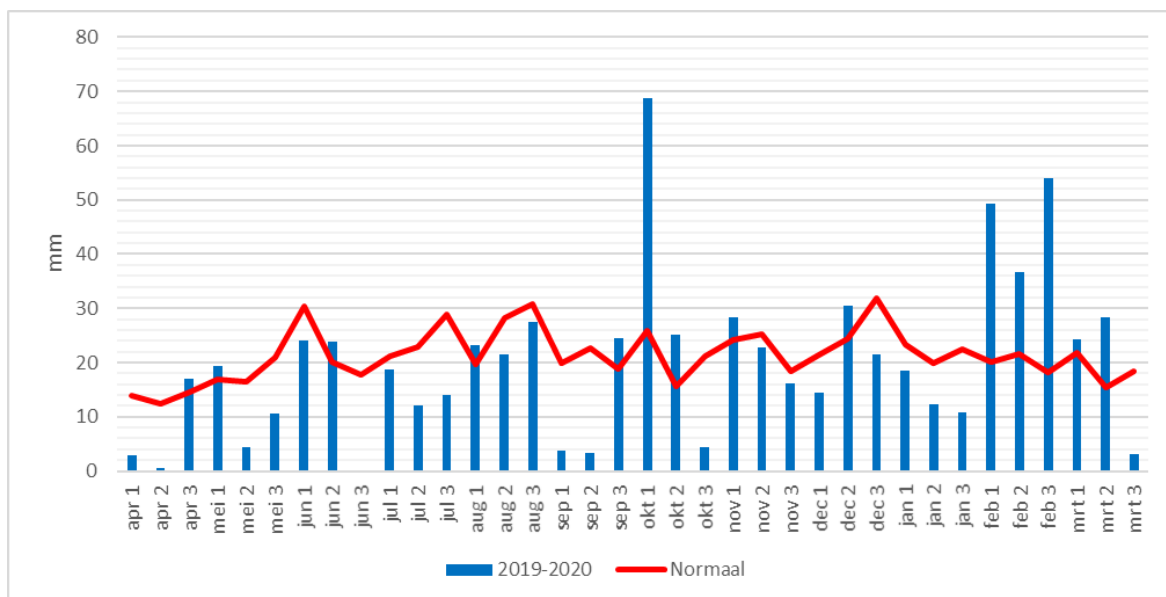
Figuur B4.2. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2019-2020



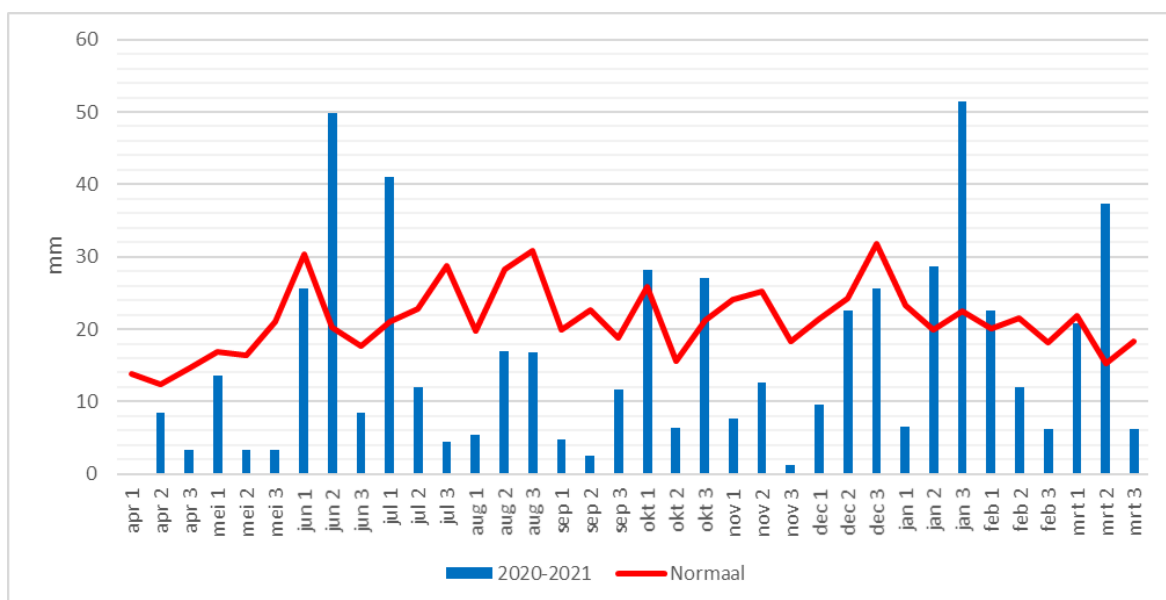
Figuur B4.3. Gemiddelde dagtemperaturen per decade in seizoen 2020-2021



Figuur B4.4. Neerslagsom per decade in seizoen 2018-2019



Figuur B4.5. Neerslagsom per decade in seizoen 2019-2020



Figuur B4.6. Neerslagsom per decade in seizoen 2020-2021

Bijlage 5 Verhouding boven-/ondergronds

Om te bepalen hoeveel stikstof er is opgenomen in de ondergrondse delen (wortel- en stoppelmasse), 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 stoppelmasse 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 stoppelmasse 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-stofmasse 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-/stoppelmasse is in alle drie de proefjaren bij de onderstaande objecten uitgevoerd in één veldje:

Object

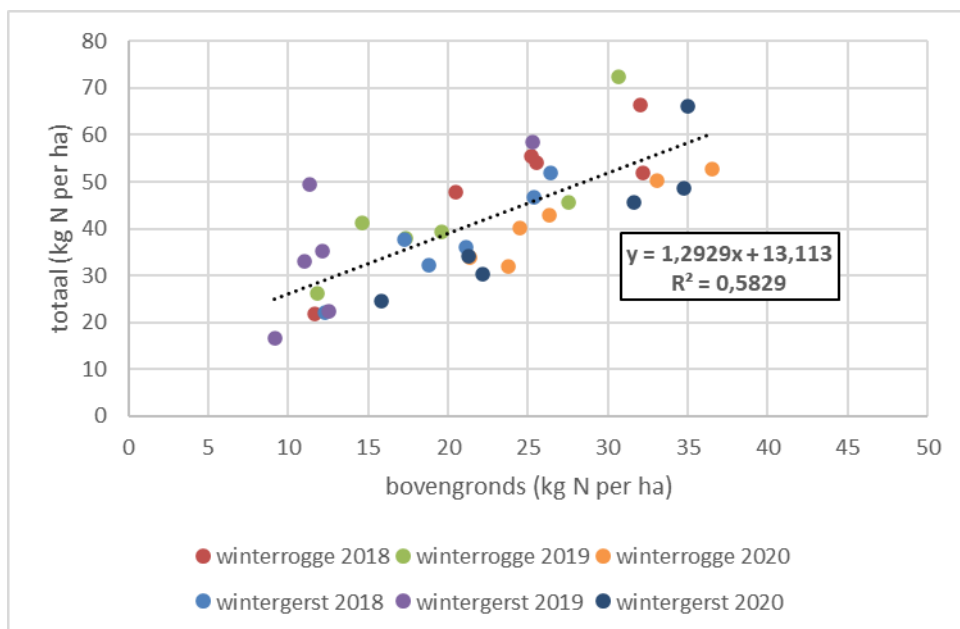
- B na Fontane 275N, winterrogge, zaaien 4^e week september
- D na Fontane 275N, Japanse haver, zaaien 4^e week september
- F na Fontane 275N, wintergerst, zaaien 4^e week september
- C na Fontane 275N, winterrogge, zaaien 1^e week oktober
- E na Fontane 275N, Japanse haver, zaaien 1^e week oktober
- G na Fontane 275N, wintergerst, zaaien 1^e week oktober
- Q na Agria 215N, winterrogge, zaaien 1^e week oktober
- S na Agria 215N, Japanse haver, zaaien 1^e week oktober
- U na Agria 215N, wintergerst, zaaien 1^e week oktober
- R na Agria 215N, winterrogge, zaaien 3^e week oktober
- T na Agria 215N, Japanse haver, zaaien 3^e week oktober
- V na Agria 215N, wintergerst, zaaien 3^e week oktober

