



Groenbemesters;

Een overzicht van kennisvragen

Maria-Franca Dekkers | Wiepie Haagsma | Wageningen University & Research



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Groenbemesters; Een overzicht van kennisvragen

Maria-Franca Dekkers¹

Wiepie Haagsma¹

¹ Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van Topsector Agri & Food uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), in het kader van de PPS Beter Bodembeheer (TKI-AF-16064/BO-56-001-005).

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

Wageningen, juni 2021

Rapport WPR-889

Dekkers, M.S., Haagsma, W.K., 2021. *Groenbemesters; een overzicht van kennisvragen*. Wageningen Research, Rapport WPR 889.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/549699>

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat Wageningen Plant Research hebben uitgevoerd met financiële steun van de Topsector Agri & Food. Binnen de Topsector werken bedrijfsleven, kennisinstellingen en de overheid samen aan innovaties voor veilig en gezond voedsel voor 9 miljard mensen in een veerkrachtige wereld.



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Edelhertweg 1, 8219 PH Wageningen; T 0320 29 11; www.wur.nl/plant-research

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

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

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

Rapport WPR-889

Inhoud

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Bemesting	7
2.1	Wat zijn betrouwbare gegevens van boven- en ondergrondse biomassa en effectieve organische stof?	7
2.2	Wat is de hoeveelheid organische stof en stikstof in mengsels van groenbemesters?	7
2.3	Wat zijn effecten van groenbemesters op uitspoeling ten opzichte van braak?	8
2.4	Hoe groot is de opname en overdracht van stikstof en andere nutriënten over de winter?	8
2.5	Kunnen groenbemesters bodem gebonden mineralen zoals fosfaat en kalium vrijmaken?	10
2.6	Welke combinatie van soorten organische stof (hoge of lage C/N ratio) geven de beste uitgangssituatie voor je teelt?	11
2.7	Wat zijn geschikte groenbemesters onder lage/geen bemesting?	11
2.8	Is er concurrentie tussen groenbemesters in een mengsel?	12
3	Bodemstructuur en vochtbeschikbaarheid	13
3.1	Kunnen we door middel van groenbemesters de structuur in diepere bodemlagen verbeteren?	13
3.2	Wat is de rol van groenbemesters in het voorkomen van ondergrondverdichting?	14
3.3	Kan de bodemstructuur verbeterd worden door het verhogen van het organische stof gehalte?	14
3.4	Wat zijn effecten van mengsels, rassen en zaaidichtheid op bodemstructuur?	14
3.5	Wat kan de functie zijn van een laat gezaaide groenbemester?	15
4	Onkruiden	16
4.1	Wat is de onkruid onderdrukkende werking van verschillende groenbemesters?	16
4.2	Wat weten we over de allelopathische werking van groenbemesters?	16
5	Ziekten en plagen	17
5.1	Wat zijn de effecten van zaaitijdstippen en het moment van afbreken van groenbemesters op de ontwikkeling van aaltjes, ziekten en plagen?	17
5.2	Wat is het effect van de methode van inwerken van de groenbemester op ziekten en plagen?	17
5.3	Wat zijn de effecten van verhoogd organisch stof gehalte, door het telen van een groenbemester, op ziekten en plagen?	18
5.4	Kunnen groenbemesters gebruikt worden als biofumigant (groen-grondontsmettingsmiddel)?	18
5.5	Is het aaltjesschema voor groenbemesters compleet?	19
5.6	Wat zijn de effecten van groenbemesters op ziektes in aardappelteelt?	19
5.7	Zijn er vlinderbloemigen die geen nadelige effecten hebben op de bodemgezondheid?	20

5.8	Wat zijn de effecten van groenbemesters op slakken en bladluis en de overdracht hiervan op het volggewas?	20
5.9	Wat zijn effecten van groenbemesters op de aanwezigheid van natuurlijke vijanden?	21
6	Biodiversiteit algemeen	22
6.1	Wat is de waarde van groenbemesters voor bestuivers?	22
6.2	Wat zijn effecten van groenbemesters op de bodem biodiversiteit?	22
6.3	Wat zijn effecten van groenbemesters op zoogdieren?	23
6.4	Hebben groenbemestermengsels een toegevoegde waarde voor de biodiversiteit?	23
6.5	Wat zijn effecten van groenbemesters op vogels?	23
6.6	Hoe voorkom je dat een groenbemester een ecologische val wordt?	24
7	Bedrijfsresultaat	25
7.1	Kan de overdracht van nutriënten van een groenbemester op een volggewas kostenbesparend zijn?	25
7.2	Kan de opbrengst van de hoofdgewassen verhoogd worden door groenbemesters?	25
7.3	Is er effect van groenbemesterresten op de kieming van de volgvrucht?	26
8	Overzicht en vervolgstappen	27
8.1	Overzicht kennisvragen	27
8.2	Vervolgstappen	29
	Literatuur	30

1 Inleiding

Een groenbemester kan worden ingezet voor meerdere doelen en is dus niet alleen maar een “bemester”. Een groenbemester levert vaak geen verkoopbaar product, maar kan via verbetering van de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid, vermindering van ziekten, plagen en onkruiddruk en verhoging van de biodiversiteit direct of indirect voor hogere opbrengsten zorgen. Echter, de teelt van een groenbemester kost ook tijd en geld en kan er voor zorgen dat ziekten en plagen, zoals plant-parasitaire aaltjes, zich juist vermeerderen. Voor het slagen van een groenbemesterteelt met positief effect op de hoofdteelt, is het daarom van belang het juiste doel voor ogen te houden. De groenbemesterkeuze dient te worden aangepast op dit doel en de uitgangssituatie van het perceel.

Doelen van dit document zijn 1) een overzicht te geven van kennisvragen gerelateerd aan groenbemesters die nog niet beantwoord worden in het Handboek Groenbemesters en 2) het geven van aanknopingspunten en zoekrichtingen voor de antwoorden op de kennisvragen. De kennisvragen zijn vragen uit de praktijk, gesteld door ondernemers en adviseurs tijdens diverse lezingen, workshops, groenbemesterdagen en veldbezoeken in de periode 2017 tot en met 2020 gecombineerd met de vragen in het hoofdstuk [Missende informatie](#) in het Handboek Groenbemesters. Per vraag wordt aangegeven in hoeverre er kennis beschikbaar is. Er wordt verwezen naar 1) direct beschikbare en toepasbare kennis in rapporten en handboeken, 2) lopend onderzoek waar kennis uit te verwachten is, 3) wetenschappelijke literatuur en 4) kennisleemtes. Vragen die nog niet beantwoord kunnen worden, geven inzicht in kennisleemtes en zijn mogelijk onderwerp voor verder onderzoek. Ten slotte wordt in paragraaf 8.1 is een samenvattend overzicht van de kennisvragen weergegeven met per vraag in kleur de zoekrichting voor antwoorden.

De verzamelde kennisvragen zijn ingedeeld in doelen waarvoor een groenbemester geteeld kan worden, zie tabel 1. Per kennisvraag is aangegeven welk voordeel en/of aandachtspunt er speelt. Voor verdere uitleg van doelen met de voordelen en aandachtspunten, zie [Handboek Groenbemesters, hoofdstuk Waarom en hoe](#).

Tabel 1. Doelen, voordelen en aandachtspunten bij de teelt van een groenbemester.

Voordelen	Aandachtspunten
Bemesting en organische stof	
Besparing op stikstof bemesting Betere mineralenhuishouding Organische stof aanvoer Stikstoffixatie Stikstofuitspoeling voorkomen	Afstemming mineralisatie op behoefte volggewas
Bodemstructuur en vochtbeschikbaarheid	
Betere structuur Doorlatendheid van de grond Erosie voorkomen Ondergrondverdichting voorkomen Ondergrondverdichting opheffen Vochtverdamping/vocht vasthouden	Inkuileffect Uitdroging (vochtverbruik groenbemester)
Onkruiden	
Onkruidonderdrukking	Aardappelopslag bestrijding Onkruidontwikkeling Opslag in volggewas
Ziekten en plagen	
Activering bodemleven Aaltjesbeheersing Aantrekken functionele biodiversiteit Weerbaarheid bodem	Vermeerdering ziekten en plagen
Biodiversiteit algemeen	
Landschappelijke diversiteit Gewasdiversificatie Vergroten en behouden soortenrijkdom	Ecologische val
Bedrijfsresultaat	
GLB subsidie Verhoging opbrengst hoofdgewassen	Opbrengstderving dekvrucht Teeltkosten

2 Bemesting



2.1 Wat zijn betrouwbare gegevens van boven- en ondergrondse biomassa en effectieve organische stof?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Organische stof aanvoer
- Stikstof uitspoeling voorkomen

Binnen de PPS Beter Bodem Beheer en Slim Landgebruik worden kengetallen voor effectieve organische stof (EOS) van groenbemesters geactualiseerd. Hierbij wordt gekeken naar boven- en ondergrondse gewasdelen. De kengetallen die nu gebruikt worden, zijn verkregen uit oude data en niet up-to-date met de huidige rassen en nieuwe soorten die als groenbemester worden gebruikt, zoals Japanse Haver. Naast EOS worden ook boven- en ondergrondse biomassa, stikstofopname en humificatiecoëfficiënt meegenomen. In dit onderzoek zijn in 2018-2019 en 2019-2020 veldmetingen verricht aan een aantal monoculturen en mengsels. Naast de veldmetingen is er een literatuurstudie gedaan om de gemeten data mee te vergelijken. De gegevens laten variatie zien aan de hand van bijvoorbeeld zaaitijdstip, bemonsteringstijdstip, bemesting, ras en grondsoort. Er wordt geanalyseerd wat goede indicatoren zijn om vernieuwde kengetallen op te baseren en of er genoeg gegevens beschikbaar zijn om het gebruik van nieuwe kengetallen te onderbouwen. Een voorstel voor nieuwe kengetallen wordt begin 2021 geleverd en voorgelegd aan de Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegroondsgroententeelt (CBAV) voor opname in de tabellen kengetallen EOS in het [Handboek Bodem en Bemesting](#).

2.2 Wat is de hoeveelheid organische stof en stikstof in mengsels van groenbemesters?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Organische stof aanvoer
- Stikstof uitspoeling voorkomen
- Stikstoffixatie

Voor het updaten van de kengetallen voor effectieve organische stof, genoemd in 2.1, wordt ook gekeken naar een aantal mengsels van groenbemestergewassen. Hierbij wordt de stikstofinhoud ook meegenomen. Een eerste indicatie van de bijdrage van mengsel aan het aanvoeren van organische stof en het vastleggen van stikstof, kan aan de hand hiervan worden gegeven.

Ook het project Clever Cover Cropping, gefinancierd door NWO Green en in samenwerking met Centre for Soil Ecology (CSE) en NIOO, buigt zich over de vraag of slimme mengsels van groenbemesters meer nutriënten zoals stikstof kunnen opnemen en doorgeven aan een volggewas, om zo uitspoeling te voorkomen. Dit project liep tot november 2020, voorjaar 2021 worden de resultaten uit dit onderzoek gepubliceerd.

