



Effect organische stof-aanvoer op gewas, bodem en nitraatresidu

Veldproeven in snijmaïs op zandgrond 2018-2020

Romke Postma

Dirk Thijssen

Brent Riechelman

**Effect organische stof-aanvoer op gewas, bodem en nitraatresidu; veldproeven
in snijmaïs op zandgrond 2018-2020**

Auteur(s) : Romke Postma, Dirk Thijssen & Brent Riechelman

© 2021 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Provincie Gelderland, mevrouw I. Nusselder	1x
Waterschap Rijn & IJssel, de heer L. Gerner	1x
Waterschap Vallei& Veluwe, mevrouw L. Afman	1x
Vereniging Afvalbedrijven, de heer A. Veeken	1x

Inhoud

	pagina
Inhoud	2
Samenvatting	3
1. Inleiding	6
2. Opzet en uitvoering veldproeven	8
2.1 Locaties van de veldproeven	8
2.2 Opzet en aanleg van de veldproeven	9
2.3 Uitgevoerde bemesting in de veldproeven	11
2.4 Waarnemingen	14
2.5 Verwerking gegevens	16
3. Resultaten	17
3.1 Heelsum	17
3.1.1 Gewas	17
3.1.2 Nitraat in bodemprofiel	19
3.1.3 Organische stofgehalte en overige bodemparameters	20
3.2 Harreveld	20
3.2.1 Gewas	20
3.2.2 Nitraatvoorraad in het bodemprofiel	22
3.2.3 Organische stofgehalte en overige bodemparameters	23
3.3 Overige waarnemingen	23
4. Bespreking resultaten	25
4.1 Weersomstandigheden in 2018-2020	25
4.2 Gewas: opbrengst, kwaliteit, N-opname en N-balans	26
4.3 Nitraatresidu	26
4.4 N-beschikbaarheid per behandeling	29
4.5 Bodem	31
4.6 Synthese	36
5. Conclusies	38
Literatuur	39
Bijlagen	42

Samenvatting

NMI heeft in een meerjarig project van 2018 tot en met 2020 onderzocht in hoeverre de werking van de toplaag van uitspoelingsgevoelige zandgrond kan worden verbeterd door een verhoging van het organische stofgehalte en de daaraan gekoppelde functies, zonder dat dit leidt tot het overschrijden van milieunormen (nitraatuitspoeling). Het project is uitgevoerd in het kader van de Subsidieregeling Toplaag Bodem van de Provincie Gelderland, ondersteund door de waterschappen Rijn en IJssel en Vallei en Veluwe en de Vereniging Afvalbedrijven. Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is in 2018 een beknopte literatuurstudie uitgevoerd en zijn in de jaren 2018-2020 twee driejarige veldproeven uitgevoerd. Voor de veldproeven was het doel om het effect vast te stellen van het toedienen van een aantal uiteenlopende organische reststoffen bij de in Nederland van toepassing zijnde wetgeving (situatie 2018) op bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling.

Opzet en uitvoering veldproeven

De veldproeven waren gelegen op een praktijkperceel met een enkeerdgrond op de Zuid Veluwe bij Heelsum (gws>200 cm) en op een perceel met een veldpodzol in de Achterhoek bij Harreveld (gws 80-120 cm). Op beide percelen is gedurende het project alleen maïs geteeld. Het perceel bij Heelsum ligt in een akkerbouwrotatie met gerst en op het perceel bij Harreveld wordt de maïs geteeld enkele jaren na het scheuren van grasland. Er is een selectie gemaakt uit organische meststoffen, bodemverbeteraars en/of vers organisch materiaal die in de praktijk op landbouwgronden worden toegepast en die sterk uiteen lopen ten aanzien van de levering van organische stof en nutriënten (vooral stikstof). Op beide locaties is een proef aangelegd die bestond uit 6 behandelingen en 3 herhalingen. De 6 behandelingen zijn i) referentie zonder organische mest, ii) rundveedrijfmest iii) GFT-compost, lage dosis, iv) GFT-compost, hoge dosis, v) maaaisel of bokashi en vi) rundveedrijfmest met maaaisel of bokashi. De behandelingen verschillen in het type organische stof dat wordt aangevoerd met de hiervoor genoemde materialen. De aanvoer van werkzame nutriënten (N, P en K) is in alle objecten zoveel mogelijk gelijk gehouden door correctie met kunstmest, waardoor de aanvoer van (effectieve) organische stof verschilde. Door verschillen in werkingscoëfficiënten van de organische meststoffen, verschilde ook de totale aanvoer aan N tussen de behandelingen (tabel 1).

Tabel 1. Behandelingen in de veldproeven met een kwalitatieve aanduiding van de aanvoer van (effectieve) organische stof ((E)OS), stikstof (N), fosfaat (P_2O_5) en kali (K_2O) per behandeling.

Object	OS	EOS	N-totaal	N-werkzaam	P_2O_5	K_2O
kunstmest	0	0	+	+	+	+
rundveedrijfmest (RDM)	++	+	++	+	+	+
GFT-compost	+	+	++	+	+	+
2xGFT-compost	+++	++	+++	+	++	+
maaisel	+++	+	++	+	+	+
RDM+maaisel	++++	++	+++	+	++	++

In de proef is jaarlijks de samenstelling van de organische materialen bepaald, zijn metingen verricht aan de bodemkwaliteit (het organische stofgehalte in de 0-30 cm laag is per veldje gemeten aan het begin en aan het eind van de proef), de Nmin-voorraad in 3 bodemlagen (jaarlijks per veldje in voor- en najaar; indicator voor nitraatuitspoeling) en is de gewasopbrengst en N-opname (jaarlijks) bepaald. In aanvulling daarop zijn metingen verricht aan organische stof fracties en aan bodemfysische (Universiteit Leiden) en bodembioologische (Wetsus) eigenschappen.

Resultaten veldproeven

Op het perceel te Heelsum had het gewas in de jaren 2018-2020 veel last van de warme, droge zomers in deze jaren, aangezien de grondwaterstand zeer diep staat (> 200 cm) en er niet kon

worden berekend. Daardoor is het gewas steeds vroeg geoogst (begin augustus) en bleven de opbrengsten sterk achter bij de normale situatie. In 2018 en 2019 schommelden de verse opbrengsten rond de 30 ton per ha en in 2020 tussen 22 en 30 ton/ha. De verschillen tussen behandelingen waren niet significant. Bij de N-opname was het beeld enigszins vergelijkbaar, waarbij sprake was van een behoorlijk verschil in de N-opname tussen jaren: in 2019 was de N-opname 160-200 kg N/ha en in 2018 fluctueerde die tussen 120-140 kg N/ha. De verschillen tussen behandelingen waren niet significant. Aan het eind van het project was er sprake van slechts kleine verschillen in het gemiddelde organische stofgehalte tussen de behandelingen, waarbij het gehalte in de referentiebehandeling met alleen kunstmest iets was gedaald vanaf najaar 2018 (van 3,7 naar 3,5%) en het gehalte in de behandeling met de hoge dosis gft-compost het hoogst was (gestegen van 3,7 naar 4,2%). De Nmin-voorraden waren steeds zeer laag in het voorjaar, maar de voorraden in het najaar namen in de loop van de jaren sterk toe: van 55-100 kg Nmin/ha in 2018 tot 90-120 kg Nmin/ha in 2019 en 70- >150 kg Nmin/ha in 2020. De Nmin-voorraad in het najaar was steeds relatief hoog in de behandeling met kunstmest en laag in die met maaisel. Omdat het maïsgewas steeds vroeg werd geoogst, werd ook steeds in augustus een groenbemester gezaaid die zich goed kon ontwikkelen en een groot deel van de in het profiel aanwezige N zal hebben opgenomen. Hierdoor zal weinig N zijn uitgespoeld.

Op het proefveld te Harreveld schommelde de grondwaterstand tussen 80-120 cm en is bovendien in de jaren 2018-2020 berekend. Hierdoor lagen de opbrengsten op een hoger niveau dan in Heelsum, maar waren ook hier flinke verschillen tussen jaren met de laagste opbrengsten in 2018 (rond 40 ton/ha), de hoogste in 2019 (rond 50 ton/ha) en in 2020 lag dat er tussenin (40-50 ton/ha). De N-opname vertoonde hetzelfde beeld en varieerde in 2018 tussen 150 en 200 kg N/ha, in 2019 tussen 210 en 250 kg N/ha en in 2020 tussen 200 en 230 kg N/ha. Verschillen in opbrengst en N-opname tussen behandelingen waren niet significant. Het organische stofgehalte lag aan het eind van de proef in de behandelingen met alleen kunstmest of rundveedrijfmest op een iets lager niveau dan bij aanvang in 2018, wat kan worden verklaard door de gebruikelijke daling van het OS-gehalte in de eerste jaren na het scheuren van grasland. In de behandelingen met gft-compost, het maaisel en de combinatie van rundveedrijfmest met maaisel bleef het OS-gehalte gelijk of leek het iets toe te nemen. De veranderingen in het OS-gehaltes waren echter nergens significant. De Nmin-voorraden waren relatief hoog in de eerste jaren (70-120 kg Nmin/ha in 0-60 cm in 2018 en 80-140 kg Nmin/ha in 0-60 cm in 2019), maar aan het eind van de proef waren de voorraden laag (20-60 kg Nmin/ha in 0-60 cm). Dit geeft aan dat de beschikbare stikstof in het laatste jaar vrijwel volledig is benut door het gewas, wat ook blijkt uit de negatieve N-balans (N-aanvoer met meststoffen is lager dan N-afvoer met gewas).

Concluderend,

- Een meerjarige toepassing van organische reststoffen en bodemverbeteraars, zoals gft-compost, maaisel en/of rundveedrijfmest leidt bij een zelfde input van werkzame nutriënten in een periode van 2-3 jaar niet tot significante verschillen in het organische stofgehalte in de bodem, de groei en opbrengst van het gewas en de Nmin-voorraad na de oogst ten opzichte van een referentiebehandeling met alleen kunstmest. Er werden wel significante, positieve effecten waargenomen van organische producten op bodemfysische aspecten, zoals aggregaatstabiliteit, het vochthouden vermogen en de infiltratiecapaciteit.
- Modelberekeningen laten zien dat de hoogste OS-aanvoer (hoge dosis GFT-compost en rundveedrijfmest met maaisel) op lange termijn tot een stijging van het organische stofgehalte zal leiden. Op de lange termijn is het risico van nitraattuitspoeling het hoogst voor de behandeling met rundveedrijfmest met maaisel, omdat het overschot op de N-balans daar het hoogst is, wat ook leidt tot een hoge N-mineralisatie volgens modelberekeningen
- Het effect van de warme, droge omstandigheden in de jaren 2018-2020 verschilde sterk tussen de locaties. Op de droge locatie waar niet kon worden berekend leidde dit tot zeer vroege oogsten, lage opbrengsten, hoge Nmin-voorraden na de oogst, en zeer goed ontwikkelde groenbemesters. Op de lageregelegen zandgrond waar kon worden berekend waren de opbrengsten hoger en werden de Nmin-voorraden na de oogst na verloop van tijd lager.

- Als warme, droge zomers op droge zandgronden leiden tot achterblijvende maïsopbrengsten en hogere N_{min}-voorraden na de oogst, is een tijdige zaai van groenbemesters cruciaal voor het tegengaan van nitraatuitspoeling. Correctie van de N-gift van het volggewas voor de nalevering uit de groenbemester is eveneens belangrijk. Als in droge zomers op zandgronden voldoende kan worden berekend, kan de N-beschikbaarheid na verloop van tijd afnemen en is het belangrijk om de N-levering van de bodem op peil te houden. Het gebruik van organische meststoffen en de teelt van een succesvol vanggewas in het najaar kan daar aan bijdragen.
- Voor het vaststellen van significante effecten van organische meststoffen op bodemkwaliteit, gewasgroei en uitspoelingsverliezen zijn langere termijnproeven nodig (langer dan 3 jaar).
- Bij het gebruik van bermmaaisel was sprake van een verhoogde onkruiddruk en zwerfvuil. Dit is een ongewenst neven-effect van het gebruik van onbewerkt maaisel.

1. Inleiding

Het organische stofgehalte in landbouwgronden is van grote invloed op chemische, fysische en biologische bodemkwaliteitsaspecten. De laatste jaren wordt er veel aandacht besteed aan de dreigende achteruitgang van organische stofgehalten in landbouwgronden en zijn er management-tools ontwikkeld voor het beheer van organische stof op praktijkbedrijven (Conijn & Lesschen, 2015). De aanvoer van organische stof via organische meststoffen en bodemverbeteraars, zoals compost, wordt echter beperkt door het stelsel van gebruiksnormen (voor de aanvoer van dierlijke mest, stikstof en fosfaat) in het nationale mestbeleid. Vooral akkerbouwers en groentetelers zien de aanscherpingen van de gebruiksnormen als een grote bedreiging voor de bodemvruchtbaarheid, waarbij het organische stofgehalte als meest belangrijke parameter wordt gezien (LTO, 2017). Zowel op Europees als op nationaal niveau wordt organische stof gezien als een van de speerpunten van duurzaam bodembeheer (Delsalle, 2014; TCB, 2016).

Anderzijds zijn nitraatgehalten in grondwater onder landbouwgronden veelal nog hoger dan de norm van 50 mg NO₃/l uit de Nitraatrichtlijn. Dit is vooral het geval op akkerbouwbedrijven op (droge) zandgronden, waar de norm in de periode 2012-2015 op ca. 80% van de bedrijven werd overschreden (Fraters et al., 2016). Op melkveebedrijven wordt de nitraatnorm gemiddeld op alle grondsoorten gerealiseerd, maar dit geldt niet voor maïspercelen op (droge) zandgrond, waar het nitraatgehalte gemiddeld steeds hoger is dan 50 mg NO₃/l (Schoumans et al., 2012). Samengevat betekent het voorgaande dus dat er enerzijds een wens is om organische stofgehalten in landbouwgronden te verhogen of minimaal te handhaven voor een betere bodemvruchtbaarheid, bodemstructuur, bodemleven en waterhuishouding en anderzijds om nitraatgehalten in grondwater te verlagen. Dit speelt vooral op droge zandgronden, omdat organische stof daar een relatief grote invloed heeft op bodemvruchtbaarheid en het vochthoudend vermogen én omdat daar het risico van nitraatuitspoeling het grootst is.