In de proeven met N-vanggewassen na snijmaïs die in dezelfde jaren te Vredepeel zijn uitgevoerd als de aardappelproeven, waren ook winterrogge, Japanse haver en wintergerst opgenomen. Ook in deze proeven is de wortel-/stoppelmasse bepaald in één veldje van alle drie de gewassen bij zaaien in de eerste helft van september en eind september op dezelfde wijze als in de aardappelproef. De gegevens van deze proeven zijn samengevoegd met die van de vanggewassenproeven na aardappel. In de proeven na aardappel en maïs van 2018/2019 is de bepaling bij de objecten met Japanse haver in alle vier de veldjes c.q. herhalingen uitgevoerd, ten behoeve van een ander project.

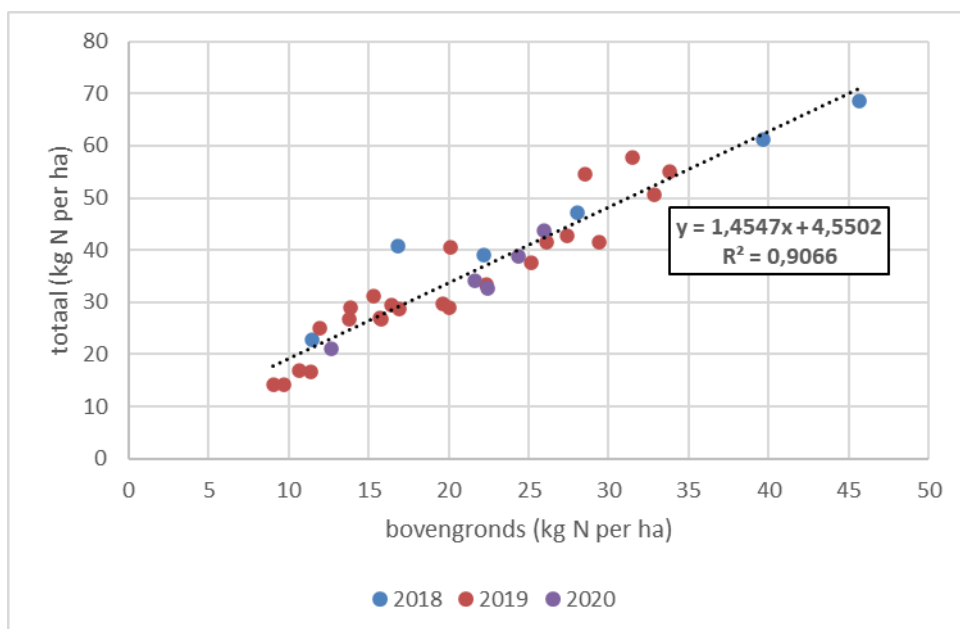
Van elke bemonsterd veldje zijn de berekende bovengrondse N-opname en de berekende ondergrondse N-opname opgeteld. De aldus berekende totale N-opname is uitgezet tegen de bovengrondse N-opname, waarbij de metingen van alle drie de jaren per gewas zijn samengevoegd. Daarna is de relatie tussen bovengrondse en totale N-opname beschreven met behulp van lineaire-regressieanalyse. De relatie kon 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 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.

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. De relaties zijn weergegeven in de figuren B5.1 en B5.2. Met deze 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

Bijlage 6 Berekening waterfluxen

In deze bijlage is de berekening van de waterfluxen weergegeven in de veldproeven met vanggewassen te Vredepeel.

Inleiding

Voor de berekening van waterfluxen uit de wortelzone naar het grondwater, waarmee nitraat wordt getransporteerd, is een eenvoudig rekenmodel toegepast. Van een aantal proefpercelen zijn korte tijdreeksen van grondwaterstanden gemeten en zijn de gewassen en de teelthandelingen bekend, maar andere informatie die nodig is om waterfluxen te kunnen berekenen, ontbreekt. Om toch een berekening uit te kunnen voeren, zijn aannames gedaan voor het rekenmodel SWAP (Kroes et al., 2017). Op het proefbedrijf te Vredepeel wordt al lange tijd onderzoek uitgevoerd. Voor de beschrijving van de hydrologie is naast de genoemde metingen en interpretaties van kaartinformatie ook gebruik gemaakt van een studie van De Vos et al. (2002). De ijking van het model is in twee stappen uitgevoerd:

1. De bodemparameters en ontwateringsparameters zijn afgeleid en geijkt aan de hand van de studie van De Vos et al. (2002) en Groenendijk et al (2017a). De verzamelde bodemgegevens zijn recent gegeven in (Duan et al. (2021) en in Tabel B6.1.
2. Met een geëxtrapoleerde grondwaterstandsreeks als onderrandvoorwaarde is het model toegepast op de weerreeks 2018 – 2022.

Tabel B6.1. Soil-parameters in het SWAP model

Parameter	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	
Depth (cm)	0–20	20–35	35–65	65–150	150–300	
PSAND (g/g mineral parts)	0.88	0.88	0.92	0.92	0.95	% sand content
PSILT (g/g mineral parts)	0.12	0.12	0.08	0.08	0.05	% silt content
PCLAY (g/g mineral parts)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	% clay content
ORGMAT (g/g dry soil)	0.046	0.046	0.034	0.005	0.005	% organic matter content
ORES (cm ³ /cm ³)	0.11	0.11	0.01	0.01	0.01	Residual water content
OSAT (cm ³ /cm ³)	0.34	0.31	0.29	0.15	0.15	Saturated water content
ALFA (cm ⁻¹)	0.0434	0.0434	0.0155	0.0195	0.0195	Parameter <i>a</i> of water retention equation
NPAR	1.811	1.811	4.589	2.364	2.364	Parameter <i>n</i> of water retention equation
KSATFIT (cm/d)	18.0	18.0	5.0	5.0	5.0	Fitting parameter Ksat of hydraulic conductivity function
LEXP	-2.20	-2.20	-1.35	-0.50	-0.50	Exponent in hydraulic conductivity function
ALFAW (cm ⁻¹)	0.0534	0.0534	0.0390	0.0294	0.0294	<i>a</i> parameter of main wetting curve in case of hysteresis
H_ENPR (cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Air entry pressure head
KSATEXM (cm/d)	18.0	18.0	5.0	5.0	5.0	Measured hydraulic conductivity at saturated conditions
BDENS (mg/cm ³)	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	1300.0	Dry soil bulk density