Over het gebruik van groenbemester mengsels en het effect hiervan op het vastleggen van stikstof en opbouwen van organische stof is enige literatuur bekend (o.a. Barel et al., 2018; Couëdel et al., 2018; Möller & Reents, 2009; Tosti et al., 2014; Tribouillois et al., 2016). Mengsels van groenbemester-soorten kunnen echter in vele combinaties samengesteld worden, waardoor het huidige onderzoek niet

uitputtend is en niet alle mogelijke mengsels dekt. Een recente meta analyse van Florence & McGuire (2020) vat de resultaten van meerdere studies over de verschillen tussen mengsel en monoculturen van groenbemesters samen. Zij vinden over het algemeen weinig verschil, ook niet op het gebied van stikstof vastlegging.

2.3 Wat zijn effecten van groenbemesters op uitspoeling ten opzichte van braak?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Stikstof uitspoeling voorkomen

Dat de teelt van groenbemesters uitspoeling van nutriënten kan verlagen is bekend. De Notaris et al. (2018) tonen bijvoorbeeld een verlaging in stikstof uitspoeling aan, als gevolg van groenbemester teelt. Zij hebben gevonden dat dit effect even sterk is voor biologische en gangbare teelt en ongeacht het al dan niet gebruik van vlinderbloemige groenbemesters. Vos & van der Putten (2004) concluderen dat het gebruik van groenbemesters de stikstof concentratie in uitspoelingswater terug kan brengen naar EU standaarden. Willumsen & Thorup-Kristensen (2001) vinden een verlaging van stikstofuitspoeling met 50-85% door het gebruik van groenbemesters, waarbij winterharde groenbemesters de stikstofuitspoeling het meest verlagen. Ook Thorup-Kristensen et al. (2003), vinden een sterk verlagend effect van groenbemesters op uitspoeling van nutriënten. De hoeveelheid nutriënten die wordt opgenomen door de groenbemester, en dus niet uitspoelt, hangt sterk af van het zaaitijdstip van de groenbemester en de weersomstandigheden, wat de potentiële groei bepaald (Van Dam, 2006). Daarnaast wordt de opname van nutriënten bepaald door de initiële aanwezigheid van nutriënten in de bodem. Het uitspoelingsgevaar is sterk afhankelijk van de grondsoort.

Aan de hand van deze kennis is het vanaf 1 oktober 2019 via het 6de actieprogramma nitraat verplicht geworden een vanggewas te zaaien onder of na mais. Binnen het project Grondig Boeren met Mais, uitgevoerd in Drenthe, Brabant en Limburg, wordt gekeken naar verschillende vanggewassen na mais. Hierbij wordt onder andere gekeken naar het moment van inzaaien (onderzaaien of nazaaaien) en naar zaai dichtheden. Het voorkomen van uitspoeling hangt hierbij af van de slagingskans van de groenbemester. In de vanggewasproeven na mais en aardappel, wordt nitraat uitspoeling gemeten van december tot maart, wat vervolgens wordt omgerekend naar kilogram stikstof die per hectare is uitgespoeld. Deze metingen zijn veelal op zand gronden, maar kunnen omgerekend worden voor klei gronden. Resultaten voor dit project zullen in 2021 beschikbaar komen. (<http://www.grondigboerenmetmais.nl/>)

2.4 Hoe groot is de opname en overdracht van stikstof en andere nutriënten over de winter?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Betere mineralen huishouding
- Stikstof uitspoeling voorkomen
- Stikstoffixatie

Relevante aandachtspunten

- Afstemming mineralisatie op behoefte volgvruucht

Opname van nutriënten zoals stikstof is afhankelijk van het soort en ras groenbemester, de uitgangssituatie na het voorgewas, mogelijke extra bemesting en de groeiomstandigheden. De overdracht van de opgenomen nutriënten is afhankelijk van het tijdstip en de methode van bewerken/inwerken/bevriezen, van de verteringsnelheid (C/N ratio en humificatie coëfficiënt), van de grondsoort, van de temperatuur en weersomstandigheden.

Het verwerken van groenbemesterresten kan in de herfst, tijdens of na de winter gedaan worden. De groenbemesterresten kunnen in de bodem ingewerkt worden, waarbij zowel diep als ondiep inwerken een optie is. Ook kan het een optie zijn om de resten na maaien, klepelen of bewerken met een roller crimper (messenwals) op de bodem te laten liggen. Als de gewasresten te lang op de bodem liggen kunnen de nutriënten weer verloren gaan door uitspoeling en emissie, waardoor deze niet worden doorgegeven aan het volggewas. Dit hangt echter af van de weersomstandigheden en of de groenbemester na klepelen/maaien nog verder groeit en ook weer nutriënten opneemt.

Er bestaat een door NMI, LBI en CLM uitgegeven waaier met kengetallen voor stikstof inhoud van verschillende groenbemesters (zie Waaier Groenbemester). Hierin wordt de stikstof levering van groenbemesters gegeven voor inwerken in het najaar of voorjaar en er worden kengetallen gegeven voor verschillende gewas lengtes. Soorten die hierin behandeld worden zijn witte klaver, wikke, gele mosterd, tagetes, bladrammenas, Italiaans raaigras en Westerwolds raaigras. Ook in het Handboek Groenbemesters en het handboek bodem en bemesting wordt een overzicht gegeven van de [korting op de N gift](#) na het onderwerken van een groenbemester. Hierin wordt ook onderscheid gemaakt tussen inwerken in het najaar of voorjaar. Echter, kennis hierover is niet voor alle groenbemester soorten in detail bekend en de effecten van weersomstandigheden en andere teeltomstandigheden, zoals de methode van bewerken, worden veelal niet meegenomen in de beschikbare kengetallen.

Bij niet kerende grondbewerking en het wintergroen houden van de grond is nog veel onbekend over het optimale tijdstip en de beste methode van bewerken voor de overdracht van stikstof naar het volggewas. De meeste stikstof zit in de bovengrondse delen van de groenbemester, als deze wordt afgemaaid kan de stikstof door uitspoeling of emissie verloren gaan. Als de groenbemester na klepelen/maaien doorgroeit kunnen nutriënten ook weer worden opgenomen. In het Handboek Groenbemesters wordt slechts voor enkele groenbemesters informatie gegeven over de mogelijkheid om door te groeien na klepelen/maaien. Echter, als de groenbemester niet verder groeit door lage temperaturen zal de vertering, en dus mogelijke uitspoeling, ook laag zijn. Een groenbemester kan ook te laat kunnen worden ingewerkt, waardoor de stikstof niet op tijd beschikbaar komt voor het volggewas.

Onderzoek naar het beste moment om een groenbemester in te werken en welke methode daarvoor gebruikt moet worden om de overdracht van nutriënten op het volggewas te bevorderen, maar ook rekening te houden met de andere doelen van de groenbemesterteelt en ongewenste effecten zoals uitspoeling van nutriënten en ammoniak emissie, ontbreekt nog grotendeels. Dit beste moment en de gewenste methode kunnen per groenbemestergewas verschillen en afhangen van de vereisten voor het volggewas. Enig onderzoek naar het moment en de methode van inwerken is onder andere gedaan door Alonso-Ayuso et al. (2014), Bavougian et al. (2019), Carver et al. (2020), Coppens et al. (2007), Hefner et al. (2020) en Wagger (1989).

Hier blijven nog witte vlekken in onze kennis. Via een deskstudie met Minip, een model dat de afbraak van organische materialen beschrijft, zou de mineralen overdracht van groenbemesters onder verschillende teelt- en weersomstandigheden bepaald kunnen worden. Daarnaast zijn veldmetingen van biomassa en nutriënteninhoud van groenbemesters in december en nogmaals in februari/maart nodig zijn om een beter beeld te krijgen van de vertering in de winter. Hierbij zouden verschillende manieren van inwerken/bewerken van groenbemesterresten moeten worden meegenomen.

Andere belangrijke punten om mee te nemen in verder onderzoek zijn effecten van verschillende grondsoorten en het onderscheid tussen vertering van verse organische stof in het eerste jaar na inwerken, en effecten van maatregelen op de snelheid van vertering en verdere afbraak in de bodem.

2.5 Kunnen groenbemesters bodem gebonden mineralen zoals fosfaat en kalium vrijmaken?

Relevante voordelen

- Betere mineralen huishouding

Omdat de voorraad winbare fossiele fosfor beperkt is, willen we fosfor emissie of uitspoeling voorkomen en is Nederlands landbouwbeleid gericht op het verlagen van fosfor bemesting. Als de fosfaat gebruiksnorm op het bedrijf beperkt is, moet het fosfaat dat in de bodem aanwezig is goed worden benut. Een groenbemester zou hiervoor gebruikt kunnen worden. Het is bekend dat vlinderbloemigen fosfaat kunnen vrijmaken. In een rapport van het Louis Bolk Instituut en Wageningen University & Research (WUR) over fosfaat benutting, worden de resultaten gegeven van een onderzoek naar de effecten van groenbemesters op het vrijmaken van fosfaat (zie <https://edepot.wur.nl/377934>). Dit onderzoek laat zien dat wikke als groenbemester fosfaat beschikbaar kan maken, maar dat dit om zeer beperkte hoeveelheden gaat; in dit onderzoek ging het om slechts 5% van de geadviseerde fosfaatgift voor het volggewas sla. Na meerdere jaren van groenbemester teelt met een vlinderbloemige kan dit percentage oplopen naar 7,5%. Het aandeel dat groenbemesters aan het leveren van fosfaat bijdragen blijft dus beperkt.

Kalium is in de bodem gebonden aan het kationen-adsorbtie-complex (CEC) of opgelost en beschikbaar voor planten in het bodemvocht. De hoeveelheid gebonden en opgeloste kalium is in balans. Wanneer er door bemesting kalium wordt toegevoegd aan de bodem, stijgt de concentratie in het bodemvocht en gaat er meer kalium aan het CEC zitten. Als er door gewasopname kalium wordt onttrokken aan het bodemvocht, wordt dit gecompenseerd doordat er kalium vrijkomt van het CEC. Het gebonden kalium is zo sterk gefixeerd dat gewassen, en dus ook groenbemesters, hier geen invloed op hebben. Echter, in de winter kan kalium uit het bodemvocht verdwijnen door uitspoeling. Een winterharde groenbemester zou dit kunnen opnemen, vasthouden en in het voorjaar weer vrij geven. Dit gaat echter om relatief geringe hoeveelheden ten opzicht van de totale beschikbare bodem voorraad, en het is de vraag of dit een merkbaar effect oplevert.