In het kader van studies die worden uitgevoerd in het kader van het mestbeleid wordt o.a. aandacht besteed aan de rol van organische meststoffen en bodemverbeteraars (o.a. Schröder et al., 2007). Daarbij wordt gebruik gemaakt van rekenmodellen, waarin het gebruik van organische meststoffen en bodemverbeteraars leidt tot grotere overschotten op de N-balans en daardoor tot een hogere berekende nitraat-uitspoeling. Dit lijkt niet overeen te komen met de meetresultaten van RIVM waarin is gekeken naar de relatie tussen organische stofgehalten in landbouwgronden en nitraatgehalten in grondwater (Van der Wal et al., 2019) en met de resultaten van het bedrijfssystemenonderzoek 'Bodemkwaliteit op zand', aangezien het systeem met de hoogste aanvoer van organische stof daarin tot de laagste nitraatuitspoeling leidde (De Haan, 2016). Aangezien de aanvoer van werkzame stikstof in dat systeem echter veel lager was dan in de andere systemen, is een eerlijke vergelijking tussen de systemen niet goed mogelijk. Naar aanleiding daarvan is een wetenschappelijke discussie ontstaan over het effect van de aanvoer van organische stof op het organische stofgehalte en bodemfuncties, zoals het vochthoudend vermogen, bodemstructuur en de stikstofmineralisatie. Er is sprake van een kennishiaat rond de vraag of met extra aanvoer van organische stof het bodem(ecosysteem) zodanig beter kan functioneren dat daardoor de milieubelasting qua nitraatuitspoeling niet toeneemt en binnen de normen blijft. In een advies van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM, 2017) werd op basis van gegevens uit de wetenschappelijke literatuur aangegeven dat dit onvoldoende duidelijk is. Daarbij werd veelvuldig verwezen naar de resultaten van modelberekeningen, aangezien resultaten uit veldexperimenten voor de Nederlandse situatie ontbreken.

Aangezien meerjarige veldproeven met bodemverbeteraars, zoals compost, op zandgrond in Nederland ontbreken, heeft NMI een projectvoorstel hierover opgesteld en voor een subsidie-aanvraag voorgelegd aan de Provincie Gelderland, de Waterschappen Rijn & IJssel en Vallei & Veluwe en Vereniging Afvalbedrijven. Deze aanvraag heeft geleid tot het project 'Organische stofbeheer voor een betere bodemkwaliteit en minder uitspoeling'. In dat kader zijn de volgende twee onderzoeksvragen geformuleerd:

- Kan door gericht organische stof management de werking van de toplaag van

uitspoelingsgevoelige zandgrond worden verbeterd door toename van het organisch stofgehalte, het vochthoudend vermogen, de stikstofmineralisatie, het bodemleven en de bodemstructuur zonder dat dit leidt tot het overschrijden van milieunormen (nitraatuitspoeling).

- Identificeren welk type organisch materiaal daarvoor het best gebruikt kan worden.

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden is een beknopte literatuurstudie uitgevoerd en zijn in de jaren 2018-2020 twee driejarige veldproeven uitgevoerd. In het voorjaar van 2018 heeft een student van de HAS Hogeschool te Den Bosch in het kader van zijn stage meegewerkt aan de voorbereiding en aanleg van de veldproeven (Spierings, 2018). In het voorjaar van 2020 heeft wederom een student van de HAS Hogeschool in het kader van zijn stage meegewerkt aan het project, waarbij de focus lag op een literatuurstudie en het uitvoeren van een kiemproef (Jolink, 2020).

In het kader van een promotie-onderzoek dat op Universiteit Leiden wordt uitgevoerd, zijn aanvullende metingen aan de bodemkwaliteit in de veldproeven gedaan. Het betreft metingen aan verschillende fracties van organische stof in de organische producten en in de bodem en aan bodemfysische aspecten, zoals de bulkdichtheid, aggregaatstabiliteit, het vochthoudend vermogen en de infiltratiecapaciteit. De metingen zijn uitgevoerd in 2019 en 2020 (Kok, 2020). In het kader van een ander promotie-onderzoek dat wordt uitgevoerd door Wetsus, zijn in de winter van 2020/2021 grondmonsters genomen in de veldproeven ten behoeve van metingen aan de bodembioïologie, o.a. aan de microbiële bodemsamenstelling en extracellulaire polymeer-bestanddelen (EPS), die een rol spelen bij aggregaatforming (Luo, 2021). Deze resultaten zullen op een later moment beschikbaar komen.

Het doel voor de veldproef is als volgt: vaststellen van het effect van de bemesting met een aantal uiteenlopende organische reststoffen bij de in Nederland van toepassing zijnde wetgeving (situatie 2018) op bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling. In het voorliggende rapport zijn de opzet en de resultaten van de veldproeven uit de drie proefjaren (2018-2020) beschreven.

2. Opzet en uitvoering veldproeven

2.1 Locaties van de veldproeven

Er zijn twee percelen geselecteerd op zandgrond in de Provincie Gelderland, waarvan een perceel was gelegen op de Zuid Veluwe bij Heelsum en een perceel in de Achterhoek bij Harreveld (figuur 2.1). Het perceel bij Heelsum ligt in een akkerbouwrotatie met gerst en op het perceel bij Harreveld wordt de maïs geteeld in wisselteelt met grasland.



Figuur 2.1. Locaties van de veldproeven te Heelsum en Harreveld.

Enkele aanvullende gegevens van de percelen waar de driejarige veldproeven (2018-2020) liggen:

- Het eerste perceel was gelegen te Heelsum. Het gaat om een zeer hooggelegen perceel (aan de Roggekamp), wat geclassificeerd wordt als een enkeerdgrond met diepe grondwaterstand > 200 cm), waar in 2017 ook maïs heeft gestaan en waar in de winter van 2017/2018 een goed ontwikkelde groenbemester stond (Italiaans Raaigras; figuur 2.2).
- Het tweede perceel is gelegen in de Achterhoek te Harreveld (bij een deelnemer van het project Vruchtbare Kringloop Achterhoek). Het perceel heeft een oppervlak van 2,3 ha, wordt geclassificeerd als een veldpodzol en heeft een grondwaterstand tussen 80-120 cm. In 2017 stond hier voor het 2^e jaar maïs en in 2018 dus voor het 3^e jaar. Op het perceel ten westen van dit perceel is in 2017 eveneens maïs geteeld op 1 jaar oud grasland. Samen vormden de percelen een samengesteld perceel met maïs.



Figuur 2.2. Groenbemester (Italiaans raaigras) op het perceel te Heelsum op 31 januari 2018.

2.2 Opzet en aanleg van de veldproeven

Opzet veldproeven

Er is een selectie gemaakt uit organische meststoffen, bodemverbeteraars en/of vers organisch materiaal die in de praktijk op landbouwgronden worden toegepast en die sterk uiteen lopen ten aanzien van de levering van organische stof en nutriënten (vooral stikstof).

Op beide locaties is een proef aangelegd die bestond uit 6 objecten (organische meststoffen met een controle-behandeling met alleen kunstmest) en 3 herhalingen. De 6 objecten zijn:

1. Referentie, zonder organische mest, met N, P, K via kunstmest tot adviesgift;
2. Rundveedrijfmest (ca. 30 ton/ha, overeenkomend met ca. 40-50 kg P₂O₅/ha);
3. GFT-compost (50 kg P₂O₅/ha; wettelijk 25 kg P₂O₅/ha i.v.m. gedeeltelijke vrijstelling voor P);
4. Maximale gift GFT-compost (100 kg P₂O₅/ha; wettelijk 50 kg P₂O₅/ha);
5. Berm- of slootmaaisel of bokashi (25-30 ton/ha in 2018 en 15-20 ton/ha in 2019 en 2020);
6. Rundveedrijfmest met berm- of slootmaaisel of bokashi.

De behandelingen verschillen in de hoeveelheid en het type organische stof dat wordt aangevoerd met de hiervoor genoemde materialen. De aanvoer van werkzame nutriënten (N, P en K) is in alle objecten zoveel mogelijk gelijk gehouden door correctie met kunstmest, waardoor de aanvoer van (effectieve) organische stof verschilde. Dit is gedaan om te voorkomen dat verschillen in de hoeveelheid werkzame nutriënten zouden leiden tot verschillen tussen de behandelingen in de gewasgroei en opbrengst. Door verschillen in werkingscoëfficiënten van de organische meststoffen, verschilde ook de totale aanvoer aan N tussen de behandelingen. Dit is schematisch weergegeven in tabel 2.1. De doseringen per locatie per jaar zijn weergegeven in de paragraaf 2.3 en bijlage 3.

Tabel 2.1. Schematische weergave proefopzet, die als basis is gebruikt voor de veldproeven. RDM= rundveedrijfmest, GFT- en 2x GFT= resp. lage en hoge dosis GFT-compost.

Object	OS	EOS	N-totaal	N-werkzaam	P ₂ O ₅	K ₂ O
kunstmest	0	0	+	+	+	+
RDM	++	+	++	+	+	+
GFT	+	+	++	+	+	+
2xGFT	+++	++	+++	+	++	+
Maaisel	+++	+	++	+	+	+
RDM+maaisel	++++	++	+++	+	++	++

Aanleg veldproef Heelsom

Jaarlijks is op het perceel waar het proefveld was gelegen een vanggewas (Italiaans raaigras) geteeld dat in het voorjaar is ondergeploegd. Nadat is geploegd zijn de velden uitgezet met paaltjes en zijn Nmin monsters genomen. Het is een hoog en droog perceel waar de maïs zeer vroeg (begin april) werd gezaaid.

Eind maart zijn de organische meststoffen op het proefveld aangebracht (figuur 2.3). Om een goed zaibed te creëren werden de velden ook nog gefreesd om met name de grove maaisels (berm-, sloot- of natuurmaaisel) onder te werken (figuur 2.3). Nadat het proefveld is ingezaaid met maïs zijn de verschillen in werkzame stikstof, fosfaat en kali gecorrigeerd naar het bemestingsadvies met kunstmest. Op het perceelsgedeelte waar het proefveld was gelegen werd de maïs haaks gezaaid op de zaairichting op de rest van het perceel. Hiermee was de ligging van het proefveld in het

groeiëizoen heel makkelijk terug te vinden. Een overzicht van de werkzaamheden die in de drie proefjaren op het perceel zijn uitgevoerd, is weergegeven in bijlage 1.



Figuur 2.3. Aanleg veldproef te Heelsum: afwegen compost per veldje (linksboven), compost op het veldje (rechtsboven), overzicht proefveld (linksonder) en infrezen materiaal (rechtsonder).

Aanleg veldproef Harreveld

Ook op het perceel waar het proefveld te Harreveld was gelegen is steeds een vanggewas (Italiaans raaigras) geteeld dat in het voorjaar van 2018 is doodgespoten en in 2019 en 2020 is gefreesd. De maïs werd in één werkgang met het spitten gezaaid. Voorafgaand aan het spitten zijn grondmonsters genomen voor een bepaling van de Nmin-voorraad en zijn de organische meststoffen aangebracht. Het is een matig droog perceel waar de maïs vroeg (eind april) werd gezaaid. Nadat het proefveld is ingezaaid met maïs zijn de verschillen in werkzame stikstof, fosfaat en kali gecorrigeerd naar het bemestingsadvies met kunstmest. Het proefveld is steeds geoogst vlak voordat het praktijkgedeelte van het perceel werd geoogst. Na de oogst werd een Nmin monster genomen.



Figuur 2.4. Aanleg proefveld te Harreveld op 10 april 2018. Maaisel op een hoop op het perceel (links) en inwegen van het maaisel (rechts).

2.3 Uitgevoerde bemesting in de veldproeven

Uitgangspunten voor de bemesting

Zoals reeds is beschreven in paragraaf 2.2 was het uitgangspunt dat giften aan werkzame N, P en K in alle objecten zoveel mogelijk gelijk worden gehouden, waarbij de aanvullende giften aan N, P en K met minerale meststoffen zijn afgestemd op de samenstelling van de organische meststoffen. Voor de hoogte van de gift aan werkzame nutriënten is gebruik gemaakt van de bemestingsadviezen (CBGV, 2021) en de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat. Concreet betekende dit het volgende:

- Het uitgangspunt voor de N-bemesting in 2018 was de gebruiksnorm voor werkzame N op zandgrond van 140 kg N/ha. Er zijn geen correcties toegepast voor N_{min}-voorjaar en voorvrucht.
- In 2019 en 2020 is de N-bemesting gebaseerd op de volgende formule;
 - 140 kg N/ha – N_{min} voorjaar – N-nalevering vanggewas. Dit is lager dan de gebruiksnorm (140 kg N/ha) en het bemestingsadvies (180 kg N/ha – N_{min} (0-30 cm) – N-nalevering).
- De P-gift is in alle jaren gelijk gehouden aan de P-gebruiksnorm van 50 kg P₂O₅/ha voor de klasse hoog in 2018 en 2019 (P_w > 55). In 2020 is de gebruiksnorm voor de klasse hoog verlaagd naar 40 kg P₂O₅/ha, maar daar is de P-gift in de veldproeven niet op aangepast.
- In alle jaren is uitgegaan van het kalibemestingsadvies van 200 kg K₂O/ha. In een aantal behandelingen werd met de organische meststoffen meer K aangevoerd dan 200 kg K₂O.
- GFT-compost heeft een fosfaatvrije voet van 50% mits het minder dan 7g P₂O₅/kg ds bevat. In die gevallen kan dus 2x zoveel fosfaat worden toegediend met GFT dan met andere meststoffen. Bij P-gehalten > 7 g P₂O₅/kg ds is de vrijstelling gelijk aan 3,5 g P₂O₅/kg ds. In de behandeling met dubbele dosis compost is uitgegaan van een gift van 100 kg P₂O₅/ha, met de aanname dat het P-gehalte in de GFT-compost lager is dan 7 gram P₂O₅/kg ds. In werkelijkheid was het P-gehalte in de gft-compost in 2018 en 2019 wat hoger dan 7 g P₂O₅/kg ds, waardoor iets meer gft-compost is toegediend dan wettelijk toegestaan.
- Maaisel heeft niet de status van meststof en kan in het kader van de Vrijstellingsregeling plantenresten onder voorwaarden direct op landbouwgrond worden toegepast. In de praktijk wordt de aanvoer van nutriënten met maaisel niet meegeteld in de mestboekhouding, wat kan leiden tot giften aan (werkzame) N en P die hoger liggen dan de N- en P-gebruiksnorm.