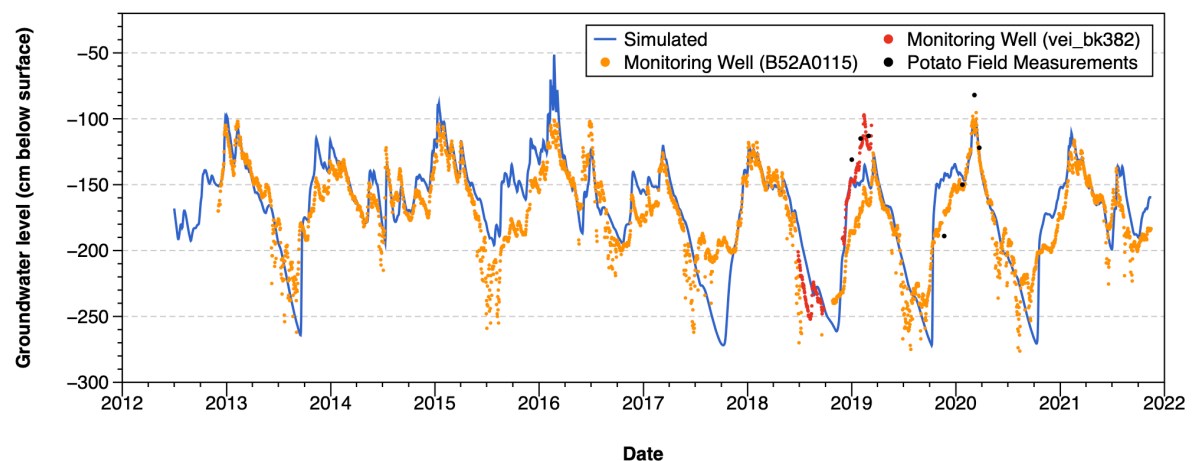
De neerslaggegevens voor SWAP die zijn gemeten op het proefbedrijf te Vredepeel zijn gebruikt en de klimaatgegevens van het nabijgelegen KNMI-station te Volkel (nr. 375) (<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>).

De gemodelleerde grondwatergegevens zijn gekalibreerd met de metingen van een tijdelijke monitoringput (diver) vei_bk382 in het proefveld en de permanente grondwatermonitoringsput B52A0115 aan de Vredeweg. Het SWAP-model is gekalibreerd door de waarden 'HTA' en 'QTAB' aan te passen, die de waterfluxen op bepaalde diepten bepalen. Waterfluxen nabij het gemiddelde grondwaterpeil (-150 cm) zijn verhoogd om het grondwaterpeil iets te verlagen t.o.v. de oorspronkelijke instelling. De kalibratie is handmatig gedaan en beoordeeld door de kleinste som van kwadraten (RMSD) via een beperkte aantal iteraties. De uiteindelijk gebruikte parameters voor de simulatie zijn gegeven in Tabel B6.2.

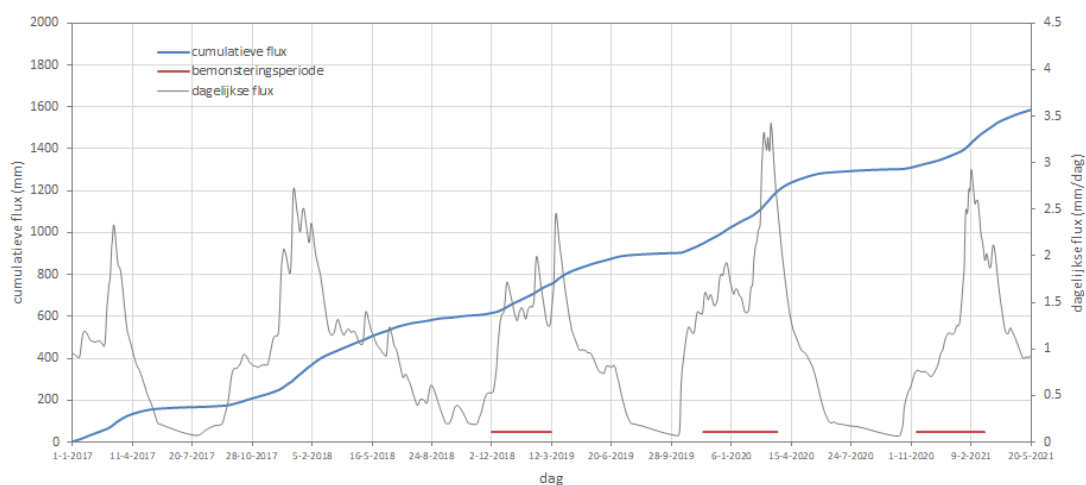
Op basis van het gekalibreerde model zijn de dagelijkse grondwaterfluxen berekend (zie figuur B6.2).

Tabel B6.2. Gebruikte parameters in SWAP na kalibratie

HTAB (cm)	QTAB (cm/d)
0.0	-0.70
-100.0	-0.34
-150.0	-0.12
-200.0	-0.01
-250.0	-0.01
-300.0	0.00



Figuur B6.1. Grondwaterverloop, meting en simulatie



Figuur B6.2. Dagelijkse grondwaterflux, en cumulatieve flux

De cumulatieve grondwaterflux tussen de bemonsteringsmomenten in de experimentele periodes (zie rode lijnen in Figuur B6.2) is weergegeven in Tabel B6.3. Deze grondwaterfluxen zijn gebruikt in bijlage 7 om de nitraatflux te berekenen in de experimentele periodes.

Tabel B6.3. Cumulatieve flux tussen bemonsteringsmomenten die wordt gebruikt om de nitraatflux te berekenen in bijlage 7. Er is grofweg maandelijks bemonsterd in de periode dat het grondwater hoog staat.

Bemonsteringsdatum	Cumulatieve flux per proefveld (mm)	Vershil tussen de bemonsteringen (mm)
3-12-2018	0	0
29-1-2019	74	74
19-2-2019	107	33
12-3-2019	138	31
21-11-2019	0	0
24-1-2020	105	105
6-3-2020	194	88
23-3-2020	246	52
11-11-2020	0	0
16-12-2020	26	26
3-2-2021	90	63
4-3-2021	163	73

Bijlage 7 Uitvoering nitraatmetingen en berekening stikstoflux

Nitraatmetingen in het bovenste grondwater

Na de oogst van de aardappelen en inzaaien van de vanggewassen is jaarlijks in de winterperiode tussen december en maart vier keer bemonsterd in het midden van elk veldje, gebruik makend van de methode die standaard is voor nitraatmonitoring in Nederland (De Goffau et al, 2012). Daartoe is midden in elke veldje een buis geplaatst. Bij aanvang is een gat geboord met een Edelmanboor tot ongeveer 2,5 m onder maaiveld. Er is een kraag (Ø 10 cm, lengte 50 cm) gebruikt om te voorkomen dat grond uit de bovengrond in het geboorde gat valt. In elk boorgat is een PVC- buis (Ø 30 mm) geplaatst met een lengte van 2,9 m, waarvan 2,5 m in de grond en waarvan de onderste meter geperforeerd is (spleten van 0,3 mm). Elke PVC-buis is geïnstalleerd met meer dan 1 meter polypropyleen filterkous (Eijkelkamp). De lengte van de geperforeerde buis van 1 m wijkt af van de RIVM-methode waarin een 0,5 m geperforeerde buis wordt gebruikt tot ongeveer 0,8 m onder het grondwaterpeil. Dit is gedaan omdat een vaste buis is gebruikt gedurende de winter en het grondwaterpeil in de onderzoekspercelen meestal maximaal 1 meter stijgt: grofweg van 2,5 m -mv tot 1,5 -mv.