Daarnaast kunnen groenbemester op indirecte manier de opname van mineralen door het volggewas verhogen. Groenbemesters kunnen door intensieve beworteling de bodemstructuur verbeteren. Het volggewas zou hierdoor ook beter kunnen wortelen en een intensieve beworteling betekent meer opname van onder andere fosfaat. Daarnaast verhogen groenbemesters het organische stof gehalte van de bodem. Hierdoor kunnen mineralen en sporenelementen worden vastgehouden en langzaam worden vrijgeven.

Het is lastig om in onderzoek de directe en indirecte effecten te kwantificeren. Het gaat om kleine bijdragen, waardoor deze in een veldproef zouden wegvallen tegen de veld variatie. Een gecontroleerde proefopstelling is nodig, waarin er naar directe en indirecte effecten van groenbemesters op het vrijkomen van mineralen wordt gekeken, of waarin het gecombineerde effect hiervan wordt bestudeerd.

2.6 Welke combinatie van soorten organische stof (hoge of lage C/N ratio) geven de beste Ausgangssituatie voor je teelt?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Betere mineralen huishouding
- Organische stof aanvoer

Relevante aandachtspunten

- Afstemming mineralisatie op behoefte volgvruucht

Voor de afbraak van groenbemesterresten en het vrijkomen van nutriënten voor het volggewas is de humificatie coëfficiënt van de groenbemesterresten belangrijk. Deze bepaald het aandeel organische stof dat binnen een jaar wordt afgebroken en het aandeel dat overblijft als effectieve organische stof. In het Handboek Bodem en Bemesting is een tabel opgenomen waarin de C/N ratio en de humificatie coëfficiënt van verscheidene groenbemesters wordt vermeld (zie [Kengetallen-organische-stof](#)).

Wat nodig is voor een goede teelt hangt sterk af van de bodem, de beschikbare nutriënten en de vraag van het volggewas. Heeft het volggewas bijvoorbeeld een hoge stikstof behoefte dan kan het telen van een vlinderbloemige groenbemester zinvol zijn. Als het doel is om de bodemkwaliteit te verhogen dan is het beter om te kiezen voor een groenbemester die veel effectieve organische stof levert. Voor de vertering van groenbemester-resten is stikstof nodig; wanneer dit onvoldoende aanwezig is in de bodem wordt de vertering vertraagd. De bovengrondse groene massa van een groenbemester heeft doorgaans een lagere humificatie coëfficiënt en C/N ratio vergeleken met de ondergrondse massa. Wanneer er bijvoorbeeld voor gekozen wordt de groenbemester na de winter te laten staan, om er nog een snede af te halen, levert de resterende wortelmassa weinig stikstof, of heeft zelfs extra stikstof nodig voor het verteringsproces.

Vlinderbloemigen hebben over het algemeen een lagere C/N verhouding (range 10-15) dan grassen en kruisbloemigen (range 15-25). Een mengsel met een vlinderbloemige en een kruisbloemige en/of een gras kan een meer gemiddelde C/N verhouding hebben vergeleken met een gras of kruisbloemige monocultuur (Couëdel et al., 2018; Poffenbarger et al., 2015). Een mengsel kan hierdoor sneller worden afgebroken en zorgen voor betere synchronisatie tussen het vrijkomen van nutriënten en de nutriëntbehoefte van het volggewas (Poffenbarger et al., 2015).

2.7 Wat zijn geschikte groenbemesters onder lage/geen bemesting?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Stikstofuitspoeling voorkomen
- Stikstoffixatie

Of een groenbemester geschikt is om te telen zonder deze extra te bemesten, hangt af van het doel van de groenbemester. Als uitspoeling voorkomen het doel is, is het niet nodig de groenbemester extra te bemesten, met uitzondering van een startgift om de groenbemester op gang te helpen. De groenbemester moet dan juist de nog beschikbare stikstof uit de bodem halen. Andere doelen, zoals organische stof aanvoer, structuur verbetering, onderdrukken van ziekten en plagen en het verhogen van biodiversiteit, gaan vaak gepaard met een hoge biomassa productie van de groenbemester. In deze gevallen kan het nodig zijn extra te bemesten voor een geslaagde groenbemester teelt. Echter, dit is vooral afhankelijk van de hoeveelheid stikstof die na de voorvrucht in de bodem is achtergebleven, hoeveel stikstof er nog kan mineraliseren uit de gewasresten en de bodem en het tijdstip van zaaien van de groenbemester.

Wanneer een groenbemester niet of nauwelijks bemest wordt, hangt de keuze af van de voorvrucht en het zaaimoment. Is de voorvrucht een gewas dat geen of nauwelijks N in de bodem achterlaat, zoals granen, dan is een vlinderbloemige groenbemester gewenst om zonder bemesting toch tot voldoende biomassa te komen. Of een vlinderbloemige groenbemester qua bodemgezondheid geteeld kan worden, hangt af van eventueel aanwezige aaltjes in de bodem. Ook moet er tijdig gezaaid kunnen worden (uiterlijk half september). Na een gewas waar na de oogst nog voldoende N in de bouwvoor is achtergebleven, zoals bv. aardappelen en uien kunnen ook niet vlinderbloemige soorten geteeld worden zonder of met een lage stikstofgift.

Het stikstof bemestingsadvies voor groenbemesters wordt begin 2021 vernieuwd met nieuwe gegevens en wordt specifiekier worden gemaakt naar de omstandigheden (voorvrucht en zaaitijdstip) waarin de groenbemester wordt geteeld.

In de update van het N bemestingsadvies van groenbemesters worden mengsels niet meegenomen. De vraag is in hoeverre mengsels met vlinderbloemigen wel of niet bemest moeten worden voor een optimale productie.

Daarnaast zijn er nog onbekendheden over de effecten van het bemesten van een groenbemester met drijfmest of met kunstmest. Kunstmest levert alleen stikstof, terwijl drijfmest ook andere nutriënten levert. Hiervan is niet bekend in hoeverre dit een directe invloed heeft op de groei van de groenbemester, echter dat is zeker mogelijk. Om uitspoeling te voorkomen is het belangrijk om niet meer stikstof te geven dan de groenbemester kan opnemen. De stikstof werking van drijfmest over de winter kan met behulp van de tabellen [werking van organische meststoffen](#) uit het Handboek Bodem en Bemesting worden uitgerekend. Een aandachtspunt is hier dat de minimale drijfmestgift die qua techniek uit te rijden is al gauw boven de maximale opname van de groenbemester kan zitten.

2.8 Is er concurrentie tussen groenbemesters in een mengsel?

Relevante voordelen

- Besparing op stikstof bemesting
- Betere mineralen huishouding
- Stikstof uitspoeling voorkomen
- Stikstoffixatie

In een mengsel kan altijd concurrentie bestaan om licht, water en nutriënten. Daarom is het bij het maken van een mengsel belangrijk om naar de samenstelling en de verhoudingen te kijken. Door kwekers die groenbemestermengsels aanbieden wordt hier rekening mee gehouden. Kruisbloemigen kunnen in een mengsel makkelijk gaan overheersen, met name bij bemeste groenbemesters, omdat ze een snelle begin ontwikkeling hebben. Dit kan positief zijn voor onkruidbestrijding, omdat het voor een snelle bodembedekking zorgt. Vlinderbloemigen zijn vaak minder concurrentie krachtig en kunnen onderdrukt worden door kruisbloemigen. Dit is onwenselijk als de vlinderbloemige bewust in een mengsels is gedaan voor extra stikstofbinding. Voor het maken van een goed mengsel moet er dus wederom naar het doel van het telen van de groenbemester gekeken worden. Een voordeel van een mengsel kan zijn dat onder alle omstandigheden er altijd een soort is die het goed doet. Hierdoor kan hetzelfde mengsel er elk jaar anders uitzien.

3 Bodemstructuur en vochtbeschikbaarheid



3.1 Kunnen we door middel van groenbemesters de structuur in diepere bodemlagen verbeteren?

Relevante voordelen

- Betere bodem structuur
- Ondergrondverdichting opheffen

Om ondergrond verdichting op te heffen met groenbemesters moeten de wortels van de groenbemester door de verdichte laag heen groeien, om zo barsten en poriën te creëren. Daarbij is het de vraag hoeveel bodemdruk een wortel kan overwinnen (de mate van verdichting) en wat het wortelpatroon van een groenbemester is (waar zit de verdichte laag).

Er is niet veel bekend over hoeveel bodemdruk de wortels van de verschillende groenbemesters kunnen weerstaan. Luzerne wordt bijvoorbeeld vaak genoemd in de context van ondergrond verdichting omdat het een diep, naar beneden gericht wortelstelsel heeft. Echter, de wortels van luzerne komen niet door een zwaar verdichte laag. Als er op klei grond bij uitdroging barsten ontstaan in de verdichte laag, kan luzerne hier wel goed gebruik van maken en zo toch de verdichte laag doorbreken. Echter, in de winter, als de groenbemester geteeld wordt, is de kans op uitdroging en dus vorming van scheuren, klein. Groenbemesters met penwortels, zoals bladrammenas, kunnen soms door verdichte lagen komen, maar dan moet de verdichte laag oppervlakkiger zitten. Binnen het Programma Lumbricus (<https://www.programmalumbricus.nl/>) wordt naar sorghum en rietzwenkgras gekeken als gewassen die mogelijk door verdichte lagen kunnen komen. Verder onderzoek naar welke groenbemesters door een verdichte laag kunnen komen is gewenst. Binnen de [PPS Klimaatadaptatie](#) loopt een project over het duurzaam opheffen van ondergrond verdichting; hierbinnen worden in 2021 potproeven gestart met groenbemesters op verdichte bodem.

Verder blijkt dat groenbemester alleen vaak niet genoeg zijn om een verdichte laag te doorbreken. Er kan een combinatie nodig zijn van het mechanisch opheffen van verdichting en groenbemesters. Ook dit wordt in de [PPS Klimaatadaptatie](#) onderzocht in een proef waarin o.a. het boren van gaten van verschillende afmetingen, die gevuld worden met zand of compost, gecombineerd wordt met het telen van verschillende groenbemesters.

Verder is het van belang dat er gekeken wordt naar waar de verdichte laag in de bodem zit en welke groenbemesters daar goed bij kunnen. Zoals eerder genoemd kunnen penwortels door oppervlakkige verdichte lagen (0-10 cm) groeien. Voor diepe verdichte lagen (>20 cm), wat vaker het geval is, zijn diep wortelende groenbemesters nodig. In het Handboek Groenbemesters [hoofdstuk Keuze](#) staan gegevens voor veel groenbemester soorten over beworteling intensiteit en diepte. Diep wortelende soorten zijn onder andere bladrammenas, Ethiopische mosterd, luzerne, rode klaver en rietzwenkgras. Hierbij is niet alleen het halen van een bepaalde diepte van belang, maar ook de snelheid waarmee dat gebeurt. Als dit niet zo snel gaat, moet de groenbemester langer staan om een effect op ondergrond verdichting te hebben. Als hier in het bouwplan geen tijd voor is, ligt de voorkeur bij een snelle groei, ook als die misschien minder intensieve doorworteling oplevert. Over de snelheid van beworteling van soorten groenbemesters en zaaitijdstippen is weinig bekend.