Grondonderzoek

Voor het aanleggen van de proef is in het voorjaar van 2018 op beide locaties eenmalig een mengmonster genomen van het perceelsgedeelte waar de veldproeven waren gelegen. In het monster is algemeen grondonderzoek uitgevoerd. Hierin is o.a. de pH, het organische stofgehalte en de P- en K-toestand bepaald (bijlage 2).

Daarnaast is jaarlijks op beide percelen voor de bemesting een N_{min}-onderzoek uitgevoerd. De resultaten van de voorjaarsmonsters zijn gebruikt ter correctie van de N-gift in 2019 en 2020. Het voorjaarmonster betrof een mengmonster per behandeling (6x; gemiddeld over de herhalingen) omdat de N_{min} voorraad dan laag is. Er zijn in principe mengmonsters genomen van drie bemonsteringsdieptes (0-30, 30-60 en 60-90 cm), maar het was niet altijd mogelijk om tot 90cm diepte te bemonsteren door omstandigheden veroorzaakt door droogte, hoge grondwaterstand en bodem verstoringen (verdichting, stenen).

Samenstelling organische materialen

De samenstelling van de organische materialen werd jaarlijks geanalyseerd (bijlage 2). De toegediende organische materialen zijn op de dag van toediening of enkele dagen daarvoor bemonsterd en voor analyse op de minerale samenstelling ingediend bij het laboratorium van Eurofins-Agro te Wageningen.

Op basis van de samenstelling van deze materialen is berekend hoeveel nutriënten (totaal en werkzaam) met de materialen zijn toegediend per behandeling. Aan de hand daarvan is berekend hoeveel N, P, K aanvullend nog via kunstmest toegediend moest worden om de gewenste beschikbaarheid aan nutriënten te realiseren.

Aanvoer van organische stof en nutriënten per behandeling

Op basis van de hiervoor beschreven werkwijze is voor de beide proeflocaties en de drie proefjaren (2018-2020) per behandeling de toediening van organische stof en nutriënten (totaal en werkzaam) met de organische materialen en de aanvullende nutriëntengiften met kunstmest afgeleid. De totale giften per behandeling per jaar zijn voor de locatie Heelsum weergegeven in tabel 2.2 en voor Harreveld in tabel 2.3. De verdeling over de organische materialen en kunstmest zijn gegeven in bijlage 3.

Tabel 2.2. Toediening aan (effectieve) organische stof, N-totaal, N-werkzaam, P en K met organische materialen en kunstmest per behandeling en jaar voor de locatie Heelsum.

Jaar	object	OS, kg/ha	EOS, kg/ha	Ntot, kg/ha	Nwz, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha	K ₂ O, kg/ha
2018	kunstmest	0	0	140	140	50	200
	RDM	2108	1476	190	140	50	200
	GFT	1841	1657	201	140	50	200
	2xGFT	3699	3329	262	140	96	200
	Maaisel	14279	3570	373	186	123	208
	RDM+maaisel	16387	5045	497	261	168	391
2019	kunstmest	0	0	106	106	65	200
	RDM	1980	1386	175	106	65	200
	GFT	1904	1713	173	106	65	200
	2xGFT	3526	3174	230	106	118	200
	Maaisel	3913	978	155	106	65	270
	RDM+maaisel	5893	2364	226	108	85	260
2020	kunstmest	0	0	120	120	50	200
	RDM	1980	1386	181	121	50	200
	GFT	1770	1593	193	129	50	200
	2xGFT	3628	3266	245	113	80	200
	Maaisel	8103	2026	186	125	50	200
	RDM+maaisel	10083	3412	265	145	77	230

Voor de berekening van de hoeveelheid effectieve organische stof (EOS) uit het organische stofgehalte is gewerkt met de volgende humificatiecoëfficiënten (HC's):

- HC van 0,7 voor rundveedrijfmest;
- HC van 0,9 voor gft-compost;
- HC van 0,25 voor maaisel.

Voor de berekening van de aanvoer aan werkzame N is gebruik gemaakt van de volgende werkingscoëfficiënten (WC's):

- WC van 0,6 voor rundveedrijfmest; afhankelijk van de verdeling van de N over de organische en minerale fractie en de wijze van toediening is dit in enkele situaties verlaagd tot 0,4-0,5.
- WC van 0,1 voor gft-compost;
- WC van 0,5 voor maaisel; afhankelijk van de samenstelling van het materiaal is dit in een enkel geval verlaagd naar 0,4 en/of verhoogd naar 0,6.

Tabel 2.3. Toediening aan (effectieve) organische stof, N-totaal, N-werkzaam, P en K met organische materialen en kunstmest per behandeling en jaar voor de locatie Harreveld.

Jaar	object	OS, kg/ha	EOS, kg/ha	Ntot, kg/ha	Nwz, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha	K ₂ O, kg/ha
2018	kunstmest	0	0	140	140	50	200
	RDM	2789	1952	203	140	50	193
	GFT	1572	1415	197	140	50	193
	2xGFT	3144	2829	254	140	100	193
	Maaisel	2895	724	551	275	50	193
	RDM+maaisel	5684	2676	708	370	100	259
2019	kunstmest	0	0	95	95	65	200
	RDM	2250	1575	185	95	65	200
	GFT	1755	1579	164	95	65	200
	2xGFT	3419	3077	229	95	111	200
	Maaisel	2983	746	138	95	65	200
	RDM+maaisel	5233	2321	235	102	86	331
2020	kunstmest	0	0	128	128	50	200
	RDM	1920	1344	209	128	50	200
	GFT	1553	1397	190	127	50	200
	2xGFT	3155	2839	255	125	68	200
	Maaisel	2797	699	176	125	50	200
	RDM+maaisel	4717	2043	258	126	82	251

2.4 Waarnemingen

Opbrengstbepalingen en samenstelling gewas

Bij de eindoogst is de opbrengst per veldje bepaald door het oogsten van 2 rijen maïsplanten over een lengte van 2,5 meter. De planten zijn geteld, gewogen, gemeten, verhakseld (figuur 2.5) en er is een submonster genomen en aangeboden bij Eurofins-agro voor bepaling van de samenstelling (voedingswaarde en mineralen).



Figuur 2-5 Oogst van de maïs te Heelsum op 6 augustus 2018: van linksboven met de klok mee 1) 2,5m maïsstengels 2) wege van de maïsplanten 3) sub monster maïs hakselen 4) submonstere gehakselde maïs

Bodemmetingen: organische stofgehalten en N-totaal

Organische stof- en N-totaalgehalten in de bovengrond (0-30 cm) van de beide proefvelden zijn per veldje gemeten in het najaar van 2018 en in het najaar van 2020, zodat eventuele veranderingen in het organische stofgehalte in deze periode per behandeling konden worden vastgesteld. De gehalten zijn steeds gemeten in mengmonsters die zijn genomen na de oogst van de maïs.

Bodemmetingen: nitraatresidu na de oogst

Direct na de oogst van de maïs zijn jaarlijks mengmonsters genomen per veldje voor bepaling van de Nmin-voorraad (ammonium en nitraat). Hiertoe zijn mengmonsters genomen uit drie bodemlagen per veldje op diepten van 0-30, 30-60 en 60-90 cm.

De Nmin-voorraad in het najaar geeft een indruk van de N-benutting door het gewas (Smit, 1994) en het nitraatresidu wordt ook vaak gebruikt als indicator voor nitraatuitspoeling (Hack-ten Broeke et al., 2004; Noij & Ten Berge, 2019). In Vlaanderen wordt dit ook gebruikt in het mestbeleid (VLM, 2020).

Aangezien ook steeds een vanggewas werd ingezaaid na de oogst van de maïs, zal een deel van de minerale N-voorraad zijn opgenomen door het vanggewas en niet zijn uitgespoeld.

Metingen bodemverdichting

Een belangrijk aspect van bodemkwaliteit is de verdichting van de ondergrond, aangezien dat de wortelingsdiepte bepaalt en daardoor ook de weerbaarheid van het gewas voor droogte. Met een grotere wortelingsdiepte kan het gewas beter vocht opnemen uit de ondergrond.

Daarom is in 2018 door een student van de HAS Den Bosch (Spierings, 2018) met de penetrologer de indringingsweerstand tot een diepte van 80 cm (tenzij de indringingsweerstand te hoog was om tot die diepte te meten) in de bodem van de praktijkpercelen waarop de proefvelden waren gelegen gemeten. De resultaten van de metingen met de penetrologer zijn sterk afhankelijk van het vochtgehalte van de grond en daarom een momentopname.

Onkruidruk en verontreinigingen

Het is bekend dat er bij het gebruik van bermmaaisel sprake is van de risico van een verhoging van de onkruidruk. In 2020 heeft een student van de HAS Den Bosch een kiemproef gedaan (Jolink, 2020) waarbij bermmaaisel, bokashi en gft-compost zijn toegediend aan een zandgrond en waarbij het aantal onkruidkiemen in de eerste weken na het aanbrengen zijn geteld.

De proef is uitgevoerd met 4 behandelingen (bermmaaisel, bokashi, gft-compost en een controle zonder organische meststoffen) in 3 herhalingen. Bij de uitvoering is gebruik gemaakt van speciekuipen die zijn gevuld met een zandgrond uit de Achterhoek (op vochtgehalte gebracht), waarop de organische meststoffen in vergelijkbare doseringen zijn aangebracht als in de veldproeven. Na het aanbrengen van de organische meststoffen zijn de kuipen afgedekt met een folie om verdroging van de bovengrond tegen te gaan.



Figuur 2.6. Overzicht van de onkruidkiemproef die in 2020 is uitgevoerd (Jolink, 2020).

Bij het aanbrengen van bermmaaisel werden verontreinigingen (vooral zwerfvuil) aangetroffen die handmatig uit het materiaal werden verwijderd, zodat ze niet in de proef zijn aangebracht (figuur 2.7). Dit is een aandachtspunt bij het gebruik van dit materiaal op praktijkschaal.



Figuur 2.7. Zwerfvuil dat in bermmaaisel werd aangetroffen op de locatie Heelsum.

Aanvullende bodemmetingen

In het kader van een promotie-onderzoek dat op Universiteit Leiden wordt uitgevoerd, worden aanvullende metingen aan de bodemkwaliteit in de veldproeven gedaan. Het betreft metingen aan verschillende fracties van organische stof in de organische producten en in de bodem en aan bodemfysische aspecten, zoals de bulkdichtheid, aggregaatstabiliteit, het vochthoudend vermogen en de infiltratiecapaciteit. De metingen zijn uitgevoerd in 2019 en 2020 (Kok, 2020).

In het kader van een ander promotie-onderzoek dat wordt uitgevoerd door Wetsus, zijn in de winter van 2020/2021 grondmonsters genomen in de veldproeven ten behoeve van metingen aan de bodembioïologie, o.a. aan de microbiële bodemsamenstelling en extracellulaire polymeer-bestanddelen (EPS), die een rol spelen bij aggregaatvorming (Luo, 2021). Deze resultaten zullen op een later moment beschikbaar komen.

2.5 Verwerking gegevens

De resultaten van de gewasopbrengsten, de N-opname, het organische stofgehalte en de nitraatresiduen zijn statistisch geanalyseerd met een variantie-analyse (ANOVA; toetsing bij $p < 0,05$), zodat kon worden getoetst of verschillen tussen behandelingen statistisch significant waren. Daartoe is gebruik gemaakt van het softwarepakket Genstat en van R.

3. Resultaten

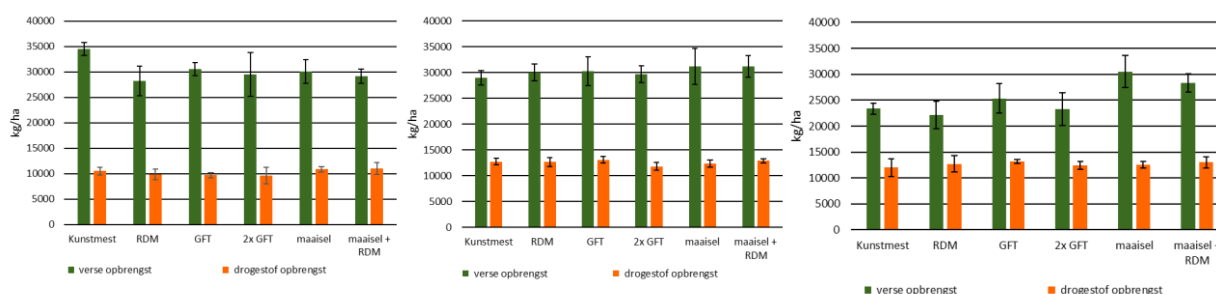
3.1 Heelsum

3.1.1 Gewas

Door de zeer warme en droge zomers in de zomers van 2018, 2019 én 2020 is de maïs te Heelsum in alle drie de proefjaren veel vroeger geoogst dan de bedoeling was. Aangezien er op het perceel niet kan worden berekend, is het gewas in alle drie de jaren vroegtijdig afgestorven, terwijl er soms nog nauwelijks sprake was van kolfvorming (figuur 3.1), waardoor de opbrengst (figuur 3.2), de N-opname (figuur 3.3) en de kwaliteit (figuur 3.4) lager was dan normaal.



Figuur 3.1. Stand van de maïs op het proefveld te Heelsum op het moment van de oogst op 6 augustus 2018.



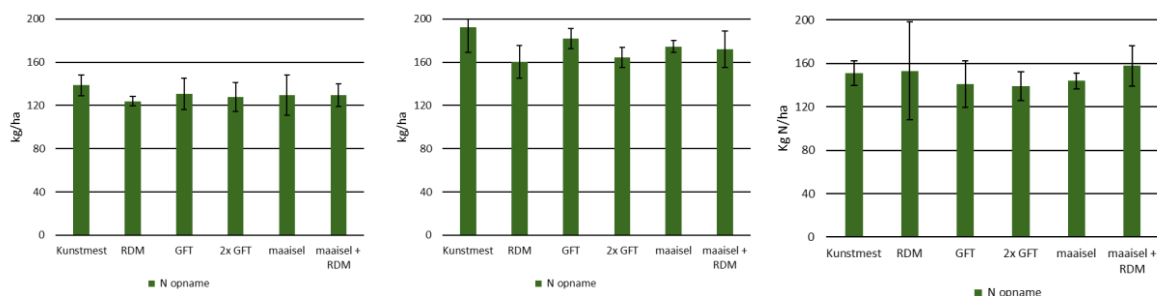
Figuur 3.2. De gemiddelde verse en drogestofopbrengst per behandeling in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Heelsum.