Voorafgaand aan de bemonstering van het grondwater werd het grondwaterpeil op de proefpercelen vastgesteld met een Cera Diver (Eijkelkamp, Soil&Water, the Netherlands): een grondwaterpeilapparaat met geluidsignaal.

Vóór de grondwaterbemonstering werd tenminste twee liter grondwater opgepompt om de PVC-buis en de slangen te spoelen. De bemonstering vond plaatst nadat het grondwaterpeil was hersteld: minimaal één uur na de spoelen. Na herstel van het grondwaterpeil werd het grondwater bemonsterd met een peristaltische pomp en gefilterd over een poriegrootte van 0,45 micrometer wegwerpfiler met 300 cm² filtrerend oppervlak. Het watermonster werd geconserveerd door aanzuring met HCl tot pH 1-2 conform NEN-ISO 5667-3.

De grondwatermonsters werden binnen 2 dagen geanalyseerd op NO₃+NO₂, NH₄ en dissolved organic carbon (DOC), waarbij DOC het verschil is tussen totaal C (TC) en bicarbonaat (IC). De analyse is uitgevoerd met een Segmented Flow Analyzer (Skalar, Breda, Nederland; NO₃: Cd-reductie + Griess-Ilosvay reagent, bereik 0,03–6,0 mg N/L, dialyser SA 5272, interferentie filter SA 6541; NH₄: Berthelot reagent, bereik 0.09–3.0 mg N/L, dialyser SA 5274, interferentie filter SA 6565, Ntot destructie met kalium persulfaat bij pH 4 gevolgd door UV destructie met natriumboraat, bepaling van nitraat; TC: monster wordt geoxideerd met kalium peroxodisulfaat en di-natrium tetraboraat bij ultraviolet licht; IC wordt bepaald direct na aanzuren met fosforzuur en het CO₂ wordt uit het monster geblazen door middel van N₂ in het monster; CO₂ wordt bepaald met een infrarood detector).

Positie buizen in proefveldjes en beïnvloeding tussen veldjes

De individuele veldjes waren 12 m lang en 4,5 m breed en de bemonsteringsbuizen zijn steeds in het midden geplaatst. De groenbemesters zijn 3 m breed gezaaid, met 0,75 m braak aan beide zijden. Hierdoor is de afstand van een buis tot een ander veldje minimaal 2,25 meter en de kleinste afstand van de buis tot de grens van het veldje met vanggewas 1,5 meter. De braakstrook is dus opgeteld 1,5 m breed. Afhankelijk van de horizontale grondwatersnelheid in de bovenste meter is het mogelijk dat een grondwatermonster beïnvloed wordt door een ander veldje dan waar de buis is geplaatst. Het grondwater in de winter is in een periode van december tot maart gestegen. De periode waarin het bemonsterde grondwater ontstaat, is dus kort. Het eerste grondwatermonster is in november/begin december genomen en dit grondwater is waarschijnlijk al enkele maanden aanwezig op die diepte. Dat maakt dat invloed tussen percelen bij met name het eerste monster relevant is. Dat monster is voor de flux niet meegenomen (zie "berekening van de stikstoflux naar het grondwater" hieronder).

Er zijn geen laterale grondwatersnelheden bekend voor het bovenste grondwater op de onderzoeklocaties in de winterperiode (Van Beek et al., 2007). In principe is de laterale grondwatersnelheid nul op een waterscheiding en neemt de snelheid toe richting een water

afvoerende sloot (Oosterbaan en Nijland, 1994), afhankelijk van de helling in het grondwater, doorlatendheid, porositeit en afhankelijk van storende lagen (dikte van de laag waar waterstroming plaatsvindt) (Van Beek et al., 2007). Op basis van de wet van Darcy kan de horizontale grondwaterstromingssnelheid (V in m d⁻¹) geschat worden met de K , de helling (dh/dl) en de porositeit (θ): $V = K \theta^{-1} dh/dl$. Aangenomen wordt een horizontale hydraulische geleidbaarheid (K) van 3 m d⁻¹ (Van Beek et al., 2007) en een porositeit van 0,3 (-). De positie van de onderzoekpercelen ten opzichte van sloten en de positie van waterscheiding binnen de percelen is niet gekwantificeerd. Het hoogteverschil van het grondwater tussen hoeken van de onderzoekpercelen is vastgesteld via een hoogtemeting van de hoekpunten t.o.v. elkaar met een waterpasinstrument.

Veld 1 (mais in 2018 en aardappel in 2019) aan de Twistweg had op 13 en 26 juni 2018 het laagste grondwaterniveau in het noordoosten en het hoogste niveau in het zuidwesten. Het hoogteverschil tussen beide hoeken van het onderzoek perceel was op 13 en 26 juni 2018 respectievelijk 20 en 18 cm over een afstand van 163 meter. Dat geeft een hele lage helling (dh/dl) van de grondwaterspiegel van 0,0011 m/m.

Veld 2 (aardappel in 2018) aan de Ripseweg had op 13 en 26 juni 2018 ook het laagste grondwaterniveau in het noordoosten en het hoogste niveau in het zuidwesten. Het hoogteverschil tussen beide hoeken van het onderzoek perceel was op 13 en 26 juni 2018 respectievelijk 32 en 31 cm over een afstand van 146 meter. Dat geeft ook hier een lage helling van de grondwaterspiegel van 0,0021 m/m.

Voor veld 1 en veld 2 wordt daarom een horizontale grondwatersnelheid berekend van 20 en 21 cm per dag. Over een periode van 100 dagen, grofweg de periode dat er grondwaterstroming is tussen december tot eind februari, is dat 2 à 2,1 meter. Dat betekent dat er een kleine invloed kan zijn geweest tussen een bemonsteringslocatie en de strook die braak lag of het plotje met een andere behandeling daarnaast. Dat betekent ook dat er interactie te verwachten is bij bemonsteringstijdstip 1 tussen plots. Bemonsteringstijdstip 1 is korte tijd na inzaai van het vanggewas waardoor geen effect te verwachten is van de verschillen in vanggewassen maar mogelijk wel van de verschillende bemestingniveau's of aardappellassen bij aanvang van het seizoen.

Berekening van de stikstof flux naar het grondwater

Berekend is de stikstof flux naar het grondwater gedurende de periode tussen de 1^e en de 4^e bemonstering (grofweg december t/m maart). Dat is grofweg ook de periode waar het merendeel van de flux plaatsvindt. Genegeerd wordt dus de hoeveelheid stikstof in de onverzadigde zone.