3.2 Wat is de rol van groenbemesters in het voorkomen van ondergrondverdichting?

Relevante voordelen

- Betere bodem structuur
- Ondergrondverdichting voorkomen

Het is beter om ondergrondverdichting te voorkomen dan het later weer op te moeten heffen. Ook hierin kunnen groenbemesters een rol spelen, voornamelijk door het verhogen van de draagkracht van de bodem. Hiervoor is intensieve beworteling van de bovenste 20 centimeter van de bodem van belang. Grassen zijn hier bijvoorbeeld voor geschikt. Echter, ook een dik pak bovengrondse biomassa kan de draagkracht verhogen als hierover heen gereden wordt. Hiernaar is echter nog weinig onderzoek gedaan en er bestaan nog veel vragen. Is bijvoorbeeld een intensieve beworteling of een hoge bovengrondse biomassa belangrijker voor het versterken van de draagkracht? Hoe lang moet een groenbemester staan om de draagkracht voldoende te verbeteren? En hoe lang blijft een draagkrachtverbetering merkbaar, is dit alleen tijdens de teelt van een groenbemester of ook in het jaar daarna?

3.3 Kan de bodemstructuur verbeterd worden door het verhogen van het organische stof gehalte?

Relevante voordelen

- Betere bodem structuur
- Doorlatendheid van de bodem
- Vocht vasthouden

Het telen van een groenbemester kan, door de gewasresten die achter blijven, het organische stof gehalte van de bodem verhogen. Met een hoger organische stof gehalte is de bulkdichtheid vaak lager en verbeteren de doorlatendheid van de bodem en het vochtvasthoudende vermogen. Over het directe effect van groenbemester op de fysische bodem structuur, zoals bulkdichtheid, aggregaat stabiliteit en plasticiteit/elasticiteit is weinig bekend.

3.4 Wat zijn effecten van mengsels, rassen en zaaidichtheid op bodemstructuur?

Relevante voordelen

- Betere bodem structuur
- Doorlatendheid van de bodem
- Vocht vasthouden

Er is weinig bekend over het effect van mengsels, rassen en zaaidichtheden van groenbemesters op bodemstructuur. Deze aspecten zouden hier wel invloed op kunnen hebben. Zo kunnen de wortels van groenbemester soorten in een mengsel, 'gedwongen' door concurrentie, naar diepere lagen gaan groeien om daar nutriënten en water te halen. Dit is een hypothese welke nog niet is onderzocht. Ook kunnen er grote verschillen zitten tussen de wortelstructuur van verschillende rassen. Voor bladrammenas is dit bekend, maar voor ander soorten is deze kennis niet altijd beschikbaar. Het is belangrijk om het juiste ras te kiezen bij het doel van de groenbemester. Daarnaast kan de zaaidichtheid effect hebben op de ontwikkeling van de wortels. Het kan zijn dat er een stevige diepe wortel ontwikkeld wordt als de zaaidichtheid lager is doordat de wortel meer ruimte heeft.

3.5 Wat kan de functie zijn van een laat gezaaide groenbemester?

Een laat gezaaide groenbemester kan met name voor de structuur een positief effecten hebben. Zo kan een bovengronds kleine groenbemester nog een redelijk goed ontwikkeld wortelstelsel hebben en een positief effect hebben op de structuur en het bodemleven. Ook zorgt een matige bodembedekking voor bescherming van de structuur tegen weersinvloeden.

4 Onkruiden



4.1 Wat is de onkruid onderdrukkende werking van verschillende groenbemesters?

Relevante voordelen

- Onkruidonderdrukking

Groenbemesters kunnen onkruid onderdrukken door competitie om licht, water en nutriënten. Hiervoor is het belangrijk dat een groenbemester snel ontwikkeld en de bodem bedekt. In het Handboek Groenbemesters [hoofdstuk Keuze](#) staan gegevens van veel groenbemester soorten, over de snelheid van bodembedekking en gewasmassa. Ook na het afsterven kunnen de gewasresten van groenbemester de bodem blijven bedekken en zo onkruid onderdrukken.

4.2 Wat weten we over de allelopathische werking van groenbemesters?

Relevante voordelen

- Onkruidonderdrukking

Groenbemesters kunnen een onkruid onderdrukkende werking hebben door allelopathie. Dit is echter wel sterk afhankelijk van bijvoorbeeld gewasstadium, neerslag en temperatuur na het inwerken. Daarnaast is over allelopathische werking van groenbemesters nog weinig bekend (Tschuy et al., 2014). Van boekweit als groenbemester is het bekend dat deze een onderdrukkend effect op onkruid kan hebben, door middel van allelopathische werking (Gfeller et al., 2018). Echter, in welk groeistadia van boekweit dit optreedt en op welke onkruiden dit effect heeft is nog grotendeels onbekend (Falquet et al., 2015). Ook is de vraag of en hoe deze allelopathische werking als maatregel in de praktijk toe te passen is.

Het is interessant om in verder onderzoek naar onkruidonderdrukking door groenbemesters niet alleen naar competitie om hulpmiddelen, zoals licht en water te kijken, maar ook naar effecten van allelopathische werking (Gfeller et al., 2018), zowel tijdens als na de teelt wanneer de resten op de bodem blijven liggen, of ingewerkt worden.

Ook is de vraag of en hoe deze allelopathische werking als maatregel in de praktijk toe te passen is.

5 Ziekten en plagen



5.1 Wat zijn de effecten van zaaitijdstippen en het moment van afbreken van groenbemesters op de ontwikkeling van aaltjes, ziekten en plagen?

Relevante voordelen

- Aaltjesbeheersing
- Activering bodemleven
- Beheersing ziekten en plagen
- Weerbaarheid bodem verhogen

Relevante aandachtspunten

- Vermeerdering ziekten en plagen

Voor de meeste doelen is het van belang de groenbemester zo snel mogelijk na de oogst van het hoofdgewas in te zaaien en zo lang mogelijk te laten staan voor een maximale groei en groeiperiode. Wanneer er aaltjes, ziekten of plagen aanwezig zijn, is een keuze voor een slechte- of niet waardplant van belang om te voorkomen dat het aaltje of de ziekte of plaag zich kan vermeerderen. De waardplantschema's voor aaltjes, bodemschimmels en bodemplagen zijn gebaseerd op tijdig inzaaien en laten staan van de groenbemester tot moment van bewerken in late najaar of voorjaar. De vraag is of later inzaaien of eerder afbreken van de groenbemester kan voorkomen dat een aanwezige populatie zich vermeerdert of misschien zelfs afsterft. Van een aantal ziekten en plagen is meer bekend. *Verticillium dahliae* (verwelkingsziekte) is bijvoorbeeld geen probleem als de groenbemester op tijd afgebroken wordt. Andere schimmels groeien door ook als de groenbemester tijdig wordt afgebroken. Rhizoctonia en Pythium kunnen zich bijvoorbeeld ook vermeerderen op organische stof. Ook de koolvlieg op koolachtige groenbemesters sterft niet uit als de groenbemester wordt afgebroken. Een deel van de populatie gaat de grond in en kan daar overleven.

5.2 Wat is het effect van de methode van inwerken van de groenbemester op ziekten en plagen?

Relevante voordelen

- Activering bodemleven
- Aaltjesbeheersing
- Weerbaarheid bodem verhogen

Het inwerken van groenbemesterresten kan in de herfst of na de winter gedaan worden. De groenbemesterresten kunnen de bodem ingewerkt worden, waarbij zowel diep als ondiep inwerken een optie is. Ook kan het een optie zijn om de resten na maaien of klepelen op de bodem te laten liggen als mulch. Als er gekozen wordt voor minder intensieve grondbewerking is het geen optie meer om de gewasresten diep in te werken en worden andere opties verkend, zoals het gebruik van een roller crimper. De effecten van de inwerkmethode op ziekten en plagen zijn vrij onbekend. Volgens nematoloog Leendert Molendijk (WUR) maakt het voor nematoden weinig uit of de gewasresten worden ingewerkt of op de bodem blijven liggen; er zou echter wel een effect kunnen zijn op antagonisten. In het project '[gewasrestenmanagement tegen ziekten](#)', dat loopt van 2020-2023, wordt onderzoek gedaan naar de effecten van gewasresten management op verschillende ziekten en plagen.

5.3 Wat zijn de effecten van verhoogd organisch stof gehalte, door het telen van een groenbemester, op ziekten en plagen?

Relevante voordelen

- Aaltjesbeheersing
- Activering bodemleven
- Beheersing ziekten en plagen
- Weerbaarheid grond

Het telen van een groenbemester kan het organisch stof gehalte in de bodem verhogen. Het organisch stof gehalte kan effect hebben op ziekten en plagen. Op deze manier heeft de groenbemester, via organische stof verhoging, een indirect effect op ziekten en plagen. Ook het vers organische materiaal van groenbemesterresten kan effect hebben op ziekten en plagen. Vanuit de praktijk worden bijvoorbeeld problemen genoemd met *Pythium* in peen na een groenbemester. Als oorzaak wordt hier vaak het verse organische materiaal genoemd dat wordt achtergelaten door de groenbemester. In Lelystad worden potproeven gedaan door Rik Peters naar effecten van verhoogd organisch stof gehaltes op schade aan gewassen door het wortellesie aaltje (*Pratylenchus penetrans*). Als effect van verhoogd organisch stof gehalte kan een gewas beter groeien en een hogere weerstand hebben. Dit zou de schade door ziekten en plagen kunnen verlagen. Bijvoorbeeld engerlingen, die schade aan een gewas veroorzaken door de wortels aan te vreten, veroorzaken minder schade in bodems met meer organische stof. Waarschijnlijk niet omdat er minder engerlingen zijn, maar omdat het gewas beter groeit en weerbaarder is. Ook dit kan dus een indirect effect van groenbemesters zijn.

5.4 Kunnen groenbemesters gebruikt worden als biofumigant (groen-grondontsmettingsmiddel)?

Relevante voordelen

- Aaltjesbeheersing
- Weerbaarheid bodem verhogen

Chemische ontsmettingsmiddelen mogen, door hun impact op het milieu, steeds minder gebruikt worden. Daarom is men op zoek naar alternatieven voor plaag bestrijding en biofumigatie zou een alternatief kunnen zijn. Voornamelijk kruisbloemige groenbemesters zouden hiervoor gebruikt kunnen worden. Kruisbloemigen produceren glucosinolaat, dat wordt omgezet in isothiocyanaat, wanneer bij hakselen en inwerken van de groenbemester de cellen kapot gaan en het glucosinolaat in contact komt het enzym myrosianse (Van Os & Visser, 2016). Het giftige isothiocyanaat werkt als biocide op herbivoren en andere organismen als zij de kruisbloemigen groenbemester resten eten (Vervoort et al., 2014). De mate waarin isothiocyanaat vrijkomt is dus afhankelijk van de aanwezige biomassa en de mate waarin het gewas wordt fijn gemaakt en de cellen kapot gaan. De concentratie isothiocyanaat die in de bodem vrij kan komen door biofumigatie is minder dan 20% van de werkzame stof bij chemische grondontsmetting; ook is na een dag zo'n 90% van de concentratie isothiocyanaat verdwenen (Van Os & Visser, 2016). Een groot effect van kruisbloemige groenbemesters als biofumigant wordt dus niet verwacht.