Uit de resultaten in figuur 3.2 blijkt het volgende:

- Tussen de jaren was er een aanzienlijk verschil in de verse opbrengst: in 2018 en 2019 schommelde die voor alle objecten rond de 30 ton per hectare, maar in 2020 varieerde de opbrengst tussen de 22 en 30 ton per hectare. De drogestofopbrengst lag in 2019 en 2020 op een hoger niveau dan in 2018.
- Verschillen in de gemiddelde verse en drogestofopbrengst verschilden tussen de behandelingen, maar die verschillen waren niet gelijk tussen de jaren. In 2018 was de verse opbrengst het hoogst in het object met kunstmest en het laagst in het object met rundveedrijfmest. In 2019 en 2020 was het beeld anders en was de verse opbrengst in het kunstmest-object relatief laag en waren de opbrengsten vooral in de objecten met maaisel (vooral in 2020) relatief hoog. De verschillen waren overigens niet significant (bijlage 4).

- De relatieve verschillen van de drogestofopbrengst tussen behandelingen waren kleiner dan bij de verse opbrengst, aangezien het drogestofgehalte in de objecten met een hoge opbrengst vaak lager is dan in de objecten met een lage opbrengst.

De gemiddelde N-opname per behandeling is voor de 3 jaren (2018-2020) weergegeven in figuur 3.3.

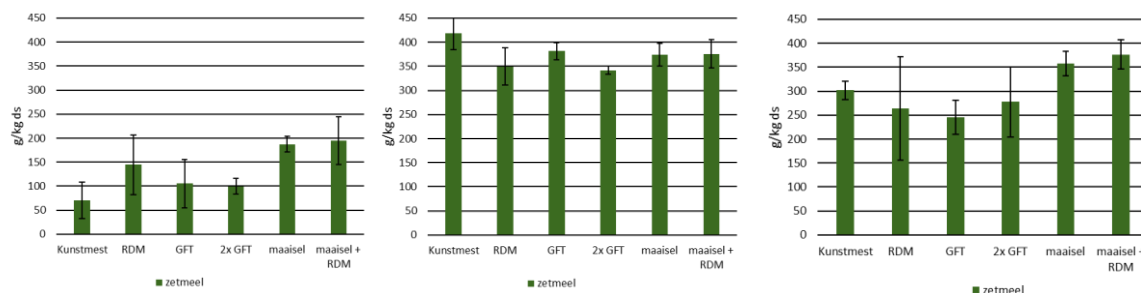


Figuur 3.3. De gemiddelde N-opname per behandeling in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Heelsum.

Uit de resultaten blijkt het volgende:

- Er was weer een behoorlijk verschil in het niveau van de N-opname tussen jaren, waarbij die in 2019 het hoogst was (tussen 160-200 kg N per ha) en die in 2018 het laagst (120-140 kg N per ha).
- In 2018 en 2019 was de N-opname in het kunstmest-object relatief hoog en in het object met rundveedrijfmest relatief laag. Een mogelijke verklaring voor de relatief lage N-opname in het object met rundveedrijfmest is het N-verlies dat in de dagen na toediening van de mest opgetreden is, aangezien de mest niet meteen in de grond is gewerkt, waardoor ammoniakvervluchtiging opgetreden zal zijn. De verschillen tussen behandelingen waren in het algemeen echter relatief klein en niet significant (bijlage 4).

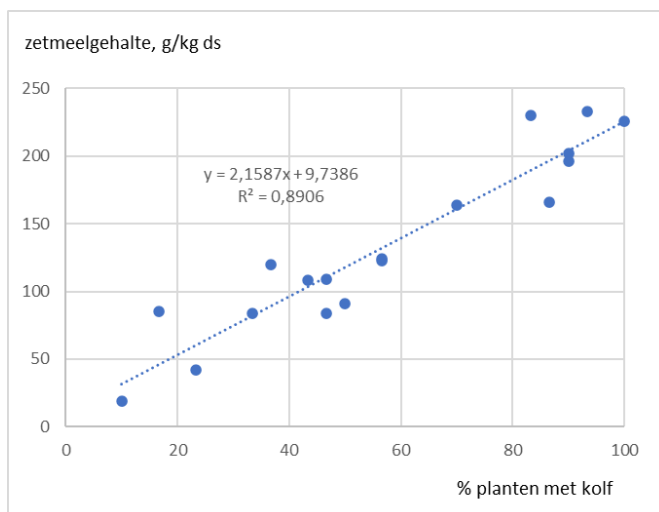
Het zetmeelgehalte per behandeling is voor de 3 jaren weergegeven in figuur 3.4.



Figuur 3.4. Het gemiddelde zetmeelgehalte per behandeling in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Heelsum.

Uit de resultaten bleek het volgende:

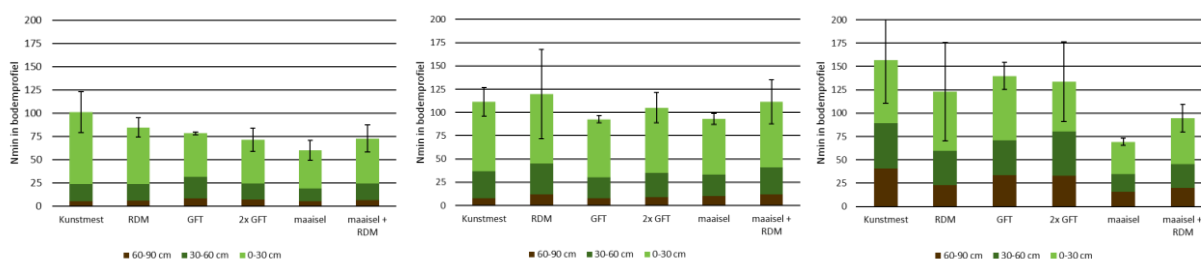
- De zetmeelgehalten waren vooral in 2018 zeer laag, wat kan worden verklaard doordat het gewas door het droge, warme weer voortijdig is geoogst. De kolfzetting bleef door de droogte ook sterk achter en dit vertoonde een correlatie met het zetmeelgehalte (figuur 3.5).
- In 2018 en 2020 was het zetmeelgehalte in de behandelingen met maaisel (met of zonder rundveedrijfmest) hoger dan in de overige behandelingen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de N-beschikbaarheid in deze behandelingen in het begin van het seizoen lager was, waardoor de fysiologische ontwikkeling van het gewas sneller is verlopen en het eerder in de generatieve fase is gekomen en de kolfzetting dus ook eerder is opgetreden dan in de andere behandelingen.



Figuur 3.5. Relatie tussen het percentage planten met kolf en het zetmeelgehalte in maïsplanten in de veldproef uit 2018 te Heelsum.

3.1.2 Nitraat in bodemprofiel

De nitraat-voorraden in de bodem in het voorjaar waren zeer laag en niet meetbaar. Na de oogst waren de nitraat-voorraden in het bodemprofiel (bodemplagen op 0-30, 30-60 en 60-90 cm diepte) in de drie jaren relatief hoog (figuur 3.4), wat kan worden verklaard door de extreem warme en droge zomers, waardoor het gewas op deze droge zandgrond waar niet kon worden beregend vroegtijdig is afgestorven en geoogst. Daardoor werd de dan nog beschikbare stikstof niet meer opgenomen door het gewas.



Figuur 3.4. Nitraat in het bodemprofiel (bodemplagen op 0-30, 30-60 en 60-90 cm diepte) na de oogst van de maïs in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Heelsum.

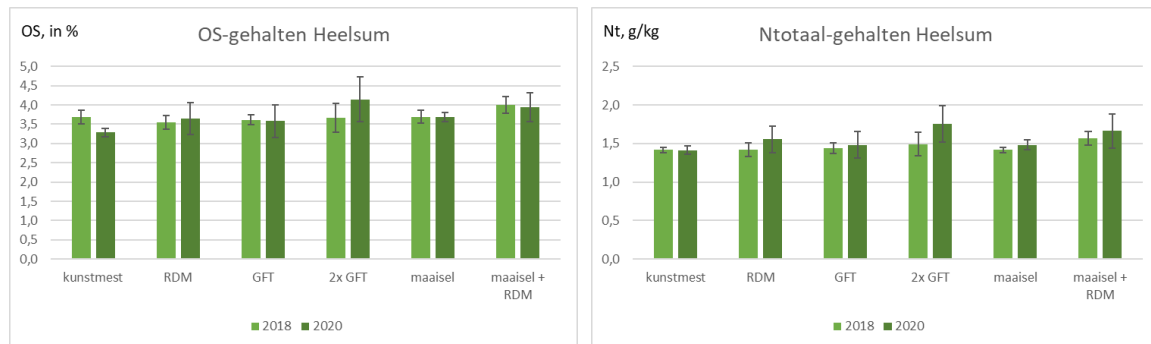
Enkele opvallende zaken:

- Relatief hoge Nmin-voorraden in het bodemprofiel werden na de oogst in het bodemprofiel aangetroffen, waarbij de Nmin-voorraad gemiddeld over de behandelingen het hoogst was in 2020 en het laagst in 2018. De hoge Nmin-waarden kunnen worden verklaard door de warme en droge zomers in alle drie de jaren, waardoor het gewas achterbleef in groei en N-opname, terwijl de N-mineralisatie waarschijnlijk wel hoog is geweest.
- In alle drie de jaren was de Nmin-voorraad in het kunstmest-object relatief hoog en in het object met maaisel relatief laag. De lage Nmin-voorraad in het object met maaisel is mogelijk het gevolg geweest van een te hoge inschatting van de N-mineralisatie van dit product, waardoor de aanvullende kunstmestgift in dit object (te) laag was.

3.1.3 Organische stofgehalte en overige bodemparameters

Voor aanvang van de veldproeven (in het voorjaar van 2018) is een algemeen grondmonster genomen van het proefveld. Daarin werd vastgesteld dat de pH van de grond gelijk was aan 5,4, het organische stofgehalte 3,7%, N-totaal was 1460 mg N/kg, de P-AL was 92 mg P₂O₅/100 g, P-PAE 11 mg P/kg en de K-PAE was 53 mg K/kg (bijlage 1).

Na de oogst van de maïs in het najaar van 2018 en van 2020 is de bovengrond (0-30 cm) van elk veldje onderzocht op het C- en N-totaalgehalte. Het organische stofgehalte is berekend uit het C-gehalte, uitgaande van een C-gehalte van de organische stof van 53%. De gemiddelde waarden van het organische stofgehalte en het N-totaalgehalte per behandeling zijn weergegeven in figuur 3.4.



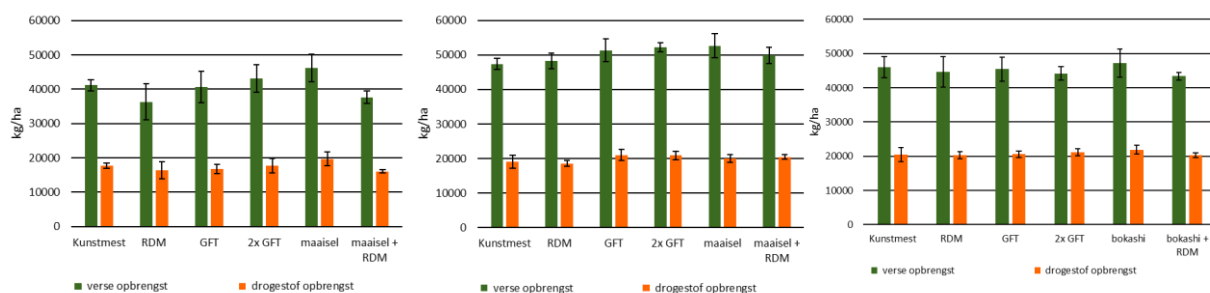
Figuur 3.4. Gemiddelde organische stofgehalte (links) en het N-totaalgehalte (rechts) in de bovengrond per behandeling na de oogst van de maïs in 2018 en 2020 te Heelsum.

Uit de figuren blijkt dat het gemiddelde organische stofgehalte het hoogst was in de behandeling met de dubbele gift en het laagst in de behandeling met alleen kunstmest. Dit komt overeen met de verwachting, alleen is er sprake van een vrij grote spreiding rond de gemiddelden, waardoor deze verschillen statistisch niet significant zijn (bijlage 4).

3.2 Harreveld

3.2.1 Gewas

Het gewas te Harreveld is in alle drie de groeiseizoenen berekend naar gelang de behoefte en is daarom ook in alle drie de jaren later geoogst (tabel 2-2) dan het gewas in Heelsum. Daardoor lag de opbrengst van de maïs in Harreveld ook steeds op een (aanzienlijk) hoger niveau dan in Heelsum (figuur 3.5). Dit geldt zowel voor de verse als de drogestofopbrengst in de jaren 2018-2020. Zie tabel 2-1 en 2-2 voor de zaai- en oogstdatum van de maïs in de drie jaren per locatie, waaruit het aantal groeidagen kan worden afgeleid.

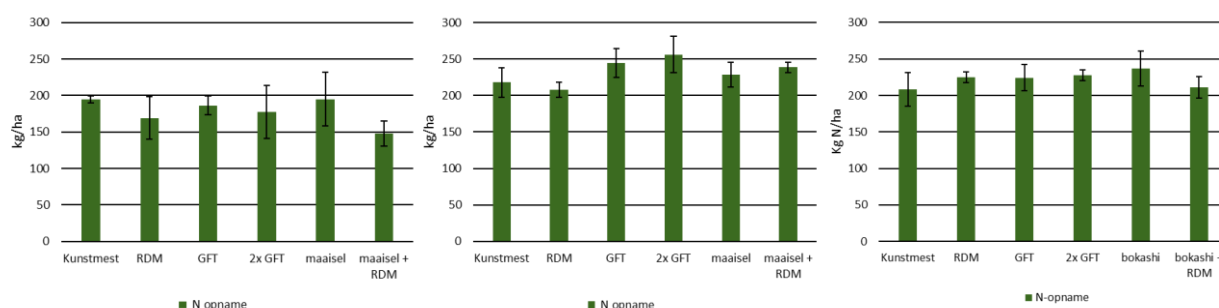


Figuur 3.5. Verse en drogestofopbrengst per behandeling in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Harreveld.