De grondwaterflux is berekend met het model SWAP, gebruik makend van lokale data: neerslaggegevens en bodemkarakteristieken. De neerslaggegevens van het meest nabijgelegen KNMI-weerstation Volkel, op ongeveer 17 km van de percelen, zijn gebruikt. Het model is geijkt op basis van de gedetailleerde grondwatergegevens van meetpunt B52A0115 (RD-coördinaten 187346, 394668), waarvan metingen beschikbaar zijn sinds maart 1976.

De nitraatflux naar het grondwater is berekend op basis van de berekende waterpercolatie in de bodem, vermenigvuldigd met de gemeten nitraatconcentratie (De Vos & Assinck, 2004) voor de periode tussen de eerste en de vierde bemonstering, van december tot maart, een periode van ongeveer vier maanden. Voor de berekening van de nitraatflux zijn alleen de drie laatste bemonsteringen gebruikt. De analyse van het eerste grondwatermonster is niet gebruikt voor de berekening van de flux. Het betreft grondwater dat vóór de eerste bemonstering is uitgespoeld. Voor een situatie waarin gedurende de winter vier keer een nitraatanalyse is gedaan en de te onderzoeken behandeling (het effect van het vanggewas) heeft plaatsgevonden vanaf september, bestaat het bemonsterde grondwater voor een deel uit water dat in de periode daarvoor het grondwater heeft bereikt. Aangenomen is dat de gemeten nitraatconcentratie op het bemonsteringsmoment een goede maat is voor de nitraatconcentratie in de maanden daarvoor. Dat is redelijk omdat bij de bemonstering het verschil tussen de grondwaterstand en de onderkant buis minimaal 0,51 m tot maximaal 1,59 meter was, wat bij een volumetrisch watergehalte van verzadigde ondergrond van 0,3 (-) neerkomt op een waterflux van minimaal 154 mm tot en met 477 mm. De jaarlijkse waterflux, berekend voor de periode 2017-2021, was gemiddelde 268 mm per jaar, waardoor een waterflux van minimaal 154 mm tot maximaal 477 mm aangeeft dat bij de grondwaterbemonstering water wordt bemonsterd dat is voortgekomen uit een periode minder of meer dan een jaar.

Aan de berekende waterflux (bij alle percelen hetzelfde) is een gemiddelde nitraatconcentratie in de bemonsterde bovenste grondwaterlaag toegekend via de volgende aanname: de gemeten nitraatconcentratie op moment 2, 3 en 4 (grootweg jan, feb, maart) is een mengsel van water van de vorige periode (ook water dat een jaar eerder uitspoelde naar grondwater). De flux tussen moment 1 en 4 is berekend op basis van de gemiddelde nitraatconcentratie van:

- gemiddelde van bemonstering 2, 3 en 4 voor de periode tussen de bemonstering van 1 en 2;
- gemiddelde van bemonstering 3 en 4 voor de periode tussen de bemonstering van 2 en 3;
- monster 4 voor de periode tussen bemonstering van 3 en 4.

Op dagbasis is de nitraatflux (N_{flux} in $\text{kg N ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) naar het grondwater berekend: $N_{\text{flux}} = C_{\text{NO}_3} q$, waarin C_{NO_3} de gemeten nitraatconcentratie is (kg N m^{-3}), en q de berekende percolatie ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Door sommatie van de dagelijkse nitraatfluxen is de cumulatieve N-uitspoeling berekend voor de periode december-maart.

Bijlage 8 Modellerings effect vanggewas op nitraatconcentratie grondwater

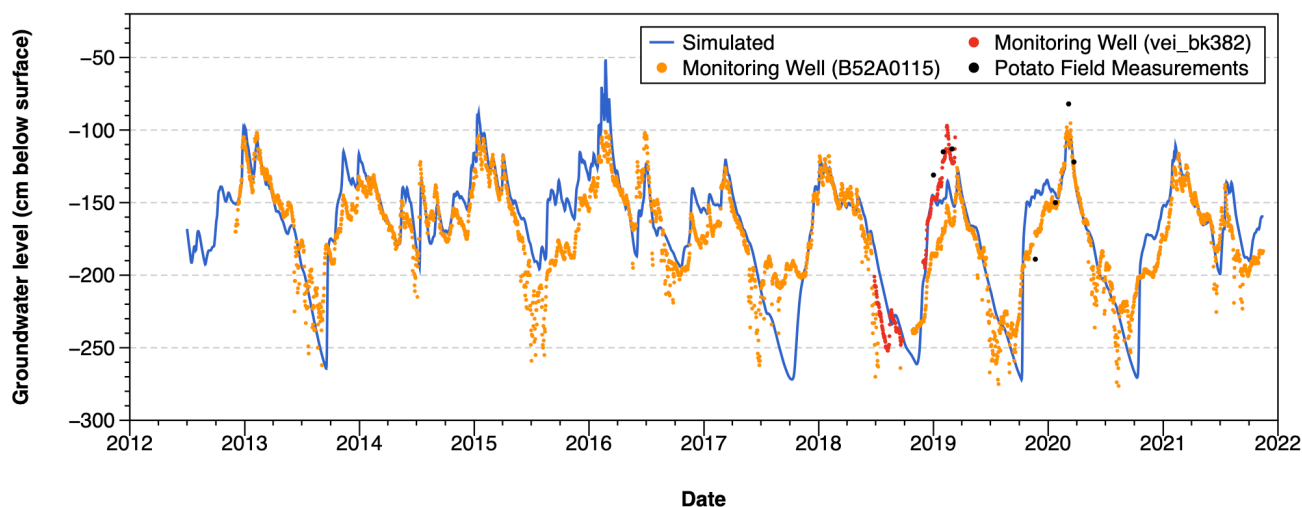
Doel

Met het ANIMO-model (Renaud et al., 2005; Groenendijk et al., 2014; Heinen et al., 2020) kan berekend worden wat het effect is van een vanggewas op de nitraatconcentratie in het grondwater in de verschillende jaren. Zo'n modelberekening is het resultaat van verschillen tussen de jaren in neerslag, stikstofbemesting en opname door het aardappelgewas en het vanggewas. Tevens geeft zo'n modelberekening het lot van stikstof weer naar de vaste bodemfase (organische stof), het bodemvocht, het grondwater en de emissie naar de lucht. Als zo'n modelberekening sterk lijkt op de metingen, dan is dat een indicatie dat het model gebruikt kan worden voor de beschouwde situatie (i.c. aardappelteelt gevolgd door vanggewassen) en bovendien geeft het opheldering over het lot van stikstof voor posten die niet gemeten worden zoals emissie naar de lucht, nitraat in bodemvocht en stikstof in de organische stof.

Er is hier geen poging gedaan om de modelparameters aan te passen aan de lokale omstandigheden per perceel, per vanggewas of andere aanpassingen van modelcoëfficiënten. Er is alleen gebruik gemaakt van de gemiddelde stikstofopname door het hoofdgewas en het vanggewas, de neerslag (bijlage 7) en grondwaterstand (Vredeweg 1) nabij het proefstation Vredepeel.