Vervoort et al. (2014) vinden geen effecten van kruisbloemige groenbemesters. Abdallah et al. (2020) vinden wel een onderdrukkend effect van groenbemester Indische mosterd (*Brassica juncea*) op ziekteverwekker *Rhizoctonia solan* en ook Vandicke et al. (2020) vinden een onderdrukkend effect van Ethiopische mosterd (*Brassica carinata*) en Indische mosterd als groenbemester op *Fusarium* infecties in mais. Dit zijn echter studies met pot experimenten, uitgevoerd in een kas, niet effecten van vollegrondsteelt.

5.5 Is het aaltjesschema voor groenbemesters compleet?

Relevante voordelen

- Aaltjesbeheersing

Groenbemesters kunnen ingezet worden voor de beheersing van aaltjes en bodemziektes (Termorshuizen et al., 2020). In het [Handboek Groenbemesters, hoofdstuk Keuze](#) wordt informatie gegeven over aaltjes bestrijding met groenbemesters, voor de verschillende aaltjessoorten. Echter, in het aaltjesschema zitten nog veel witte vlekken voor groenbemesters en aaltjes. Ook binnen het Europese netwerk Best4Soil wordt er gekeken naar waardplantstatus en vermenigvuldiging van aaltjes op verschillende groenbemesters. Deze informatie is beschikbaar in de [Best4Soil databank](#). Echter, ook hier komen de witte vlekken in het aaltjesschema naar voren.

Naast het aaltjesschema is er ook een bodemlagen en een bodemschimmelschema, beide opgenomen in het [Handboek Groenbemesters, hoofdstuk Keuze](#). In de [Best4Soil databank](#) is ook een bodemschimmelschema opgenomen. Ook in deze schema's zijn nog veel witte vlekken.

5.6 Wat zijn de effecten van groenbemesters op ziektes in aardappelteelt?

Relevante voordelen

- Activering bodemleven
- Weerbaarheid bodem verhogen

De schimmel *Verticillium dahliae* is een ziekteverwekker voor onder andere aardappelen. *Verticillium dahliae* kan onderdrukt worden met groenbemesters. Davis et al. (1996) lieten al zien dat Sudangras *Verticillium* goed kan onderdrukken en dat raap, gerst, haver en erwten een gemiddelde onderdrukkende werking hebben.

Een ander probleem in aardappelen is aardappelschurft. Sommige studies laten zien dat bijvoorbeeld gras of alfalfa als groenbemester aardappelschurft kunnen voorkomen, terwijl in andere studies dit effect niet wordt gevonden (Weinhold et al., 1964). Zelf vinden Weinhold et al. (1964) dat sojabonen als groenbemester in de Verenigde Staten aardappelschurft volledig kan onderdrukken. Er is recenter onderzoek nodig naar welke groenbemesters in Nederland de potentie hebben om aardappelschurft te onderdrukken.

Ook voor *Fytophthora* bestrijding kunnen groenbemesters worden gebruikt, vooral kruisbloemige groenbemesters. Bijvoorbeeld mosterd en koolzaad, die als groenbemester verwerkt worden in de bodem, kunnen *Fytophthora* in pompoenen verminderen (Ji et al., 2012). *Fytophthora* in de komkommerfamilie (*Cucurbitaceae*) is niet dezelfde als in de nachtschade familie (*solani*), ze zijn wel sterk verwant.

5.7 Zijn er vlinderbloemigen die geen nadelige effecten hebben op de bodemgezondheid?

Relevante voordelen

- Aaltjesbeheersing
- Activering bodemleven
- Beheersing ziekten en plagen
- Weerbaarheid bodem verhogen

Relevante aandachtspunten

- Vermeerdering ziekten en plagen

De vlinderbloemige crotalaria is een slechte waardplant voor plant parasitaire nematoden en andere plagen (Wang et al., 2002). Als groenbemester kan crotalaria helpen om het niveau van schadelijke nematoden in de bodem te verlagen (Do Nascimento et al., 2020; Germani & Plenchette, 2005; Marie-Alphonsine et al., 2019). Echter, deze studies komen niet uit Europa en crotalaria heeft een rhizobium nodig die oorspronkelijk niet in Europa voorkomt. Er is dan ook nog geen onderzoek gedaan naar de effecten van crotalaria op Europese plant parasitaire nematoden, zoals het noordelijke wortelknobbelaaltje (*M. hapla*) of het maiswortelknobbelaaltje (*M. chitwoodi*) (Thoden & Korthals, 2011). Crotalaria zou echter wel onder Nederlandse klimaat condities geteeld kunnen en de verijdsde bacterie zou in de vorm van bijvoorbeeld een zaadcoating kunnen worden toegevoegd (Thoden & Korthals, 2011). Het effect van crotalaria op plant parasitaire nematoden stamt vermoedelijk van een planteninhoudstof (pyrrolizidine alkaloïde) in crotalaria, wat ook in andere planten gevonden kan worden, die van oorsprong al uit een Europees klimaat komen en hier dus makkelijker geteeld kunnen worden (Thoden & Korthals, 2011). Deze andere gewassen zouden als groenbemester in pot en vollegrond proeven getest moeten worden, om iets te kunnen zeggen over het effect op plant parasitaire nematoden.

Over het effect van andere vlinderbloemige groenbemesters op bodemgezondheid wordt niet veel geschreven. Vaker wordt er een mengsel van vlinderbloemige en kruisbloemige beschreven, waarin de vlinderbloemige voor stikstofbinding zorgt en de kruisbloemige een effect heeft op ziekten en plagen (Couëdel et al., 2019). Deze combinatie heeft mogelijk meer potentie dan een monocultuur van een vlinderbloemige. Daarnaast kunnen de effecten van een vlinderbloemige groenbemester ras afhankelijk zijn.

Dit onderzoek past in lange termijn proeven waarin naar het hele systeem gekeken wordt, zoals in de PPS '[Integrale aanpak gewasbescherming voor de akkerbouw op zand](#)'.

Verder worden in de PPS '[Groenbemesters in de praktijk: een stap naar diversificatie van plantaardige productiesystemen](#)' monoculturen en hun mengsels onderzocht op de effecten op de microbiële gemeenschap in de bodem in relatie tot mogelijke ziekte-onderdrukkende eigenschappen.

5.8 Wat zijn de effecten van groenbemesters op slakken en bladluis en de overdracht hiervan op het volggewas?

Relevante voordelen

- Beheersing ziekten en plagen

Relevante aandachtspunten

- Vermeerdering ziekten en plagen

In het [Handboek Groenbemesters, hoofdstuk Keuze](#) is een schema opgenomen met de waardplantstatus en de schadegevoeligheid van groenbemesters voor een aantal bodemplagen. Hieruit blijkt dat een aantal groenbemesters matige tot goede waard zijn van de gevlekte akkerslak. Van de meeste groenbemesters is echter onbekend in hoeverre de akkerslakken zich hierop kunnen vermeerderen. Datzelfde geldt voor de vermeerdering van bladluizen op groenbemesters. De overdracht van slakken en bladluizen over de winter is afhankelijk van inwerktijdstip en weersomstandigheden. Slakken kunnen ook bij inwerken voor de winter overwinteren in de bodem en zeker ook wanneer de groenbemester blijft staan. De vraag is of er een schadelijke hoeveelheid slakken aanwezig is na de winter en of het volggewas gevoelig is voor schade. Mocht dit zo zijn, zijn er diverse maatregelen mogelijk om de slakken te beheersen. Deze maatregelen zijn te vinden in het

rapport [Beheersing van bodemplaaiginsecten via bodemgezondheidsmaatregelen](#). Naast slakken zijn in dit rapport maatregelen beschreven voor de beheersing van 19 andere bodemplagen. Bladluizen kunnen niet overwinteren bij inwerken voor de winter. Als de groenbemester de winter over blijft staan en de temperatuur blijft hoog genoeg voor de bladluizen om te overwinteren, is de verwachting dat door bewerken van de groenbemester de bladluizen dit niet overleven. De vraag is of de bladluizen kunnen overleven als de groenbemesterresten als mulch op de bodem blijven liggen. In de PPS bladluizen wordt dit nader onderzocht.

5.9 Wat zijn effecten van groenbemesters op de aanwezigheid van natuurlijke vijanden?

Relevante voordelen

- Aantrekken functionele biodiversiteit
- Beheersing ziekten en plagen

Groenbemesters kunnen natuurlijke vijanden aantrekken en helpen met overwinteren. Dit zou een positief effect kunnen hebben op het onderdrukken van plagen in een volggewas. Onderzoek naar de effecten van groenbemesters op natuurlijke vijanden is voornamelijk gedaan in boomgaarden en gewassen zoals thee, katoen en rijst (Alvarez-Baca et al., 2020; Bowers et al., 2020; Chen et al., 2019; de Pedro et al., 2020; Luo et al., 2019). Er is vooralsnog geen literatuur gevonden uit West Europa.

Een mogelijk voorbeeld van het gericht aantrekken van natuurlijke vijanden is het telen van facelia tegen trips in uien wordt. De facelia moet dan echter wel tegelijkertijd met het groeiseizoen van de uien in bloei komen. Het is een optie om de facelia als groenbemester te zaaien en een paar stroken ervan te laten staan in de volgteelt van uien. Door de warmere winters kan de facelia de winter overleven en in het voorjaar tussen de uien gaan bloeien. Het effect van facelia op trips wordt vaak genoemd maar is nog onvoldoende onderzocht. Facelia trekt zweef- en gaasvliegen aan, maar kleinere predatoren zoals roofmijt en rooftrips werken vaak beter tegen trips. Ook hiernaar is nog niet veel onderzoek gedaan, vooral niet in vollegrondsteelt. In het PPS project [Uireka](#) wordt wel gekeken naar facelia en trips.

Er ligt een voorstel van onder andere Dirk van Apeldoorn en Erik Poelman voor een breed vijf jarig project binnen de Nationale Wetenschapsagenda over gewasbescherming waarin groenbemesters ook een rol zullen spelen. In dit project zal systeem onderzoek worden gedaan naar strokenteelt en het effect hiervan op biodiversiteit en natuurlijke vijanden in de koolteelt. Het meten van (functionele) biodiversiteit in kruisbloemige soorten, zowel productie gewassen als groenbemesters, heeft hierin de aandacht.