Opvallende zaken ten aanzien van de resultaten van de verse en drogestofopbrengst:

- Behoorlijke verschillen tussen de jaren in de verse opbrengst, die het hoogst was in 2019 (schommelde rond 40 ton per ha) en het laagst in 2018 (schommelde rond 50 ton per ha). In 2020 lag de opbrengst op een niveau tussen dat van 2018 en 2019 in.
- De drogestofopbrengsten lagen in 2019 en 2020 op een vergelijkbaar niveau, wat hoger was dan in 2018.
- Er was sprake van enige verschillen tussen de behandelingen, maar dat verschilde per jaar. De hoogste verse opbrengst werd in alle drie de jaren gerealiseerd in het object met alleen maaisel, terwijl de laagste opbrengst werd gerealiseerd in het object met rundveedrijfmest (2018), met alleen kunstmest (2019) of in het object met maaisel en rundveemest. De opbrengsten die werden gerealiseerd bij de andere objecten lagen hier tussen in. De verschillen in drogestofopbrengst tussen de objecten waren kleiner dan die van de verse opbrengst. De verschillen in de verse en drogestofopbrengst tussen de behandelingen waren overigens niet significant (bijlage 4).

De gemiddelde N-opname per behandeling is voor de 3 jaren (2018-2020) weergegeven in figuur 3.6.

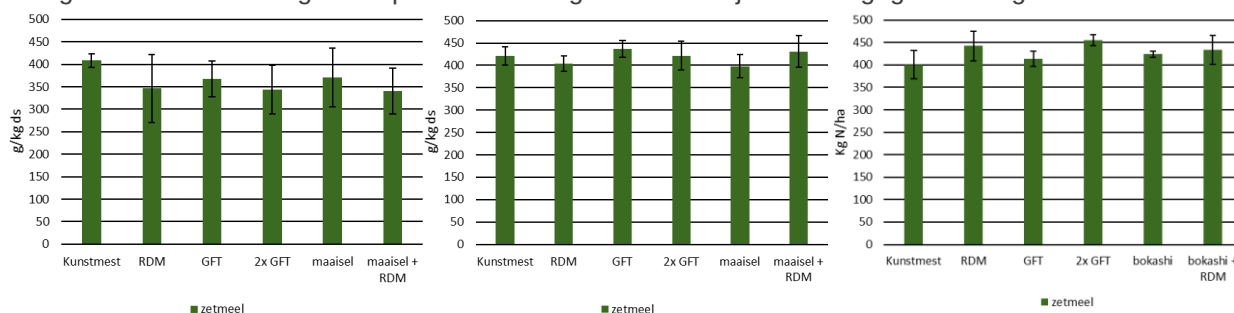


Figuur 3.6. De N-opname per behandeling in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Harreveld.

Opvallende zaken:

- Evenals bij de opbrengsten waren er verschillen in de N-opname tussen jaren, waarbij de N-opname het hoogst was in 2019 en het laagst in 2018;
- Verschillen tussen de behandelingen verschilden tussen jaren, waarbij de behandeling met alleen rundveemest in 2018 en 2019 achterbleef in N-opname. Het object met alleen kunstmest gaf in 2018 een hoge N-opname, maar in 2019 en 2020 een relatief lage. In 2019 werd de hoogste N-opname verkregen in de objecten met GFT-compost en in 2020 in het object met alleen maaisel.
- Evenals de opbrengsten, lag ook de N-opname in de objecten in Harreveld op een hoger niveau dan in Heelsum.
- De verschillen tussen behandelingen waren niet significant (bijlage 4).

Het gemiddelde zetmeelgehalte per behandeling is voor de 3 jaren weergegeven in figuur 3.6.



Figuur 3.6. Het zetmeelgehalte per behandeling in 2018 (links), 2019 (midden) en 2020 (rechts) te Harreveld.

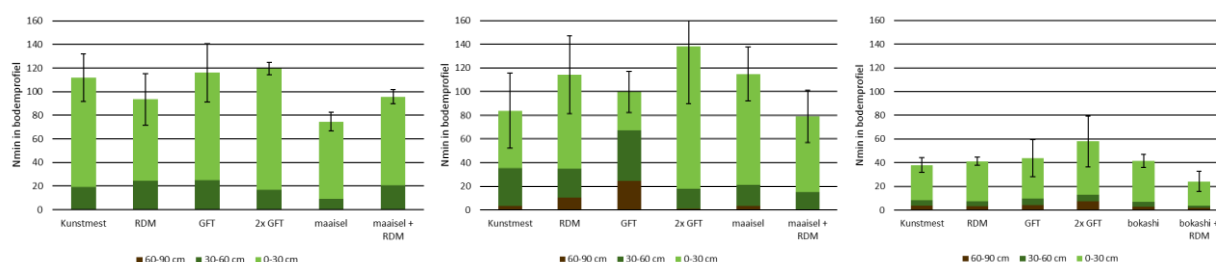
Hieruit blijkt het volgende:

- Vrij kleine verschillen in het zetmeelgehalte tussen behandelingen en jaren; in alle gevallen lag het gemiddelde gehalte tussen 350 en 450 g per kg drogestof;
- In 2019 en 2020 leek het zetmeelgehalte iets hoger te liggen dan in 2018, maar dit is niet significant.

3.2.2 Nitraatvoorraad in het bodemprofiel

De nitraatvoorraad in het voorjaar was vrij laag, maar in de 0-30 cm laag wel meetbaar. Gemiddeld was de voorraad in de 0-30 cm gelijk aan 13 kg N per ha en in de 30-60 cm laag beneden de detectielimiet (ca. 7 kg N per ha), waarmee de voorraad in de 0-60 cm laag gelijk was aan ca. 20 kg N per ha. Er zijn ook metingen gedaan aan het nitraatgehalte in het grondwater dat iets dieper zat dan 50 cm onder maaiveld. Het gemiddelde nitraatgehalte was 88 mg nitraat per liter, met fluctuaties tussen 10 en 150 mg nitraat per liter (Spierings, 2018).

Direct na de oogst van de maïs zijn grondmonsters genomen in alle veldjes om de nitraatvoorraad te meten. Hierbij zijn de bodemlagen op een diepte van 0-30 en 30-60 cm bemonsterd en geanalyseerd op nitraat (figuur 3.7). De 60-90 cm laag is niet in alle jaren bemonsterd, omdat de ondergrond dusdanig verdicht was (zie verder) dat dat niet mogelijk was.



Figuur 3.7. Nitraat in het bodemprofiel (in bodemlagen op 0-30 en 30-60 cm diepte) na de oogst van de maïs in 2018 (links), 2019 (midden) en in 2020 (rechts) te Harreveld.

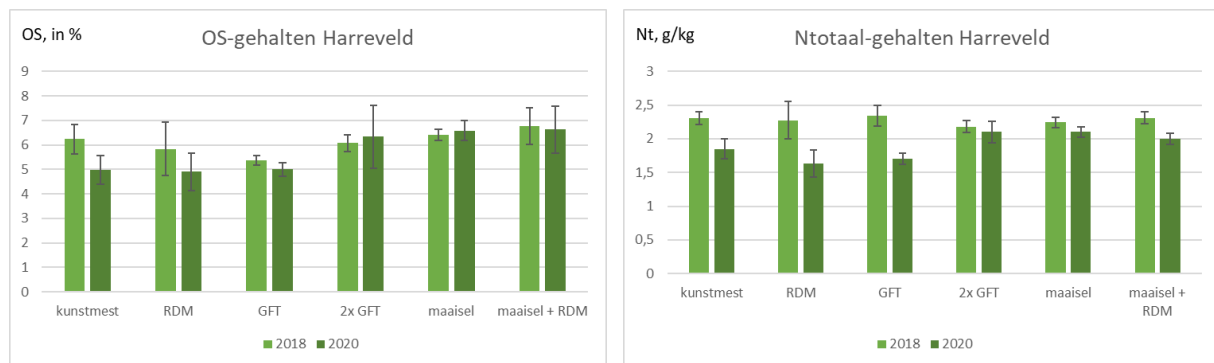
Enkele opvallende zaken:

- Het niveau van de nitraatvoorraad in het bodemprofiel was direct na de oogst van de maïs in 2018 en 2019 vrij hoog en schommelde in beide jaren rond de 100 kg N per ha in de 0-60 m laag, waarbij het grootste deel van de nitraat in de bovenste 30 cm aanwezig was. In 2020 was het een stuk lager, met voorraden van 20-60 kg N per ha in het bodemprofiel tot een diepte van 0-90 cm. De relatief hoge N-opname (200-250 kg N/ha) door het gewas heeft in combinatie met de vrij lage N-gift van ca. 140 kg werkzame N (bijlage 2) in 2020 in eigenlijk alle behandelingen tot een 'leeg' bodemprofiel geleid op dit perceel. Het is opmerkelijk dat dit in 2019 (en in mindere mate in 2018) nog niet het geval was, omdat ook toen de N-opname hoog was. Een mogelijkheid is dat de N-mineralisatie op het perceel toen nog hoog was door een nawerking van het grasland dat in het voorjaar van 2016 is gescheurd.
- Er was in 2018 en 2019 sprake van behoorlijke verschillen in de Nmin-voorraad tussen behandelingen. De voorraad was in 2018 het hoogst in de objecten met kunstmest en gft-compost en het laagst in het object met alleen maaisel. In 2019 was het beeld anders en was de nitraatvoorraad het hoogst in het object met de dubbele dosis GFT-compost en ook in het object met maaisel. En nu was de nitraatvoorraad juist het laagst in de objecten met kunstmest en met een enkele dosis GFT-compost. De spreiding tussen herhalingen was echter ook groot, zodat de verschillen tussen behandelingen niet significant waren (bijlage 4).

3.2.3 Organische stofgehalte en overige bodemparameters

De pH van de grond was 5,6, het organische stofgehalte 6,2%, N-totaal was 2280 mg N/kg, de P-AL was 77 mg P₂O₅/100 g, P-PAE 1,1 mg P/kg en de K-PAE was 36 mg K/kg (bijlage 1).

Na de oogst van de maïs in het najaar van 2020 is de bovengrond (0-30 cm) van elk veldje onderzocht op het C- en N-totaalgehalte. Het C-gehalte is omgerekend naar het organische stofgehalte, door uit te gaan van C-gehalte van 55% in organische stof. De gemiddelde waarden van het organische stofgehalte en het N-totaalgehalte zijn per behandeling weergegeven in figuur 3.8.



Figuur 3.8. Gemiddelde organische stofgehalte (links) en het N-totaalgehalte (rechts) in de bovengrond per behandeling na de oogst van de maïs in 2018 en 2020 te Harreveld.

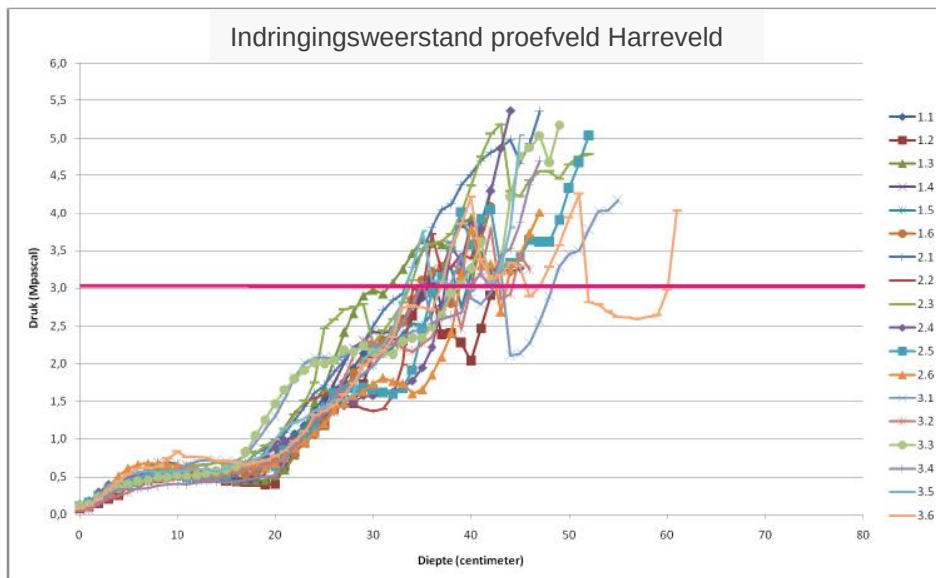
Enkele opvallende zaken:

- Het gemiddelde organische stofgehalte in de objecten met kunstmest en rundveedrijfmest lagen in 2020 aanzienlijk stuk lager dan in het najaar van 2018. Dit is te verklaren door de daling van het organische stofgehalte dat optreedt in de eerste jaren na het scheuren van grasland, die in dit geval niet is gecompenseerd door een hoge OS-aanvoer.
- Zowel in de objecten met maaisel als in die met een dubbele dosis gft-compost, werd een gelijkblijvend tot iets verhoogd organische stofgehalte gevonden. Door de grote spreiding tussen herhalingen waren deze verschillen niet significant.
- Het N-totaalgehalte vertoonde globaal hetzelfde beeld als het organische stofgehalte, maar de behandelingen met gft-compost en drijfmest hadden een iets lager gehalte dan de controle-behandeling met alleen kunstmest.

3.3 Overige waarnemingen

Bodemverdichting

De metingen van de indringingsweerstand die met de penetrologger zijn uitgevoerd in Harreveld zijn weergegeven in figuur 3.9. Hieruit blijkt dat de ondergrond vanaf een diepte van ca. 30-40 cm verdicht is. Bij een indringingsweerstand > 3 Mpa wordt de beworteling beperkt. Dit heeft effect op de bewortelingsdiepte en daarmee op de vochtbeschikbaarheid in de wortelzone.



Figuur 3.9. Verloop van de indringingsweerstand met een toenemende diepte in de bodem op de veldjes van de veldproef te Harreveld in april 2018 (Spierings, 2018).