Methode

De bodemparameters zijn verkregen op basis van een karakterisering van een perceel in Vredepeel, een ander perceel dan is gebruikt voor de proeven, maar met sterk vergelijkbare bodemeigenschappen (Stolk & Kroes, 2012; Groenendijk et al., 2017a). De neerslag en temperatuurgegevens zijn afkomstig van het nabijgelegen KNMI-weerstation te Volkel. Het gesimuleerde grondwaterniveau is gekalibreerd op basis van twee meetstations: een diver (vei_bk382), en B52A0115 aan de Vredeweg, beide op of naast het proefstation. Net als in bijlage 7 is SWAP gebruikt. De SWAP-model parameters 'HTAB' en 'QTAB' zijn aangepast om de neerwaartse waterflux te verhogen en een vijfde bodemlaag is gedefinieerd voor de laag van 150–300 cm met een verlaagde waterbindingscapaciteit. Figuur B8.1 laat de gesimuleerde grondwaterstand zien, na visuele kalibratie op basis van de gemeten grondwaterstanden van de meetstations en van de bemonsteringsbuizen in het proefveld.



Figuur B8.1. Gesimuleerde grondwaterstand (blauwe curve) vs. metingen van meetstations (rode en gele symbolen) en bemonsteringsbuizen in veldproef (zwarte symbolen)

De veldproeven zijn uitgevoerd in 2018, 2019 en 2020; elk jaar betrof het een ander perceel. Voor elk proefveld is een aparte simulatie opgesteld met bemesting en irrigatie conform de werkelijke veldbehandelingen, met de behandeling op de werkelijke dagen en hoeveelheden. Voor aardappel (i.e. Fontane) zijn twee bemestingsniveaus gesimuleerd zoals ook gebruikt in het veld (215 en 275 kg N/ha).

De gewasrotatie verschilde per perceel. Voor de vereenvoudiging is één vierjarige rotatie gehanteerd: een herhaling van een vierjarige rotatie van mais-aardappel-wintertarwe en suikerbiet als voorgaande gewassen, wat normaal is in Nederlandse akkerbouw. De rotatie is aangepast, zodat steeds het gewas overeenkomt met het werkelijke gewas in het onderzoekjaar (tabel B8.1).

Tabel B8.1. Gewasrotatie zoals gebruikt tijdens simulatie. De gewassen in het onderzoekjaar in de veldproef zijn grijs aangeduid.

year	Potato_(noCC)_18	Potato_(noCC)_19	Potato_(noCC)_20
2020			Potato
2019		Potato	Maize
2018	Potato	Maize	Sugar beet
2017	Sugar beet	Sugar beet	Winter wheat
2016	Winter wheat	Winter wheat	Potato
2015	Potato	Potato	Maize
2014	Maize	Maize	Sugar beet
2013	Sugar beet	Sugar beet	Winter wheat
2012	Winter wheat	Winter wheat	Potato
2011	Potato	Potato	Maize
...	...	...	...

Verschillende vanggewassen zijn getest in de veldproef, inclusief verschillende zaaidichtheden (alleen bij de vanggewassen na maïs) en zaaimomenten. Echter, door het gebrek aan gewasmodellen konden die verschillen niet worden getest. Er is alleen een modelinvoer beschikbaar voor winterrogge. De simulatie beperkt zich daarom tot één vanggewas: winterrogge, gezaaid eind september, die eind maart van het volgende jaar in de grond wordt ingewerkt, waarmee het grofweg 45 kg/ha N (het gemiddelde van winterrogge in het 3-jarige experiment bij zaaien eind september) in organische vorm toevoegt aan de bodem. De stikstofopname van het gewas en het vanggewas is gekalibreerd, waarbij op basis van de gegevens in dit rapport de SWAP/WOFOST-parameters licht zijn aangepast: EFF, NMAXSO, NMXLV, RNFLV, respectievelijk licht gebruik efficiency, maximale N concentratie in plant organen, in jong bladeren en rest N fractie in gewas.

De bodemorganische-stof in het ANIMO-model is verdeeld over verschillende fracties. De fracties zijn geïnitieerd na een "warm-up" simulatie van een mais – aardappel – wintertarwe – suikerbiet rotatie van 20 jaar. Op basis van die initiële simulatieresultaten, zijn simulaties gestart voor 20 jaren. Het resultaat van alle simulaties is uitgelezen op dag 84 van elk jaar (25 maart, enkele dagen na afronden van de grondwatermetingen, ploegen van het vanggewas en bemesting van het volggewas). In de simulaties wordt gerekend met het gebruik van vanggewassen na mais, niet alleen in het experimenteel jaar. Op deze manier wordt de stikstofopname door het vanggewas gerapporteerd in hetzelfde jaar als het hoofdgewas, terwijl de stikstofincorporatie in de bodem via het vanggewas wordt gerapporteerd in het volgende jaar.

Simulatie van het langetermijneffect van vanggewassen

De lange-termijnpraktijk van vanggewassen is gesimuleerd. Dit is gedaan omdat het effect op nitraatuitspoeling mogelijk na veel jaren steeds kleiner wordt als er stikstofopbouw plaatsvindt in de bodem. In plaats van een rotatie is een monocultuur gesimuleerd van mais of aardappel gedurende 20 jaar, met of zonder vanggewas na de oogst van het hoofdgewas, waarbij dezelfde bodemparameters zijn gebruikt.

In totaal zijn 18 simulaties gedaan voor de veldproef en 6 voor de evaluatie van het langetermijneffect van het vanggewas (tabel B8.2).

Tabel B8.2. Samenvatting van de simulaties

Simulatie		Gewas-rotatie	Vang-gewas	Bemesting
Veldproef	Potato_215_18	Rotatie + aardappel	•	Totale werkzame N-gift: 215 kg N/ha April: rundveedrijfmest equivalent aan 156 kg N/ha ² April: 45 kg N/ha minerale meststof Juni: 70 kg N/ha minerale meststof
	Potato_215_19		•	
	Potato_215_20		•	
	Potato_215_noCC_18			
	Potato_215_noCC_19			
	Potato_215_noCC_20			
	Potato_275_18	Rotatie + aardappel	•	Totale werkzame N-gift: 275 kg N/ha April: Rundveedrijfmest equivalent aan 156 kg N/ha ² April: 85 kg N/ha minerale meststof Juni: 90 kg N/ha minerale messtof
	Potato_275_19		•	
	Potato_275_20		•	
	Potato_275_noCC_18			
	Potato_275_noCC_19			
	Potato_275_noCC_20			
Lange termijn	Potato_215_Mono	aardappel-monocultuur	•	Identiek aan veldsimulaties
	Potato_215_Mono_noCC		•	
	Potato_275_Mono			
	Potato_275_Mono_noCC		•	

¹ De toevoeging 18, 19 en 20 verwijst naar het jaar van de veldproef (respectievelijk 2018, 2019 en 2020). Het hoofdgewas en het vanggewas (indien van toepassing) werden alleen gesimuleerd in het jaar van de proef.

² De hoeveelheid betreft de totale hoeveelheid stikstof in de toegepaste drijfmest. De wettelijk vastgestelde werkzame hoeveelheid N voor de gebruiksnormen was ongeveer 100 kg N/ha.