6 Biodiversiteit algemeen



Bij het doel biodiversiteit (Bertelink et al.) wordt algemeen bedoeld de diversiteit aan bodemleven, insecten, zoogdieren, bloemplanten, weidevogels en akkervogels en de diversiteit in landschap. Positieve effecten van groenbemesters op biodiversiteit komen met name doordat de bodem langer of jaarrond bedekt blijft met een gewas, wat zorgt voor een grotere continuïteit in de beschikbaarheid van voedsel en habitat en een grotere diversiteit in het landschap.

De kennis over hoe groenbemesters gericht ingezet kunnen worden om biodiversiteit te bevorderen staat nog in de kinderschoenen. Naast de soortkeuze is ook het beheer van de groenbemester van belang. Een belangrijk aandachtspunt is het voorkomen dat de groenbemester een ecologische val wordt. Dit gebeurt wanneer een soort zich gevestigd heeft in een groenbemestergewas welke vervolgens in een keer wordt bewerkt/ingewerkt.

6.1 Wat is de waarde van groenbemesters voor bestuivers?

Relevante voordelen

- Vergroten/behouden soortenrijkdom

Relevante aandachtspunten

- Ecologische val

Bloeiende groenbemesters waarvan de bloemen nectar en stuifmeel produceren kunnen een belangrijke voedselbron bieden voor bloembezoekende insecten waaronder bestuivers.

In het [Handboek Groenbemesters, hoofdstuk Keuze](#) is de waarde van groenbemestersoorten voor de bestuivers honingbijen, hommels en wilde bijen opgenomen, de zweefvlieg als bestuiver ontbreekt in het overzicht. Bestuivers hebben bloeiende groenbemesters nodig. Vooral kruisbloemige soorten en klavers zijn hiervoor geschikt. Ook andere bloeiende soorten in groenbemestermengsels kunnen mogelijk voedsel bieden aan bestuivers. Meer kennis over de bescherming van bestuivers door middel van bij vriendelijk maaien, meer bloemen en meer nestelgelegenheid is o.a. te vinden bij [EIS](#), [kenniscentrum insecten](#). Vanuit deze kennis kan een eerste stap gezet worden voor het definiëren van gerichte maatregelen bij groenbemesters om het aantal bestuivers in stand te houden dan wel te vergroten.

6.2 Wat zijn effecten van groenbemesters op de bodem biodiversiteit?

Relevante voordelen

- Vergroten/behouden soortenrijkdom

Relevante aandachtspunten

- Ecologische val

Groenbemesters kunnen een habitat en voedsel bieden voor het bodemleven. Indirect kunnen groenbemesters ook een positieve invloed hebben op bodemleven via het verhogen van het organische stofgehalte en het verbeteren van de bodemstructuur. Bodemfauna zoals loopkevers herstellen in aantal nadat een groenbemester ingezaaid is en ontkiemt (Van Alebeek et al., 2005). Thapa et al. (2021) vinden dat haver als groenbemester en mengsels van haver en vlinderbloemigen of kruisbloemigen de omvang van de microbiële- en schimmel gemeenschap in de bodem kunnen verhogen, vergeleken met kale grond. Verder is er nog weinig bekend over de invloed van verschillende groenbemesters op de bodembiodiversiteit. Ook is niet bekend in hoeverre door het afbreken van een groenbemester het voedselaanbod voor bodemleven wegvalt, waardoor een opgebouwde populatie in 1 keer afsterft.

6.3 Wat zijn effecten van groenbemesters op zoogdieren?

Relevante voordelen

- Vergroten/behouden soortenrijkdom

Muizen komen graag op groenbemesters af, vooral grasklaver en luzerne zijn populair en groenbemesters met veel wortel, zoals bladrammenas. Dit kan negatief zijn, als de muizen kunnen overwinteren tot het volggewas, waarin ze mogelijk schade kunnen veroorzaken. Muizen kunnen echter ook positief zijn voor het aantrekken van roofvogels; wat de algehele biodiversiteit in een gebied verhoogd. Reeën worden ook vaak in groenbemesters gevonden. Er is nog geen structureel onderzoek gedaan naar zoogdieren in groenbemesters.

6.4 Hebben groenbemestermengsels een toegevoegde waarde voor de biodiversiteit?

Relevante voordelen

- Landschappelijke diversiteit
- Gewasdiversificatie
- Vergroten/behouden soortenrijkdom

Mengsels van groenbemesters verhogen de gewasdiversiteit op een perceel. In het algemeen kan hogere gewasdiversiteit bijdragen aan het verhogen van de biodiversiteit; deze relatie wordt vooral sterk gevonden voor bodemfauna (Bertrand et al., 2016; Billeter et al., 2008; McDaniel et al., 2014; Palmu et al., 2014). Er is echter nog geen onderzoek specifiek naar de effecten van een mengsel van groenbemesters op biodiversiteit. Een student heeft gekeken naar loopkevers in mengsels en monoculturen van groenbemester, en vond twee keer meer biomassa van loopkevers in een mengsel. Er is dus potentie voor een positief effect van mengsels op biodiversiteit.

6.5 Wat zijn effecten van groenbemesters op vogels?

Relevante voordelen

- Vergroten/behouden soortenrijkdom

Groenbemesters kunnen voor habitat en voedsel zorgen om vogels door de winter heen te helpen. Echter, elke vogel heeft verschillende ecologische randvoorwaarden. Een groenbemester telen in het algemeen is dus niet altijd voldoende voor sommige soorten. Er kan een onderverdeling gemaakt worden in drie categorieën: kleine vogels, akker- en weidevogels en fazant en patrijs. Binnen deze categorieën komen de landschapseisen enigszins overeen, maar is er ook nog altijd variatie. Weidevogels hebben bijvoorbeeld een niet al te hoog gewas nodig om overzicht te houden, kleine vogels houden van hoger gewas om in te verstoppelen en te zoeken naar zaden. Soms is het nodig om stroken te maaien om vogels de mogelijkheid te bieden in het gewas te komen. Voor alle soorten is het van belang dat er altijd groen op het veld is om in te nestelen of foerageren. Een groenbemester kan voor continuïteit van groen op het veld zorgen, vooral als er bijvoorbeeld gefaseerd gemaaid wordt of in stroken geteeld.

In de winter is vooral voedsel nodig. Een (afgerijpt) graan als groenbemester kan dan goed werken. Vogels houden van oliehoudende zaden, maar dit zijn juist vaak groenbemesters die je niet zaad wilt laten zetten, om problemen met opslag in het volggewas te voorkomen. Het is dan een optie om een stukje van een groenbemester te laten staan aan de randen van het perceel of in overhoekjes, om deze wel zaad te laten ontwikkelen.

Of vogels op een groenbemester af komen hangt ook af van de rest van het landschap. Als er meer aantrekkelijke percelen zijn, zoals een vogelakker, heeft de groenbemester niet altijd de voorkeur. Hoewel luzerne, wat gebruikt wordt in vogelakkers, ook kan dienen als groenbemester.

Als vogels in een groenbemester nestelen is de datum van onderwerken van de groenbemester van belang voor de overlevingskans van het broedsel. Als dit te vroeg is heeft de groenbemester slechts als ecologische val gewerkt.

Meer onderzoek naar de ecologische randvoorwaarden van verschillende vogelsoorten is gewenst, om dit vervolgens te koppelen aan wat een groenbemester hierin kan betekenen.

6.6 Hoe voorkom je dat een groenbemester een ecologische val wordt?

Relevante voordelen

- Vergroten/behouden soortenrijkdom

Relevante aandachtspunten

- Ecologische val

Een groenbemester kan positieve effecten hebben op biodiversiteit, maar kan ook een ecologische val zijn. Vogels en natuurlijke vijanden worden door groenbemers aangetrokken, door het voedsel en de schuilplaats die geboden worden. Als de groenbemester in een keer wordt ondergewerkt is dit habitat plots weer verdwenen. De soorten die aangetrokken zijn kunnen dan sterven omdat ze hun habitat verloren hebben en niet zo snel een nieuw habitat kunnen vinden, omdat rond de tijd dat groenbemers worden ingewerkt er vaak nog geen andere gewassen op het veld staan.

Het moment en de manier van inwerken van de groenbemester zijn van belang. Voor het overbrengen van diersoorten van een groenbemester op een volggewas, zou dit zelfs belangrijker kunnen zijn dan de soort groenbemester die geteeld wordt. Als er verder nog niets op de omliggende velden staat, is het voor veel soorten eigenlijk te vroeg om de groenbemester in te werken. Strokonteelt of het gefaseerd inwerken van de groenbemester zou hierbij een oplossing kunnen bieden. Het kan ook een optie zijn om de groenbemester te maaien of klepelen of te bewerken met een roller crimper en als mulch op de bodem te laten liggen en pas later in te werken. Hiermee krijgen soorten de tijd om een ander habitat te zoeken. Het effect hiervan op de overlevingskansen is echter nog niet onderzocht. Het zou vergelijkbaar kunnen zijn met het effect van levende mulch, daarnaar is wel meer onderzoek gedaan, waarin wordt laten zien dat levende mulch een positief effect heeft op o.a. bodem biodiversiteit, geleedpotigen en natuurlijke vijanden (Depalo et al., 2017; Prasifka et al., 2006). Ook het patroon van maaien kan verschil maken. Als er van buiten naar binnen gemaaid wordt, worden soorten in het midden samengedreven wat voor stress zorgt en het voor predatoren makkelijk maakt om de samengedreven prooi te vangen. De rijsnelheid kan hierbij ook uitmaken, als er langzamer gereden wordt, is er voor soorten meer tijd om weg te komen.

Het is echter ook een afweging tussen het bevorderen van 'gewenste' biodiversiteit en voorkomen van ongewenste ziekten en plagen. Als een groenbemester niet goed wordt ingewerkt is er bijvoorbeeld kans op het schade door de bonenvlieg. Er moet dus een optimum gevonden worden tussen het stimuleren van biodiversiteit en het optimaal laten vrijkomen van nutriënten en het telen van een goed gewas.

7 Bedrijfsresultaat



7.1 Kan de overdracht van nutriënten van een groenbemester op een volggewas kostenbesparend zijn?

Relevante voordelen

- Besparing kosten bemesting
- GLB subsidie
- Verhoging opbrengst hoofdgewassen

Een groenbemester kan nutriënten opnemen en na inwerking weer vrijgeven voor een volggewas. De hoeveelheid kan sterk verschillen en hangt af van meerdere factoren (zie ook de eerdere kennisvraag 'opname en overdracht van mineralen over de winter'). Hierdoor kan minder additionele bemesting nodig zijn (Robačar et al., 2016) en dit kan kosten besparen. Aan de andere kant worden voor het telen van groenbemesters kosten gemaakt voor zaaizaad en extra bewerkingen. De vraag is of het telen van groenbemesters netto kostenbesparend kan zijn. Voor een complete berekening zouden ook mogelijke besparing op gewasbeschermingsmiddelen (Robačar et al., 2016) en extra inkomen door hogere opbrengsten meegenomen moeten worden (zie ook de eerdere kennisvraag 'Effecten van groenbemesters op aanwezigheid van natuurlijke vijanden' en de vraag over opbrengst verhoging). Echter een complete berekening kan niet gemaakt worden voor alle voordelen die een groenbemesterteelt kan bieden, zoals bijvoorbeeld verhoging van het organisch stofgehalte of structuurverbetering met alle voordelen van dien die niet in euro's zijn uit te drukken.