Onkruiddruk

Uit de tellingen van het aantal onkruidkiemen bleek dat dit in de behandeling met bermmaaisel significant hoger was dan in de overige behandelingen (Jolink, 2020). Het is bekend dat onkruidzaden door compostering worden afgedood, maar ook de Bokashi-behandeling lijkt de kiemkracht van onkruidzaden dus te hebben verlaagd.

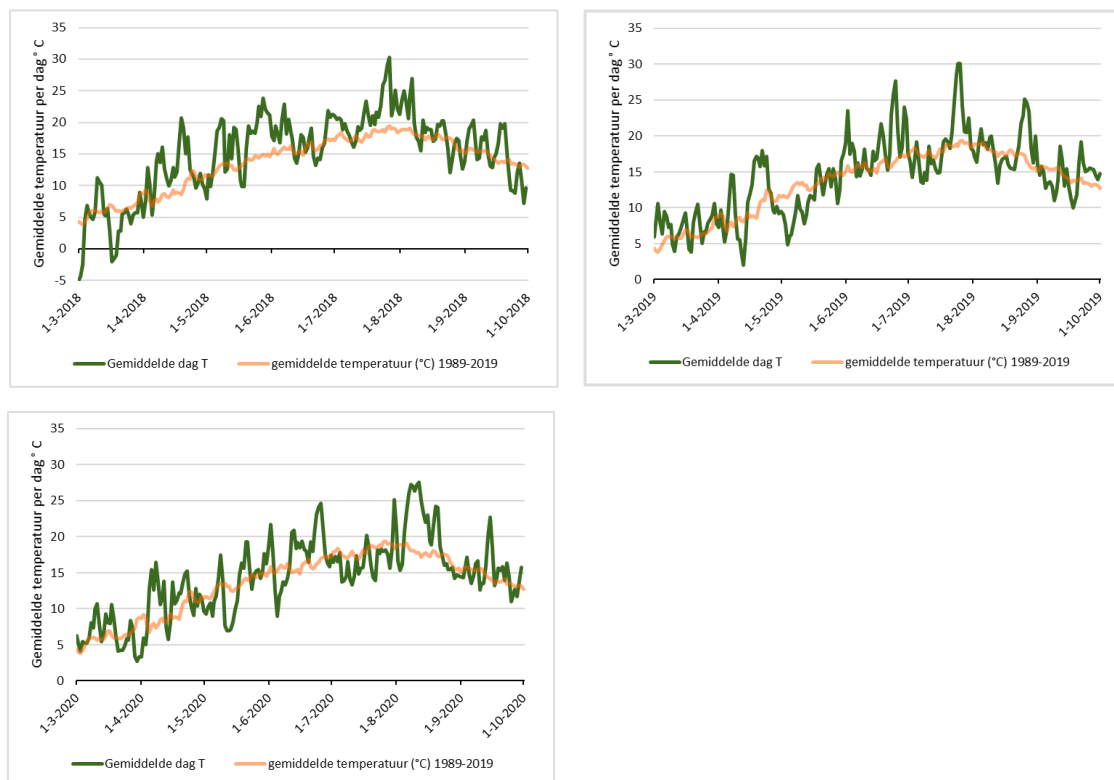
Bodemfysische metingen

Uit een eerste beschouwing van de bodemfysische metingen bleek dat er in een aantal gevallen sprake was van significante effecten van de toediening van organische producten (Kok, 2020). Dit was bijvoorbeeld het geval voor de aggregaatstabiliteit, het vochthoudend vermogen bij veldcapaciteit, de hoeveelheid plantbeschikbaar water en de infiltratiecapaciteit. Op beide locaties gaf de behandeling met maaaisel en rundveedrijfmest de beste scores.

4. Bespreking resultaten

4.1 Weersomstandigheden in 2018-2020

Bij de beschouwing van de resultaten van de veldproeven in 2018, 2019 en 2020 is het als eerste van belang dat men zich realiseert dat het weer in het groeiseizoen extreem was, aangezien er sprake was van zeer warme en droge zomers (figuur 4.1).



Figuur 4.1. Verloop van de gemiddelde dagtemperatuur in de groeiseizoenen 2018 (linksboven), 2019 (rechtsboven) en 2020 (linksonder), weerstation Deelen (bron: KNMI, 2020).

Tabel 4.1. Maandelijks neerslagcijfers in de groeiseizoenen 2018-2020, weerstation Deelen (bron: KNMI, 2020)

Maandjaar		april	mei	juni	juli	augustus	September	mm/seizoen
Neerslag (mm)	2018	57	46	21	10	84	69	287
	2019	21	39	66	51	90	82	350
	2020	10	16	72	70	39	62	269
	gemiddeld (2018-2020)	29	34	53	44	71	71	302
	gemiddeld (1989-2019)	45	45	62	71	84	84	392

Hieruit blijkt dat deze jaren warmer (figuur 4.1) en droger (tabel 4.1) waren dan gemiddeld in de periode 1989-2019 voor het weerstation Deelen het geval was.

4.2 Gewas: opbrengst, kwaliteit, N-opname en N-balans

Door de warme, droge zomers is de maïs, zeker op het proefveld te Heelsum, (veel) vroeger geoogst dan normaal het geval is, waardoor de opbrengst en de N-opname lager was dan normaal. De vroege oogst op het perceel te Heelsum is ook de reden van de (veel) lagere opbrengsten (van ca. 25-35 ton vers en 10-13 ton drogestof per ha) dan op het perceel te Harreveld (tussen de 40 en 50 ton vers en 16-20 ton drogestof per ha). In vergelijking met de gangbare opbrengsten van 11,5-18 ton drogestof per ha (Van Schooten et al., 2019) waren de opbrengsten te Heelsum daarmee laag, terwijl die in Harreveld goed op peil waren. Op het perceel te Heelsum was naast een achterblijvende opbrengst vooral in 2018 sprake van een zeer slechte kwaliteit van de maïs. Doordat er nauwelijks kolfzetting was opgetreden, was ook het zetmeelgehalte zeer laag (figuur 3.4 en 3.5).

Op basis van een vergelijking van de N-opname met de N-aanvoer met organische reststoffen en kunstmest en N-depositie, kan per behandeling een N-balans worden opgesteld (tabel 4.2). Hieruit blijkt dat in de kunstmest-behandeling van beide locaties de N-opname door het gewas gemiddeld over de drie proefjaren hoger was dan de N-aanvoer met kunstmest (100-140 kg N/ha) en depositie (ca. 25 kg N/ha). Dit heeft op beide locaties geleid tot een negatieve N-balans voor deze behandeling. Voor de behandelingen met de organische reststoffen was in de meeste gevallen sprake van een positieve N-balans, wat betekent dat meer N werd aangevoerd dan werd afgevoerd met het gewas. Dit komt doordat een deel van de N aanwezig is in organische stof die niet werkzaam is (en dus niet beschikbaar komt voor het gewas), waardoor de totale N-gift in deze behandelingen hoger was dan in de kunstmestbehandeling (tabel 2.2 en 2.3). Zo is aangenomen dat voor rundveedrijfmest, gft-compost en maaisel respectievelijk 60%, 10% en 50% van de totale N-aanvoer beschikbaar komt voor het gewas. Het overschot op de N-balans was vooral voor de behandelingen met de hoge gft-dosis en de behandelingen met maaisel aanzienlijk. Dit betekent dat het risico van een hoge nitraatuitspoeling bij deze behandelingen op lange termijn ook relatief groot zijn, waarbij de dynamiek van de N-mineralisatie wel een rol speelt (zie verder). Uit tabel 4.2 blijkt ook dat het overschot op de N-balans te Heelsum gemiddeld over de behandelingen wat groter was dan te Harreveld (vooral in 2020), met uitzondering van de behandeling waar rundveedrijfmest en maaisel zijn gecombineerd.

Tabel 4.2. Gemiddelde N-balans (kg N/ha) op basis van N-totaal per behandeling voor de twee locaties en drie proefjaren.

Object	Heelsum				Harreveld			
	2018	2019	2020	gem.	2018	2019	2020	gem.
Kunstmest	26	-61	3	-11	-30	-98	-56	-61
RDM	91	40	53	61	59	2	9	23
GFT	95	16	77	63	35	-56	-9	-10
2xGFT	159	90	122	124	101	-2	52	50
Maaisel	269	6	67	114	381	-65	-36	93
RDM+maaisel	393	79	132	201	585	21	72	226

4.3 Nitraatresidu

Bij een goed bodembeheer wordt gestreefd naar het op peil houden of verhogen van organische stofgehalten in de bodem en het beperken van uit- en afspoeling van nutriënten naar grond- en oppervlaktewater. Het risico van nitraatuitspoeling is in de veldproeven vooral ingeschat door het

bepalen van de nitraatresiduen na de oogst in het bodemprofiel, terwijl het overschot op de N-balans op de lange termijn daarover ook informatie geeft (zie hiervoor).

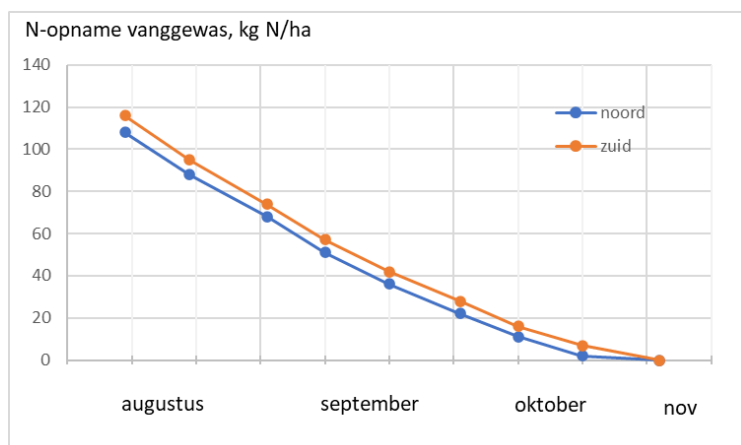
Door de hiervoor genoemde extreme weersomstandigheden in het groeiseizoen en het voortijdig oogsten van de maïs, waren de nitraatvoorraden in het bodemprofiel (vooral in de 0-30 cm bodemlaag) na de oogst bij alle behandelingen van beide locaties hoog. Dit speelde vooral te Heelsum, waar de hoeveelheid N_{min} na de oogst in de loop van de jaren toenam (tabel 4.3).

Tabel 4.3. Gemiddeld nitraatresidu (kg N/ha in 0-90 cm of 0-60 cm) per behandeling voor de twee locaties en drie proefjaren.

Object	Heelsum				Harreveld			
	2018	2019	2020	gem.	2018	2019	2020	gem.
Kunstmest	101	112	157	123	112	84	38	78
RDM	85	120	123	109	94	114	41	83
GFT	78	93	140	104	116	100	44	86
2xGFT	71	105	134	103	120	138	58	105
Maaisel	60	93	69	74	75	115	42	77
RDM+maaisel	73	112	95	93	96	79	24	66

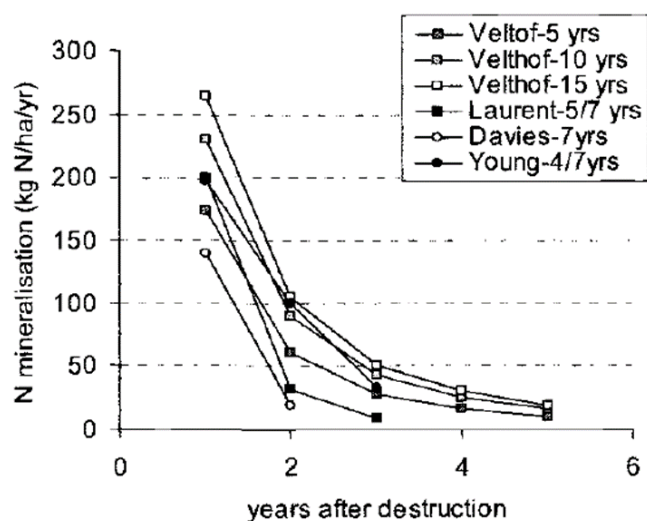
Uit de resultaten blijkt dat de nitraatvoorraad gemiddeld over de jaren in Heelsum het hoogst was in de behandeling met alleen kunstmest en het laagst in de behandeling met maaisel, terwijl in Harreveld de hoogste nitraatvoorraad werd gevonden in de behandeling met de hoogste gft-dosis en de laagste in de behandeling met rundveedrijfmest met maaisel. De nitraatresiduen zijn het resultaat van de aanvoer van minerale stikstof met meststoffen, de mineralisatie van organische stikstof uit meststoffen, voorvrucht en bodemorganische stof, de opname door het gewas en gasvormige N-verliezen (bijvoorbeeld via ammoniak-vervluchtiging en denitrificatie). Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven verschilden de N-opname door het gewas tussen de locaties en jaren, maar daarnaast zal ook de N-mineralisatie niet gelijk zijn geweest op de locaties. Zo is het niet ondenkbaar dat de droogte op de locatie te Heelsum de mineralisatiesnelheid heeft geremd.

Een ander verschil in de nitraatresiduen tussen de locaties is gelegen in het beloop van de nitraatvoorraad over de jaren. In Heelsum namen de nitraatresiduen in de loop van de jaren toe, terwijl die in Harreveld afnamen, waardoor de verschillen in het nitraatvoorraad tussen de locaties vooral in 2020 groot waren. Voor een deel kunnen deze verschillen worden begrepen uit het grotere overschot op de N-balans te Heelsum, maar daarnaast zal ook het beter ontwikkelde vanggewas te Heelsum ervoor hebben gezorgd dat meer N uit de nalevering van het vanggewas beschikbaar was voor de maïs in het daaropvolgende groeiseizoen. Het vanggewas werd in Heelsum steeds eerder gezaaid dan in Harreveld, waardoor het meer N op heeft kunnen nemen. Bij een vroeg gezaaide groenbemester (half augustus) kan worden uitgegaan van een N-opname van 80-100 kg N/ha en bij een later gezaaide groenbemester (bijvoorbeeld half september) van ongeveer de helft (CDM, 2017; figuur 4.2).



Figuur 4.2. Relatie tussen het zaaitijdstip van een vanggewas en de N-opname in boven- en ondergrondse gewasdelen in Noord en Zuid Nederland (bron: CDM, 2017).