Resultaten

Tabel B8.3. Simulatie van drogestof- en stikstofopbrengst van aardappel en het vanggewas in vergelijking tot de veldproef

Simulatie	Opbrengst aardappel				Opbrengst vanggewas			
	Experiment		Simulatie		Experiment		Simulatie	
	Droge stof (ton/ha)	N (kg N/ha)	Droge stof (ton/ha)	N (kg N/ha)	Boven-grondse N (kg N/ha)	Totale N (kg N/ha)	Boven-grondse N (kg N/ha)	Totale N (kg N/ha)
Potato_215_18	11.75	187.77	11.00	155.5	32.37	51.92	31.91	52.3
Potato_215_19	13.23	173.29	12.25	172.38	21.14	37.14	31.12	50.42
Potato_215_20	12.51	166.63	12.83	190.48	21.14	38.33	20.44	33.46
Potato_275_18	11.82	201.06	11.96	172.92	35.76	55.57	33.47	54.72
Potato_275_19	13.36	194.71	13.02	190.67	18.62	34.87	32.39	52.38
Potato_275_20	12.78	195.73	13.06	193.57	21.52	38.60	21.08	34.48

Tabel B8.4. Drogestof- en stikstofopbrengst van aardappel en vanggewas in lange-termijnsimulatie

Simulatie	Opbrengst aardappel		Opbrengst vanggewas		
	Droge stof (ton/ha)	N (kg N/ha)	Droge stof (ton/ha)	Bovengrondse N (kg N/ha)	Totale N (kg N/ha)
Potato_215_Mono	12.9	188.5	0.39	17.0	28.0
Potato_215_Mono_noCC	12.1	176.6	/	/	/
Potato_275_Mono	13.6	197.6	0.39	17.1	28.3
Potato_275_Mono_noCC	13.2	193.1	/	/	/

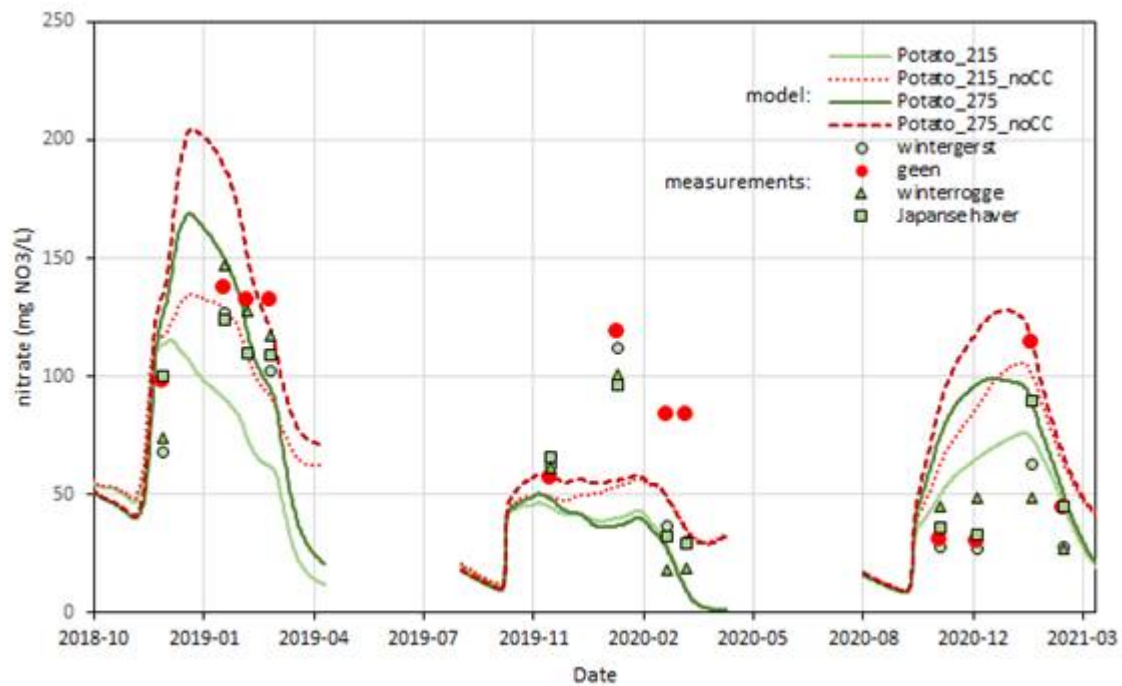
Nitraatconcentraties in het grondwater

De nitraatconcentraties in het grondwater zijn berekend voor de waterlaag van 1 meter onder het grondwatervniveau. Figuur B8.2 laat de gesimuleerde nitraatconcentraties zien in vergelijking tot de gemiddeld gemeten concentraties in de veldproeven (tabellen 27a, 28a en 29a in de hoofdtekst). Bij aardappel zijn de volgende behandelingen onderscheiden: geen vanggewas, Japanse haver, wintergerst en winterrogge.

Grofweg gezien zijn de gemodelleerde nitraatconcentraties in hetzelfde bereik (30-120 mg NO₃/l) als de gemeten nitraatconcentraties. Opvallend is dat de pieken die in de data te zien zijn, ook gemodelleerd worden, alhoewel niet precies op dezelfde tijdstippen. De verschillen tussen de

bemesting met 215 en 275 kg N/ha zijn niet te onderscheiden bij de metingen (zie hoofdtekst), maar wel bij de simulatie. De gemodelleerde concentraties zijn in het 1^e jaar grofweg gelijk aan de gemeten concentraties, maar zijn in het 2^e jaar gelijk of lager dan de gemeten nitraatconcentraties en in het 3^e jaar gelijk of hoger.

Het belangrijkste is dat het gemodelleerde effect van het vanggewas toeneemt van februari naar april. In april worden met vanggewassen hele lage nitraatconcentraties gemodelleerd. De gemeten nitraatconcentraties bij vanggewassen na aardappel waren in 2020 en 2021 inderdaad ook het laagste, maar lang niet zo laag als de gemodelleerde nitraatconcentraties. Het verschil tussen de behandeling met en zonder vanggewas was in februari en maart van het tweede jaar groter dan het gemodelleerde verschil, terwijl in eerste en derde meetjaar het gemeten verschil minder groot is dan het gemodelleerde verschil.



Figuur B8.2. Simulatie van nitraatconcentraties in grondwater tussen september en april elk jaar, in vergelijking tot de veldmetingen

N-balans van de veldproeven

De resultaten laten de gemiddelden zien van 2018, 2019, en 2020 in de veldproeven. Relevant zijn alle posten in de balans die niet of moeilijk meetbaar zijn en het effect van het vanggewas daarop. In tabel B8.5 is te zien wat het gemodelleerde effect is van vanggewas bij aardappel ("output"): minder nitraatuitspoeling (12,2 kg N/ha) in "downwardflux", meer stikstof (32,6 kg N/ha) in "crop uptake", nauwelijks minder als N₂ (gas) via "denitrification" (0,8 kg N/ha) en minder nitraatvorming ("nitrification") (7,7 kg N/ha), bijvoorbeeld door meer opname van NH₄ als gevolg van het vanggewas.

Tabel B8.5. N-balans van gesimuleerde aardappelveldproeven met en zonder vanggewassen (noCC). Bemestingsniveau 215 kg N/ha. *toelichting over "output" onder tabel.