7.2 Kan de opbrengst van de hoofdgewassen verhoogd worden door groenbemesters?

Relevante voordelen

- Verhogen opbrengst hoofdgewassen

Relevante aandachtspunten

- Opbrengstderving volggewas

Groenbemester kunnen de opbrengst van een volggewas verhogen door middel van de hiervoor besproken doelen (o.a. Fageria et al., 2005; Fowler et al., 2004; Larkin, 2019). Zo kunnen ze de beschikbaarheid van nutriënten verhogen door nutriënten op te slaan, de winter over te helpen en weer vrij te geven voor het volggewas. Ook kan de structuur van de bodem verbeterd en het organisch stofgehalte in de bodem verhoogd worden. Ziekten en plagen kunnen onderdrukt worden door een groenbemester en de aanwezigheid van natuurlijke vijanden verhoogd. Echter, de al dan niet positieve uitwerking hiervan op een volggewas hangt sterk af van de keuze voor een juiste groenbemester of groenbemester mengsel en andere teeltomstandigheden. Daarom is het van belang dat de keuze voor een groenbemester met beleid wordt genomen. Om telers hierbij te ondersteunen wordt er binnen de [PPS Groenbemesters](#) gewerkt aan een beslisboom, waarin afhankelijk van het doel voor het telen van een groenbemester en de omstandigheden een of meerdere soorten gekozen kunnen worden.

7.3 Is er effect van groenbemesterresten op de kieming van de volgvrucht?

Relevante voordelen

- Verhogen opbrengst hoofdgewassen

Relevante aandachtspunten

- Opbrengstderving volggewas

Groenbemesterresten kunnen via allelopathische werking een effect hebben op de kieming van de volgvrucht. Zie ook kennisvraag 'Allelopathische werking van groenbemesters'. Er is echter niet voldoende kennis beschikbaar om iets te zeggen over de effecten hiervan van specifieke groenbemester soorten op bepaalde volggewassen.

Daarnaast is, vooral voor fijnzadige gewassen, een goed zaaibed nodig. Hierbij is het van belang of er een groenbemester gebruikt wordt die in de winter afsterft en al deels verteerd is, en voor welke manier van inwerken gekozen wordt. Bij niet kerende grondbewerking, waardoor de groenbemester niet diep worden ingewerkt, of als de groenbemesterresten op de bodem blijven liggen als mulch, kan het creëren van een goed zaaibed voor fijnzadige gewassen lastiger zijn.

8 Overzicht en vervolgstappen

8.1 Overzicht kennisvragen

In dit overzicht zijn alle vragen gebundeld en is per vraag in kleur aangegeven wat de zoekrichting is voor antwoorden. Sommige vragen zijn in twee categorieën ingedeeld, wanneer er bijvoorbeeld lopend onderzoek is maar de resultaten uit dit onderzoek niet een volledig antwoord op de vraag geven.

	Kennis geanalyseerd en beschikbaar (handboek, rapporten, artikelen)
	Lopend onderzoek
	Literatuur beschikbaar maar niet geanalyseerd, literatuur onderzoek gewenst
	Weinig of niet bekend, onderzoek wenselijk

Bemesting en organische stof	
2.1	Wat zijn betrouwbare gegevens van boven- en ondergrondse biomassa en effectieve organische stof?
2.2	Wat is de hoeveelheid organische stof en stikstof in mengsels van groenbemesters?
2.3	Wat zijn effecten van groenbemester op uitspoeling ten opzichte van braak?
2.4	Hoe groot is de opname en overdracht van stikstof en andere nutriënten over de winter?
2.5	Kunnen groenbemesters bodem gebonden mineralen zoals fosfaat en kalium vrijmaken?
2.6	Welke combinatie van soorten organische stof (hoge of lage C/N ratio) geven de beste kwaliteit voor je teelt?
2.7	Wat zijn geschikte groenbemesters onder lage/geen bemesting?
2.8	Is er concurrentie tussen groenbemesters in een mengsel?
Bodemstructuur en vochtbeschikbaarheid	
3.1	Kunnen we door middel van groenbemesters de structuur in diepere bodemlagen verbeteren?
3.2	Wat is de rol van groenbemesters in het voorkomen van ondergrondverdichting?
3.3	Kan de bodemstructuur verbeterd worden door het verhogen van het organische stof gehalte?
3.4	Wat zijn effecten van mengsel, rassen en zaaidichtheid op bodemstructuur?
3.5	Wat kan de functie zijn van een laat gezaaide groenbemester?
Onkruiden	
4.1	Wat is de onkruid onderdrukkende werking van verschillende groenbemesters?
4.2	Wat weten we over de allelopathische werking van groenbemesters?

Ziekten en Plagen

5.1 Wat zijn de effecten van zaaitijdstippen en het moment van afbreken van groenbemesters op de ontwikkeling van aaltjes, ziekten en plagen?

5.2 Wat is het effect van de methode van inwerken van de groenbemester op ziekten en plagen?

5.3 Wat zijn de effecten van verhoogd organisch stof gehalte, door het telen van een groenbemester, op ziekten en plagen

5.4 Kunnen groenbemesters gebruikt worden al biofumigant?

5.5 Is het aaltjesschema voor groenbemesters compleet

5.6 Wat zijn effecten van groenbemesters op ziektes in aardappelteelt?

5.7 Zijn er vlinderbloemigen die geen nadelige effecten hebben op de bodemgezondheid?

5.8 Wat zijn de effecten van groenbemesters op slakken en bladluis en de overdracht hiervan op het volggewas?

5.9 Wat zijn de effecten van groenbemesters op de aanwezigheid van natuurlijke vijanden?

Biodiversiteit algemeen

6.1 Wat is de waarde van groenbemesters voor bestuivers?

6.2 Wat zijn effecten van groenbemesters op bodem biodiversiteit?

6.3 Wat zijn effecten van groenbemesters op zoogdieren?

6.4 Hebben groenbemestermengsels een toegevoegde waarde voor de biodiversiteit?

6.5 Wat zijn effecten van groenbemesters op vogels?

6.6 Hoe voorkom je dat een groenbemester een ecologische val wordt?

Bedrijfsresultaten

7.1 Kan de overdracht van nutriënten van een groenbemester op een volggewas kostenbesparend zijn?

7.2 Kan de opbrengst van de hoofdgewassen verhoogd worden door groenbemesters?

7.3 Is er effect van groenbemesterresten op de kieming van de volgvrucht?

8.2 Vervolgstappen

Veel van de nog (deels) onbeantwoorde vragen hebben betrekking tot het moment en de methode van het inwerken van de groenbemester. Het moment en de methode van onderwerken zijn belangrijk voor veel van de genoemde doelen. Zo is het van belang voor het overleven of afbreken van nuttige biodiversiteit of juist van ziekten of plagen naar een volggewas. Ook heeft het moment en de methode van inwerken van de groenbemester effect op nutriënten uitspoeling, of overdracht naar het volggewas en de daarvoor nodige synchronisatie van vrijkomen van nutriënten met de behoefte van het volggewas. Daarnaast is het prepareren van een goed zaaibed afhankelijk van het inwerken van de groenbemester. Er kunnen tegenstellingen zijn in wat de beste aanpak is, afhankelijk van welk doel men voorop stelt. Bijvoorbeeld, voor het bevorderen van biodiversiteit en bodemstructuur zou het wellicht beter zijn de groenbemester zo lang mogelijk te laten staan, echter voor een passende nutriënten overdracht en een goed zaaibed kan het beter zijn de groenbemester eerder in te werken. Om op deze vragen rond moment en methode van inwerken verdere antwoorden te vinden, wordt een PPS voorstel ingediend. Hierin stellen we voor om op verschillende grondsoorten met verschillende groenbemesters te kijken naar het integrale effect van diverse methoden en tijdstippen van inwerken. Met integrale effect bedoelen we hier dat we gaan kijken naar het effect op de verschillende doelen, zoals bedrijfsresultaat, biodiversiteit, bodemstructuur en gezondheid, ziekten en plagen en onkruiddruk.

Literatuur

- Abdallah, I., Yehia, R., & Kandil, M. A. (2020). Biofumigation potential of Indian mustard (*Brassica juncea*) to manage *Rhizoctonia solani*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *30*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00297-y>
- Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., & Quemada, M. (2014). The kill date as a management tool for cover cropping success. *Plos One*, *9*(10), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109587>
- Alvarez-Baca, J. K., Alfaro-Tapia, A., Lavandero, B., Le Lann, C., & Van Baaren, J. (2020). Suitability and profitability of a cereal aphid for the parasitoid *Aphidius platensis* in the context of conservation biological control of *Myzus persicae* in orchards. In *Insects* (Vol. 11, Issue 6, pp. 1–17). <https://doi.org/10.3390/insects11060381>
- Barel, J. M., Kuyper, T. W., de Boer, W., Douma, J. C., & De Deyn, G. B. (2018). Legacy effects of diversity in space and time driven by winter cover crop biomass and nitrogen concentration. *Journal of Applied Ecology*, *55*(1), 299–310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2664.12929>
- Bavougian, C. M., Sarno, E., Knezevic, S., & Shapiro, C. A. (2019). Cover crop species and termination method effects on organic maize and soybean. *Biological Agriculture & Horticulture*, *35*(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/01448765.2018.1455607>
- Bertelink, H., van Calker, K. J., Calon, M., Datema, A., Ferwerda, W., van Hooijdonk, G., Krijger, C., van Opzeeland, B., Ruter, B., Sangers, N., Tijssens, R., Schuijt, K., Vet, L., Wams, T., van der Werf, H., Wolterbeek, T., Wouters, F., & Pastoor, B. (n.d.). *Deltaplan Biodiversiteitsherstel groene ruimte van Nederland*.
- Bertrand, C., Burel, F., & Baudry, J. (2016). Spatial and temporal heterogeneity of the crop mosaic influences carabid beetles in agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, *31*(2), 451–466. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0259-4>
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., Burel, F., Cerny, M., De Blust, G., De Cock, R., Diekötter, T., Dietz, H., Dirksen, J., Dormann, C., Durka, W., Frenzel, M., ... Edwards, P. J. (2008). Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, *45*(1), 141–150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01393.x>
- Bowers, C., Toews, M., Liu, Y., & Schmidt, J. M. (2020). Cover crops improve early season natural enemy recruitment and pest management in cotton production. *Biological Control*, *141*(104149), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104149>
- Carver, R. E., Nelson, N. O., Roozeboom, K. L., & Kirkham, M. B. (2020). Species and termination method effects on phosphorus loss from plant tissue. *Journal of Environmental Quality*, *49*(1), 97–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jeq2.20019>
- Chen, L.-L., Yuan, P., You, M.-S., Pozsgai, G., Ma, X., Zhu, H., & Yang, G. (2019). Cover crops enhance natural enemies while help suppressing pests in a tea plantation. *Annals of the Entomological Society of America*, *112*(4), 348–355. <https://doi.org/10.1093/aesa/say050>
- Coppens, F., Garnier, P., Findeling, A., Merckx, R., & Recous, S. (2007). Decomposition of mulched versus incorporated crop residues: Modelling with PASTIS clarifies interactions between residue quality and location. *Soil Biology and Biochemistry*, *39*(9), 2339–2350. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.04.005>
- Couëdel, A., Alletto, L., Tribouillois, H., & Justes, É. (2018). Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *254*, 50–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.017>
- Couëdel, A., Kirkegaard, J., Alletto, L., & Justes, É. (2019). *Crucifer-legume cover crop mixtures for biocontrol: Toward a new multi-service paradigm* (D. L. B. T.-A. in A. Sparks (ed.); Vol. 157, pp. 55–139). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.05.003>
- Davis, J. R., Huisman, O. C., Westermann, D. T., Hafez, S. L., Everson, D. O., Sorensen, L. H., & Schneider, A. T. (1996). Effects of green manures on *Verticillium* wilt of potato. *Phytopathology*, *86*(5), 444–453.
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. (2018). Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *255*, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.009>
- de Pedro, L., Perera-Fernández, L. G., López-Gallego, E., Pérez-Marcos, M., & Sanchez, J. A. (2020). The effect of cover crops on the biodiversity and abundance of ground-dwelling arthropods in a mediterranean pear orchard. In *Agronomy* (Vol. 10, Issue 4, pp. 1–16).