Een laatste mogelijke reden waarom het nitraatresidu in Heelsum in 2020 lager was dan in de jaren daarvoor is het feit dat het perceel tot 2015 in gebruik was als grasland en daarna is gescheurd. Het is bekend dat het organische stofgehalte en het N-totaalgehalte in de bodem in de eerste jaren na het scheuren van grasland sterk kan dalen en dat er in de eerste jaren nog een aanzienlijke hoeveelheid N vrij kan komen (figuur 4.3; Van Dijk et al., 2020). Op basis van studies die elders zijn gedaan, werd echter ook in 2018 al geen hoge N-mineralisatie meer verwacht, omdat dat al het derde jaar na het scheuren van het grasland was (Vertes et al., 2007).



Figuur 4.3. Verloop van de N-mineralisatie (kg N per ha per jaar) na het scheuren van grasland in verschillende studies in Europa (Bron: Vertes et al. (2007)).

Een belangrijke vraag is wat het lot is van het nitraatresidu, dat na de oogst van het gewas in de bodem achterblijft. Uit onderzoek dat al enkele decennia geleden is uitgevoerd, is bekend dat de nitraatvoorraad in de bodem van droge zandgronden in het najaar niet hoger dient te zijn dan 50 kg N/ha, om te voorkomen dat de norm van 50 mg NO_3/l in grondwater wordt overschreden (onder andere Goossens & Meeuwisen, 1990; Corré, 1994, 1995; Hack-ten Broeke et al., 2004; Boels, 2005). Die grenswaarde werd in alle behandelingen op beide percelen in de eerste twee jaren direct na de oogst overschreden. In het laatste jaar (2020) was dat in Heelsum direct na de oogst ook het geval, maar in Harreveld niet meer. In vrijwel alle behandelingen was de Nmin-voorraad in de 0-60 cm laag daar circa 40 kg Nmin/ha of lager. Doordat er echter steeds een vanggewas is ingezaaid die een

groot deel van de N_{min} die in het bodemprofiel aanwezig was op kon nemen (zoals hiervoor aangegeven was dit zeker in Heelsum het geval vanwege het vroege zaaitijdstip), zullen de hoge N_{min}-voorraden naar verwachting niet/nauwelijks hebben geleid tot een hoge nitraatuitspoeling.

Nitraatuitspoeling is ook de belangrijkste route waarlangs N vanuit landbouwgronden in het oppervlaktewater terecht komt. Voor een verlaging van het N-gehalte in oppervlaktewater is het beperken van de nitraatvoorraad in het bodemprofiel in het najaar dan ook nodig, maar de relatie is complexer, aangezien het transport van nitraat via het grondwater naar het oppervlaktewater daarbij ook een grote rol speelt. Daarnaast is het voor de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit van belang om eventuele N-verliezen door uit- en afspoeling vóór en in het groeiseizoen (bijvoorbeeld vlak na het uitvoeren van een bemesting) zoveel mogelijk te beperken.

4.4 N-beschikbaarheid per behandeling

Bij organische mest- en reststoffen is het altijd onzeker hoeveel N hieruit beschikbaar komt door mineralisatie. Omdat de veldproeven primair waren gericht op het effect van organische stof op de bodemkwaliteit, zijn de proeven zodanig opgezet dat de N-beschikbaarheid in de uiteenlopende behandelingen zoveel mogelijk gelijk zou zijn. Nu de proeven zijn afgerond kan worden gecheckt of het gelukt is om de N-beschikbaarheid in de uiteenlopende behandelingen gelijk te houden. Dit kan worden gedaan door de N-opname door het gewas en de N_{min}-voorraad na de oogst bij elkaar op te tellen (tabel 4.4). Dit geeft globaal weer hoeveel N er beschikbaar is gekomen uit de meststoffen + mineralisatie uit de bodem organische stof en de groenbemester. Aangezien de mineralisatie uit de bodemorganische stof + groenbemester in principe in alle behandelingen per locatie per jaar gelijk zal zijn geweest, geeft het verschil in de som van N-opname en N_{min}-voorraad na oogst tussen behandelingen aan of en zo ja hoe groot het verschil in de N-beschikbaarheid uit meststoffen is geweest.

Tabel 4.4. Gemiddelde N-beschikbaarheid (afgeleid uit de som van N-opname en N_{min} na oogst) (kg N/ha) per behandeling voor de twee locaties en drie proefjaren.

Object	Heelsum				Harreveld			
	2018	2019	2020	gem.	2018	2019	2020	gem.
Kunstmest	240	304	299	281	307	302	246	285
RDM	209	280	276	255	263	322	266	284
GFT	209	275	281	255	303	344	268	305
2xGFT	199	269	282	250	297	394	286	326
Maaisel	189	267	213	223	270	343	278	297
RDM+maaisel	202	284	252	246	243	318	235	265

Uit tabel 4.4 blijkt dat de N-beschikbaarheid in het kunstmest-object gemiddeld over de 3 jaren op de beide locaties op een vergelijkbaar niveau lag, maar dat dit voor de overige objecten in mindere mate het geval was. In Heelsum lag de N-beschikbaarheid in alle objecten met de organische producten op een lager niveau dan die van kunstmest, terwijl in Harreveld de N-beschikbaarheid in de objecten met GFT-compost relatief hoog was en in het object met rundveedrijfmest met maaisel relatief laag.

Een mogelijke verklaring voor de relatief lage N-beschikbaarheid in de objecten met de organische producten te Heelsum is dat de N-mineralisatie uit de organische producten door de droogte lager was

dan verwacht. Aangezien er op dit hooggelegen perceel niet kon worden berekend, is het aannemelijk dat dit op dit perceel een grotere rol speelde dan op het perceel te Harreveld.

De gemiddelde N-mineralisatie uit bodem organische stof kan worden afgeleid uit het verschil tussen de N-opname + Nmin-voorraad na oogst – N-gift in kunstmest-object. Aangezien de N-gift met kunstmest gemiddeld over de jaren ca. 120 kg N/ha bedroeg, was de N-mineralisatie in Heelsum gemiddeld over de 3 jaren gelijk aan 160 kg N/ha en in Harreveld gelijk aan 165 kg N/ha, er vanuit gaande dat er geen verliezen zijn opgetreden. Deze informatie is samen met de kunstmest-input per behandeling per jaar gebruikt om de N-beschikbaarheid uit de organische producten te berekenen. Dit is weergegeven in tabel 4.5.

Tabel 4.5. Berekende N-beschikbaarheid uit organisch product (kg N/ha) per behandeling voor de twee locaties en drie proefjaren. Zie tekst voor toelichting op berekeningswijze.

Object	Heelsum				Harreveld			
	2018	2019	2020	gem.	2018	2019	2020	gem.
Kunstmest								
RDM	43	34	30	36	50	79	75	68
GFT	-24	-22	-21	-22	2	50	30	27
2xGFT	-27	-21	4	-15	3	107	56	56
Maaisel	89	13	-1	34	103	85	68	85
RDM+maaisel	102	85	73	87	77	111	79	89

Uit tabel 4.5 blijkt dat de N-levering uit de organische producten voor Heelsum voor de meeste producten een stuk lager lag dan in Harreveld. Voor de gft-composten was de N-levering in Heelsum zelfs negatief, wat betekent dat de N vastgelegd zou zijn of dat er minder N uit bodem organische stof is gemineraliseerd dan in het object met alleen kunstmest. Als de N-levering wordt vergeleken met de N-gift met de producten, kan worden berekend welk deel van de totale N-gift tot werking is gekomen. Dat is weergegeven in tabel 4.6.

Tabel 4.6. Berekende N-werking van de organische producten (fractie van N-gift) per behandeling voor de twee locaties en drie proefjaren. Zie tekst voor toelichting.

Object	Heelsum				Harreveld			
	2018	2019	2020	gem.	2018	2019	2020	gem.
Kunstmest								
RDM	0,35	0,27	0,26	0,29	0,32	0,53	0,55	0,47
GFT	-0,36	-0,29	-0,29	-0,32	0,03	0,66	0,42	0,37
2xGFT	-0,20	-0,15	0,03	-0,11	0,02	0,72	0,39	0,38
Maaisel	0,24	0,13	-0,01	0,12	0,32	0,97	0,80	0,70
RDM+maaisel	0,21	0,38	0,28	0,29	0,16	0,47	0,36	0,33

Als we de op deze wijze berekende werkingscoëfficiënten vergelijken met de aannames die zijn gedaan bij het vaststellen van de meststofgiften, valt het volgende op:

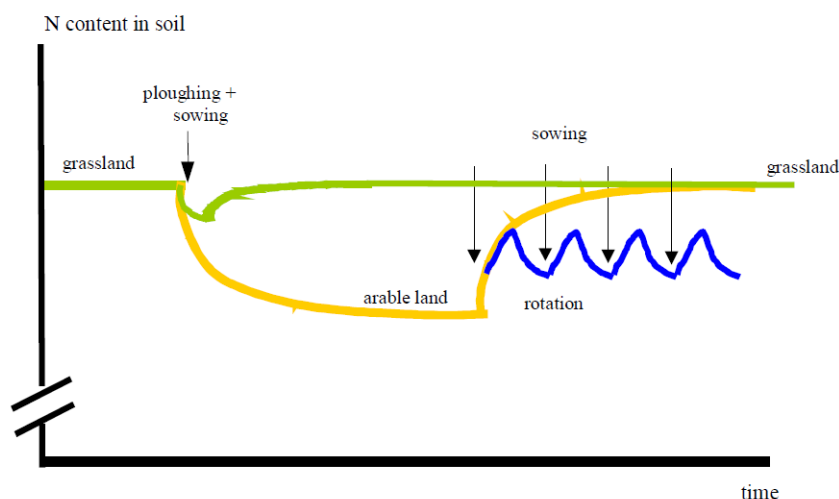
- De N-werking van rundveedrijfmest was op beide locaties lager dan de WC van 60%, waar vanuit gegaan is. Voor Heelsum was dat met ca. 30% nog een stuk lager dan voor Harreveld, met 47%.
- De N-werking van gft-compost was in Heelsum lager (-20%) en in Harreveld hoger (38%) dan de 10% waar bij de berekeningen vanuit is gegaan.
- De N-werking van maaisel was in Heelsum lager (12%) en in Harreveld (70%) hoger dan de 50% waar bij de berekeningen vanuit is gegaan.

Blijkbaar spelen de omstandigheden, die sterk verschillen tussen de locaties, een grote rol voor de N-beschikbaarheid en -dynamiek van organische mest- en reststoffen.

4.5 Bodem

Een belangrijke reden voor het gebruik van organische reststoffen is het verbeteren van de bodemkwaliteit door een verhoging van het organische stofgehalte en daaraan gekoppelde bodemfuncties. Uit metingen op de beide locaties aan het organische stofgehalte en het N-totaalgehalte in het najaar van 2018 en het najaar van 2020 blijkt dat er in deze relatief korte periode niet / nauwelijks een verhoging van de gehalten is opgetreden (figuur 3.4 en 3.8). Daarbij kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- De organische stofgehalten en N-totaalgehalten lagen in Harreveld op een (veel) hoger peil dan in Heelsum, respectievelijk 6,2% en 3,7% in 2018. De belangrijkste verklaringen hiervoor zijn de verschillen in de ontstaanswijze van de bodems op de percelen (podzolgrond Harreveld en enkeerd Heelsum) en het feit dat de maïs op het perceel in Harreveld wordt geteeld in wisselbouw met grasland, terwijl de maïs in Heelsum in een akkerbouwrotatie ligt. De organische stofgehalten in de bovenste 30 cm liggen in podzolgronden gemiddeld op een hoger niveau dan in eerdgronden (Conijn & Lesschen, 2015). Daarnaast liggen organische stofgehalten in situaties met wisselbouw op een hoger niveau dan in akkerbouwrotaties (Schils et al., 2012; figuur 4.4).



Figuur 4.4. Schematische weergave van de opbouw van N in de bodem onder grasland en bouwland (Bron: Schils et al. (2002).

- Op basis van een vergelijking van de input van (effectieve) organische stof met de organische stofvoorraad die al in de bodem aanwezig is, valt op dat de toegevoegde hoeveelheid verse organische stof in de behandelingen met de hoogste aanvoer (rundveedrijfmest met maaisel) een aanzienlijk aandeel van de totaal aanwezige hoeveelheid organische stof in de bodem vormde (tot 22% in Heelsum in de jaren 2018-2020), maar als rekening wordt gehouden met het feit dat een

groot deel van verse organische stof binnen een jaar wordt afgebroken (humificatiecoëfficiënt voor maaisel is 0,25, die voor rundveemest 0,7 en die voor gft-compost 0,9) en als daarom een vergelijking wordt gemaakt tussen de aanvoer van *effectieve* organische stof en de organische stofvoorraad in de bodem, dan is de aanvoer in 2018-2020 nog maximaal 7% van de hoeveelheid organische stof die al in de bodem aanwezig was (tabel 4.7).

Aangezien de metingen aan het organische stofgehalte per veldje zijn verricht in het najaar van 2018 en het najaar van 2020, is in tabel 4.8 in beeld gebracht hoe de OS-aanvoer in 2019 en 2020 zich verhielt tot de hoeveelheid OS in de bodem. Op basis van de organische stofaanvoer was dat voor Heelsom maximaal 11% en op basis van de aanvoer van *effectieve* organische stof was dat maximaal 4,3%. Voor Harreveld waren die cijfers respectievelijk 4,4 en 2,6%. Voor Heelsom betekent dat op basis van EOS een verhoging van het OS-gehalte van 3,7 tot 3,9 en voor voor Harreveld van 6,2 tot 6,4.

Tabel 4.7. Aanvoer van verse organische stof (OS) en effectieve organische stof (EOS) voor de twee locaties (Heelsom en Harreveld) in de jaren 2018-2020, uitgedrukt in kg/ha en percentage van de hoeveelheid organische stof die al aanwezig was in de bodem.