Simulation		Potato_215			Potato_215_noCC		
	N Species	Org-N	NH4-N	NO3-N	Org-N	NH4-N	NO3-N
Source*							
Input	Additions	59.6	135.7	57.5	59.6	135.7	57.5
	Bottom upward flux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Crop residues	152.8	0.0	0.0	152.8	0.0	0.0
	Deposition dry		7.5	5.0		7.5	5.0
	Deposition wet		7.0	3.8		7.0	3.8
	Exudates	0.0			0.0		
	Incorporation	51.1			47.6		
	Inundation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Irrigation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nett mineral.		134.9			130.6	
	Nitrification			162.1			167.6
	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runon	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Bottom downward flux	3.9	0.1	36.8	3.3	0.1	49.0
Output	Crop uptake		101.0	191.0		89.3	169.1
	Denitrification			11.4			10.6
	Gross mineral.	186.0			178.3		
	Immobilization		0.0			0.0	
	Nitrification		162.1			167.6	
	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Volatilization		23.4			23.4	
	Solid	71.9	-1.3		77.9	0.5	
	Solution	1.6	-0.2	-10.7	0.6	0.1	5.3

* "Bottomdownwardflux": de stikstof die uit het bodemprofiel met het watertransport naar het diepere grondwater stroomt.

"Crop uptake" is de hoeveelheid ammonium en nitraat stikstof die door de gewassen (aardappel en vanggewas) aan de bodem onttrokken wordt. Een deel van de opgenomen stikstof keert bij afsterving van wortels en bij de oogst weer terug naar de bodem in de vorm van gewasresten.

"Gross mineralisation" is de hoeveelheid stikstof die in de bodemkringloop vrijkomt uit de stikstofpools voordat een deel ervan wordt ingebouwd in een andere pool. De inbouw in een andere pool noemen we 'incorporation' het verschil van gros mineralisation and incorporation wordt aangeduid als Nett Mineralisation.

"Nett mineralisation" is de hoeveelheid stikstof die vrijkomt uit de organische gebonden pool en wordt toegevoegd aan de ammonium pool.

"Stock" is de verandering van de hoeveelheid stikstof in vaste fase van de bodem. Dit is met name stikstof in organisch stof.

Gedurende de simulatieperiode vindt geen herverdeling ("Redistribution") van stikstof over de bovengrens of de ondergrens van het beschouwde profiel plaats als gevolg van een eventuele grondbewerking.

Tabel B8.6. N-balans van de gesimuleerde aardappelveldproeven met en zonder vanggewassen (noCC). Bemestingsniveau 275 kg N/ha. Gemiddelden over 2018, 2019 en 2020.

Simulation		Potato_275			Potato_275_noCC		
	N Species	Org-N	NH4-N	NO3-N	Org-N	NH4-N	NO3-N
Source							
Input	Additions	59.6	165.7	87.5	59.6	165.7	87.5
	Bottom upward flux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Crop residues	160.0	0.0	0.0	160.0	0.0	0.0
	Deposition dry		7.5	5.0		7.5	5.0
	Deposition wet		7.0	3.8		7.0	3.8
	Exudates	0.0			0.0		
	Incorporation	51.0			47.2		
	Inundation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Irrigation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nett mineral.		134.1			129.1	
	Nitrification			203.7			210.4
	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runon	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Bottom downward flux	4.0	0.1	44.3	3.3	0.1	57.7
Output	Crop uptake		86.2	253.0		72.4	231.5
	Denitrification			12.3			11.4
	Gross mineral.	185.1			176.3		
	Immobilization		0.0			0.0	
	Nitrification		203.7			210.4	
	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Volatilization		25.8			25.8	
	Solid	79.8	-1.2		86.6	0.5	
	Solution	1.7	-0.2	-9.6	0.6	0.1	6.1

N-balans van lange-termijnsimulaties

De resultaten van gemiddelden over 10 jaar bij een 20-jaar simulatie staan in onderstaande tabellen. Het effect van vanggewas na aardappel ten opzichte van de situatie zonder vanggewas na aardappel (noCC) is dat het leidt tot minder nitraatuitspoeling met een vanggewas (66,1 ten opzichte van 87,9 kg N/ha bij 215 kg N). Die stikstof in het vanggewas leidt tot toevoer van organische N in de bodem (org N) (46 kg N/ha bij "addition" en 26 kg N/ha "incorporation") en uiteindelijk tot meer bodem organische stikstof (55,5-13,4 kg N/ha). Bij een totaalgift van 275 kg N/ha is de situatie heel vergelijkbaar met 215 kg N/ha, behalve dat de uitspoeling hoger is: 98,2 t.o.v. 121,9 kg N/ha, met en zonder vanggewas.

Tabel B8.7. N-balans van een gesimuleerde aardappelmonocultuur met en zonder vanggewas (noCC). Bemestingsniveau 215 kg N/ha. Gemiddelden over 2018, 2019 en 2020.

Simulation		Potato_215_Mono			Potato_215_Mono_noCC		
	N Species	Org-N	NH4-N	NO3-N	Org-N	NH4-N	NO3-N
Source							
Input	Additions	105.6	138.0	57.5	59.6	138.0	57.5
	Bottom upward flux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Crop residues	152.0	0.0	0.0	149.0	0.0	0.0
	Deposition dry		7.5	5.0		7.5	5.0
	Deposition wet		8.8	4.8		8.8	4.8
	Exudates	0.0			0.0		
	Incorporation	90.2			64.1		
	Inundation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Irrigation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nett mineral.		192.7			187.1	
	Nitrification			207.9			214.5
Output	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runon	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Bottom downward flux	9.5	0.3	66.1	8.2	0.3	87.9
	Crop uptake		114.9	179.2		102.7	167.1
	Denitrification			29.8			27.1
	Gross mineral.	283.0			251.1		
	Immobilization		0.0			0.0	
	Nitrification		207.9			214.5	
	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Volatilization		23.9			23.9	
Stock	Solid	55.5	0.1		13.4	0.0	
	Solution	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.2

Tabel B8.8. N-balans van gesimuleerde aardappelmonocultuur met en zonder vanggewas (noCC). Bemestingsniveau 275 kg N/ha. Gemiddelden over 2018, 2019 en 2020.

Simulation		Potato_275_Mono			Potato_275_Mono_noCC		
	N Species	Org-N	NH4-N	NO3-N	Org-N	NH4-N	NO3-N
Source							
Input	Additions	105.6	168.0	87.5	59.6	168.0	87.5
	Bottom upward flux	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Crop residues	154.9	0.0	0.0	153.5	0.0	0.0
	Deposition dry		7.5	5.0		7.5	5.0
	Deposition wet		8.8	4.8		8.8	4.8
	Exudates	0.0			0.0		
	Incorporation	90.5			64.8		
	Inundation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Irrigation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Nett mineral.		194.8			190.8	
	Nitrification			246.6			254.7
Output	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runon	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Bottom downward flux	9.5	0.3	98.2	8.3	0.3	121.9
	Crop uptake		105.8	214.5		93.9	202.7
	Denitrification			31.1			27.7
	Gross mineral.	285.2			255.6		
	Immobilization		0.0			0.0	
	Nitrification		246.6			254.7	
	Redistribution	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Runoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Volatilization		26.3			26.3	
Stock	Solid	56.3	0.1		13.9	0.0	
	Solution	-0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.2

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



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-OT 1018

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.