- <https://doi.org/10.3390/agronomy10040580>
- Depalo, L., Burgio, G., Von Fragstein, P., Kristensen, H. L., Bavec, M., Robačar, M., Campanelli, G., & Canali, S. (2017). Impact of living mulch on arthropod fauna: analysis of pest and beneficial dynamics on organic cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) in different European scenarios. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32(3), 240–247.
- Do Nascimento, D. D., Vidal, R. L., Pimenta, A. A., Costa, M. G., & Soares, P. L. M. (2020). Crotalaria and millet as alternative controls of root-knot nematodes infecting okra. *Bioscience Journal*, 36(3), 713–719.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Bailey, B. A. (2005). Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(19–20), 2733–2757. <https://doi.org/10.1080/00103620500303939>
- Falquet, B., Gfeller, A., Pourcelot, M., Tschuy, F., & Wirth, J. (2015). Weed suppression by common buckwheat: a review. *Environmental Control in Biology*, 53(1), 1–6.
- Florence, A. M., & McGuire, A. M. (2020). Do diverse cover crop mixtures perform better than monocultures? A systematic review. *Agronomy Journal*, 112(5), 3513–3534. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/agj2.20340>
- Fowler, C. J. E., Condron, L. M., & McLenaghan, R. D. (2004). Effects of green manures on nitrogen loss and availability in an organic cropping system. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 47(1), 95–100. <https://doi.org/10.1080/00288233.2004.9513575>
- Germani, G., & Plenchette, C. (2005). Potential of Crotalaria species as green manure crops for the management of pathogenic nematodes and beneficial mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 266(1), 333–342. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-2281-9>
- Gfeller, A., Herrera, J. M., Tschuy, F., & Wirth, J. (2018). Explanations for *Amaranthus retroflexus* growth suppression by cover crops. *Crop Protection*, 104, 11–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.006>
- Handboek Groenbemesters*. (n.d.). Retrieved April 1, 2021, from <https://www.handboekgroenbemesters.nl/nl/handboekgroenbemesters.htm>
- Hefner, M., Canali, S., Willekens, K., Lootens, P., Deltour, P., Beeckman, A., Arlotti, D., Tamm, K., Bender, I., Labouriau, R., & Kristensen, H. L. (2020). Termination method and time of agro-ecological service crops influence soil mineral nitrogen, cabbage yield and root growth across five locations in Northern and Western Europe. *European Journal of Agronomy*, 120(126144), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126144>
- Ji, P., Koné, D., Yin, J., Jackson, K. L., & Csinos, A. S. (2012). Soil amendments with Brassica cover crops for management of Phytophthora blight on squash. *Pest Management Science*, 68(4), 639–644. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.2308>
- Larkin, R. P. (2019). Effects of cover crops, rotation, and biological control products on soil properties and productivity in organic vegetable production in the Northeastern US. *Organic Agriculture*, 10, 171–186.
- Luo, M., Wang, Z., Yang, B., Zheng, L., Yao, Z., Ahmet Seyrek, U., Chung, H., & Wei, H. (2019). Effects of winter cover crops on rice pests, natural enemies, and grain yield in a rice rotation system. *Journal of Insect Science*, 19(3), 1–8. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez062>
- Marie-Alphonsine, P. A., Soler, A., Gaude, J. M., Berimee, M. A., & Qeneherve, P. (2019). Effects of cover crops on *Rotylenchulus reniformis* and *Hansenella* sp. populations. *Acta Horticulturae*, 1239, 185–194. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1239.23>
- McDaniel, M. D., Tiemann, L. K., & Grandy, A. S. (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*, 24(3), 560–570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/13-0616.1>
- Möller, K., & Reents, H.-J. (2009). Effects of various cover crops after peas on nitrate leaching and nitrogen supply to succeeding winter wheat or potato crops. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(2), 277–287. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jpln.200700336>
- Palmu, E., Ekroos, J., Hanson, H. I., Smith, H. G., & Hedlund, K. (2014). Landscape-scale crop diversity interacts with local management to determine ground beetle diversity. *Basic and Applied Ecology*, 15(3), 241–249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.03.001>
- Poffenbarger, H. J., Mirsky, S. B., Weil, R. R., Maul, J. E., Kramer, M., Spargo, J. T., & Cavigelli, M. A. (2015). Biomass and nitrogen content of hairy vetch–cereal rye cover crop mixtures as influenced by species proportions. *Agronomy Journal*, 107(6), 2069–2082. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronj14.0462>
- Prasifka, J. R., Schmidt, N. P., Kohler, K. A., O’neal, M. E., Hellmich, R. L., & Singer, J. W. (2006). Effects of living mulches on predator abundance and sentinel prey in a corn–soybean–forage rotation. *Environmental Entomology*, 35(5), 1423–1431. <https://doi.org/10.1093/ee/35.5.1423>
- Robačar, M., Canali, S., Kristensen, H. L., Bavec, F., Mlakar, S. G., Jakop, M., & Bavec, M. (2016). Cover crops in organic field vegetable production. *Scientia Horticulturae*, 208, 104–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.029>

- Rozen, K. van, Huiting, H. F., Allema, A. B., Tol, R. W. H. M van, Postma, J. (2021). *Beheersing van bodemplaaginsecten via bodemgezondheidsmaatregelen: Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemplaaginsecten*. Wageningen University & Research, Open Teelten en Biointeracties en Plantgezondheid, Rapport WPR-1061 <https://doi.org/10.18174/538253>.
- Termorshuizen, A. J., Molendijk, L. P. G., & Postma, J. (2020). *Beheersing van bodempathogenen via bodemgezondheidsmaatregelen: Een overzicht van de beschikbare kennis voor een selectie van akkerbouwgewassen met hun bijbehorende bodemziekten*. Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Open Teelten en Biointeracties en Plantgezondheid, Rapport WPR-955. <https://doi.org/10.18174/513197>.
- Thapa, V. R., Ghimire, R., Acosta-Martínez, V., Marsalis, M. A., & Schipanski, M. E. (2021). Cover crop biomass and species composition affect soil microbial community structure and enzyme activities in semiarid cropping systems. *Applied Soil Ecology*, 157, 103735. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103735>
- Thoden, T., & Korthals, G. (2011). *Effecten van Crotalaria juncea (Bengaalse hennep) op wortelknobbelaaltjes*.
- Thorup-Kristensen, K., Magid, J., & Jensen, L. S. (2003). Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy*, 79(79), 227–302.
- Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Tei, F., & Guiducci, M. (2014). Barley–hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk. *European Journal of Agronomy*, 54, 34–39. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.012>
- Tribouillois, H., Cohan, J.-P., & Justes, E. (2016). Cover crop mixtures including legume produce ecosystem services of nitrate capture and green manuring: assessment combining experimentation and modelling. *Plant and Soil*, 401(1–2), 347–364.
- Tschuy, F., Gfeller, A., Azevedo, R., Khamisse, C., Henriët, L., & Wirth, J. (2014). Weed suppression by cover crops: analyzing different factors. *Agrarforschung Schweiz*, 5(7/8), 292–299.
- Van Alebeek, F. A. N., Kamstra, J. H., & Visser, A. J. (2005). *Biodivers: natuur functioneel inzetten in open teelten*. PPO.
- Van Dam, A. M. (2006). *Understanding the reduction of nitrogen leaching by catch crops*.
- Van Os, G., & Visser, J. (2016). *Biofumigatie*.
- Vandicke, J., De Visschere, K., Deconinck, S., Leenknecht, D., Vermeir, P., Audenaert, K., & Haesaert, G. (2020). Uncovering the biofumigant capacity of allyl isothiocyanate from several Brassicaceae crops against Fusarium pathogens in maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5476–5486. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.10599>
- Vervoort, M. T. W., Vonk, J. A., Broelsma, K. M., Schütze, W., Quist, C. W., de Goede, R. G. M., Hoffland, E., Bakker, J., Mulder, C., Hallmann, J., & Helder, J. (2014). Release of isothiocyanates does not explain the effects of biofumigation with Indian mustard cultivars on nematode assemblages. *Soil Biology and Biochemistry*, 68, 200–207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.10.008>
- Vos, J., & van der Putten, P. E. L. (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(1), 23–31. <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000049358.24431.0d>
- Wagger, M. G. (1989). Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal*, 81(2), 236–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100020020x>
- Wang, K.-H., Sipes, B. S., & Schmitt, D. P. (2002). Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. *Nematropica*, 32(1), 35–58.
- Weinhold, A. R., Oswald, J. W., Bowman, T., Bishop, J., & Wright, D. (1964). Influence of green manures and crop rotation on common scab of potato. *American Potato Journal*, 41(9), 265–273. <https://doi.org/10.1007/BF02854863>
- Willumsen, J., & Thorup-Kristensen, K. (2001). Effects of green manure crops on soil mineral nitrogen available for organic production of onion and white cabbage in two contrasting years. *Biological Agriculture & Horticulture*, 18(4), 365–384. <https://doi.org/10.1080/01448765.2001.9754898>

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-889

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