Periode	Object	Heelsom				Harreveld			
2018-2020		OS, kg/ha	EOS, kg/ha	OS, %	EOS, %	OS, kg/ha	EOS, kg/ha	OS, %	EOS, %
	RDM	6068	4248	4,0	2,8	6959	4871	3,1	2,1
	GFT	5514	4963	3,7	3,3	4879	4391	2,2	1,9
	2xGFT	10854	9768	7,2	6,5	9717	8746	4,3	3,9
	Maaisel	26295	6574	17,5	4,4	8675	2169	3,8	1,0
	RDM+maaisel	32363	10821	21,6	7,2	15634	7040	6,9	3,1

Tabel 4.8. Aanvoer van verse organische stof (OS) en effectieve organische stof (EOS) voor de twee locaties (Heelsom en Harreveld) in de jaren 2019-2020, uitgedrukt in kg/ha en percentage van de hoeveelheid organische stof die al aanwezig was in de bodem.

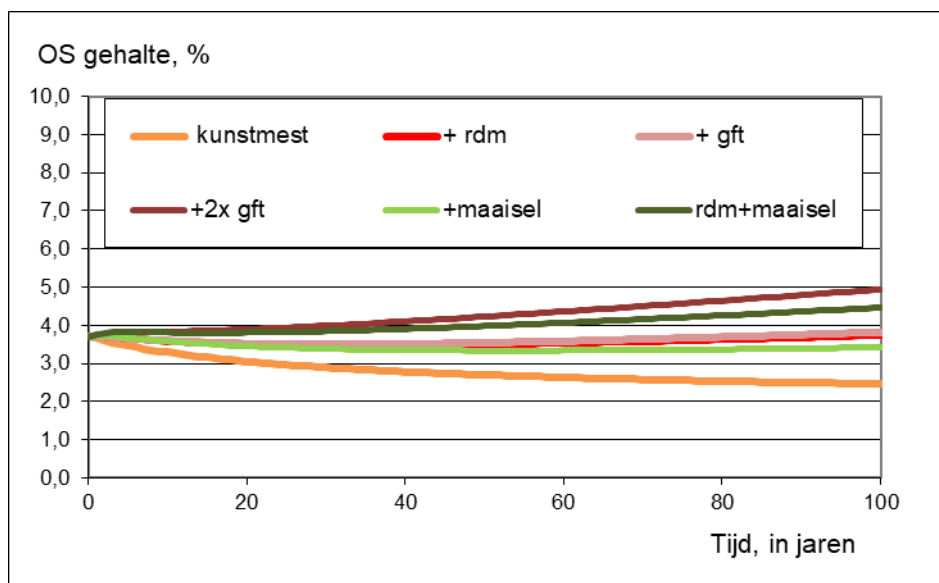
Periode	Object	Heelsom				Harreveld			
2019-2020		OS, kg/ha	EOS, kg/ha	OS, %	EOS, %	OS, kg/ha	EOS, kg/ha	OS, %	EOS, %
	RDM	3960	2772	2,6	1,8	4170	2919	1,8	1,3
	GFT	3673	3306	2,5	2,2	3307	2977	1,5	1,3
	2xGFT	7155	6439	4,8	4,3	6574	5916	2,9	2,6
	Maaisel	12016	3004	8,0	2,0	5780	1445	2,5	0,6
	RDM+maaisel	15976	5776	10,7	3,9	9950	4364	4,4	1,9

- In vergelijking met literatuurgegevens van langetermijnproeven is een significante stijging van het organische stofgehalte binnen een termijn van 2-3 jaar niet te verwachten. Uit langetermijnproeven komt het volgende naar voren:
 - In het project Mest als kans, dat wordt uitgevoerd op een zavelgrond in de Flevopolder, bleek na 17 jaar dat het organische stofgehalte in de behandelingen met de hoogste OS-

aanvoer (vaste stalmest en natuurcompost (respectievelijk ca. 4500 - 6500 kg OS/ha/jaar)) ca. 0,3-0,5 eenheid is gestegen: van 1,7 tot 2,2%. Dit geeft aan dat een hoge input van OS ook over een groot aantal jaren slechts leidt tot een beperkte stijging van het OS-gehalte (Koopmans & Bloem, 2019).

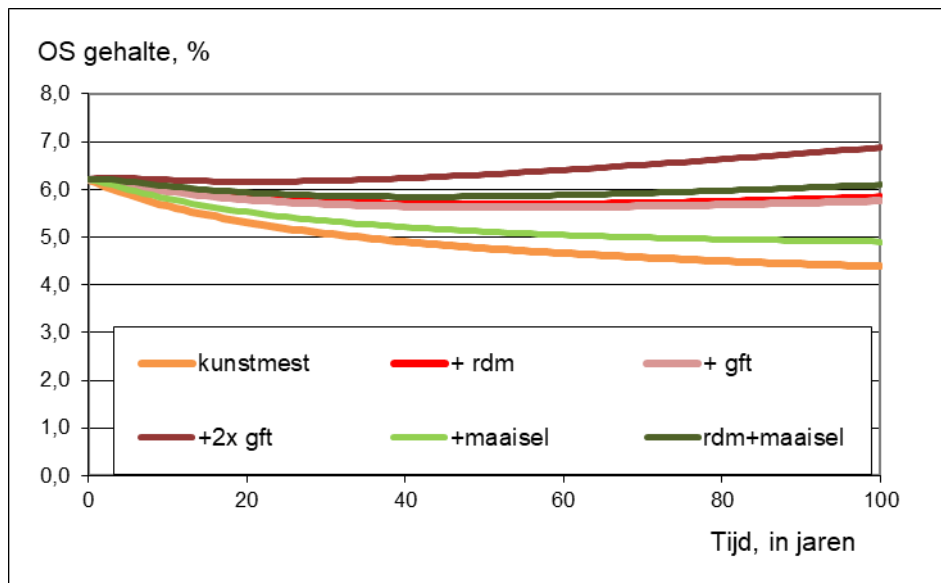
- Dit wordt bevestigd uit langetermijnproeven met organische mest en/of reststoffen in naburige landen, zoals in Duitsland (Körschens et al., 2012) en Groot Brittannië (Poulton et al., 2018). En ook langetermijnproeven in de Verenigde Staten, Canada, Ierland en Denemarken laten een vergelijkbaar beeld zien (Edmeades, 2003).

Modelberekeningen, waarbij de behandelingen die in de veldproeven in 2018-2020 zijn toegepast zijn geëxtrapoleerd naar een periode van 100 jaar, laten een vergelijkbaar beeld zien. Het organische stofgehalte van 3,7% op de locatie te Heelsum zal in de behandelingen met de hoogste OS-aanvoer stijgen tot 4,5-5,0 %, maar in de overige behandelingen blijft het OS-gehalte volgens de berekeningen min of meer op peil (behandeling met drijfmest, maaisel of gft-compost) of daalt het (alleen kunstmest; figuur 4.5).



Figuur 4.5. Resultaten van modelberekeningen van het verloop van het organische stofgehalte voor de behandelingen in de veldproef te Heelsum, geëxtrapoleerd naar een periode van 100 jaar. Berekeningen zijn uitgevoerd met het OS-model van Janssen (Janssen, 1984).

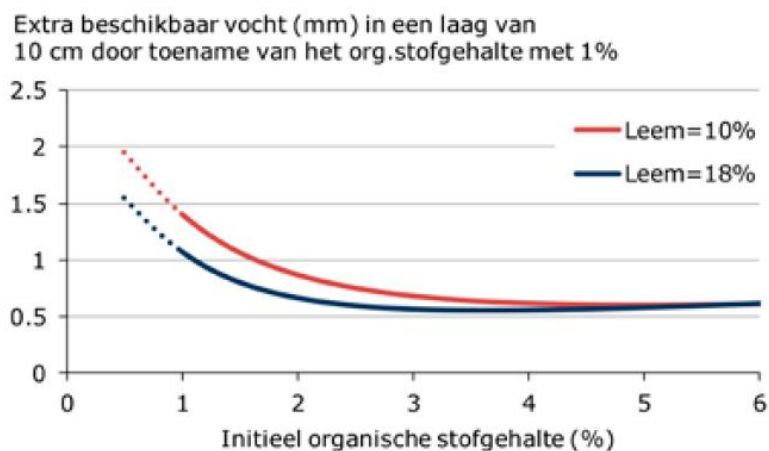
Op de locatie te Harreveld lag het OS-gehalte met 6,2% op een hoger niveau en zal het eerder de neiging hebben om te dalen. Dit blijkt uit de resultaten van de modelberekeningen in figuur 4.6, waar alleen voor de behandeling met de hoogste OS-input (dubbele gft-dosis) een stijging van het OS-gehalte tot ca. 6,9% werd berekend. Voor het object met rundveedrijfmest met maaisel werd een gelijkblijvend OS-gehalte bereken, voor het object met alleen rundveedrijfmest en alleen gft-compost een lichte daling en in de objecten met alleen kunstmest en alleen maaisel een flinke daling.



Figuur 4.6. Resultaten van modelberekeningen van het verloop van het organische stofgehalte voor de behandelingen in de veldproef te Harreveld, geëxtrapoleerd naar een periode van 100 jaar. Berekeningen zijn uitgevoerd met het OS-model van Janssen (Janssen, 1984).

Het is de vraag wat de berekende veranderingen in het organische stofgehalte, zoals weergegeven in de figuren 4.5 en 4.5, voor consequenties hebben voor fysische, chemische en biologische bodemeigenschappen.

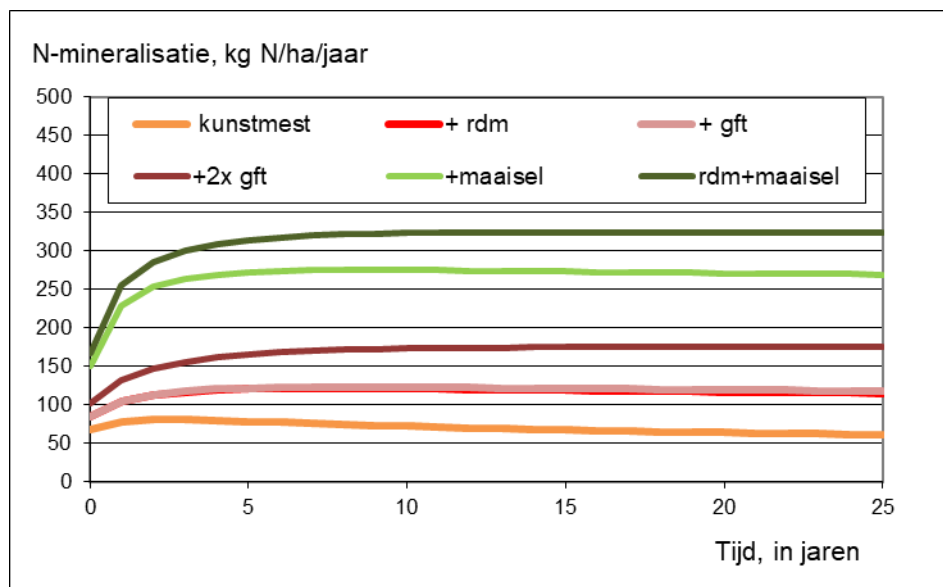
Zoals aangegeven in het voorgaande hoofdstuk, blijkt uit de voorlopige resultaten van Kok (2020) dat vooral de behandeling met rundveedrijfmest en maaisel een positief effect heeft gehad op bodemfysische eigenschappen (o.a. aggregaatstabiliteit, het vochthoudend vermogen bij veldcapaciteit, de hoeveelheid plantbeschikbaar water en de infiltratiecapaciteit) van de zandgrond uit de veldproeven te Heelsum en Harreveld. Als we dit vergelijken met wat daarover bekend is uit de literatuur, is dat opmerkelijk. Zo beschrijven Groenendijk et al. (2019) op basis van wetenschappelijke literatuur dat het effect van een verhoging van het organische stofgehalte met 1% vooral op gronden met zeer lage organische stofgehalten (<2%) een positief effect heeft op het vochthoudend vermogen, maar dat dit effect bij hogere organische stofgehalten (>3%) beperkt is tot zo'n 1,5 mm extra vocht in een bodemlaag van 30 cm dik (figuur 4.7).



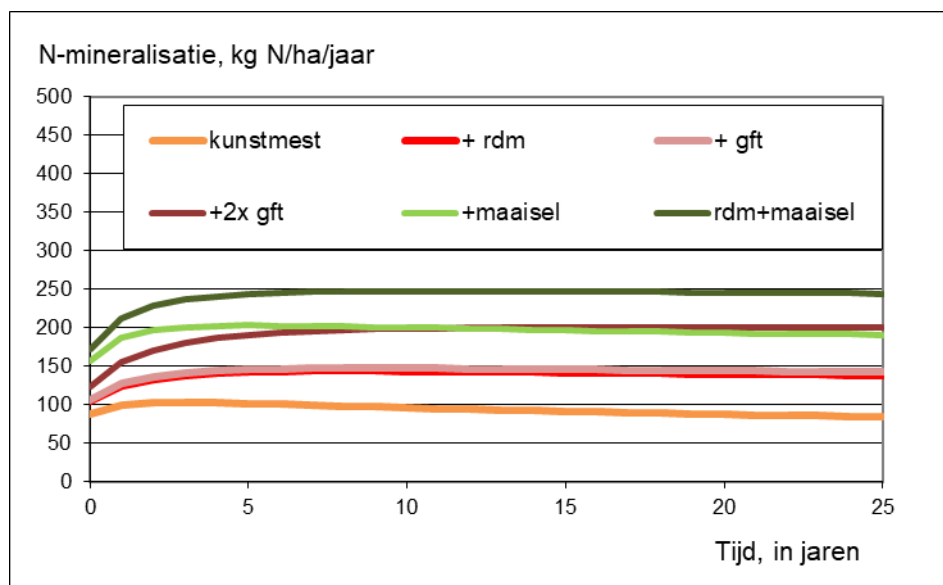
Figuur 4.7. Effect van het verhogen van het organische stofgehalte met 1% op de hoeveelheid extra beschikbaar vocht in afhankelijkheid van het initiële vochtgehalte (Groenendijk et al., 2019).

Daarnaast kan het bodembeheer ook een positief effect hebben op de infiltratiecapaciteit van de bodem, waardoor piekafvoeren via oppervlakkige afstroming naar oppervlaktewater worden beperkt. Daarbij bleek het bodembeheer een grotere invloed te hebben dan het organische stofgehalte van de bodem (Groenendijk et al., 2019).

Daarnaast zal het gebruik van organische reststoffen effect hebben op de N-mineralisatie van de bodem. Vooral als dit gedurende een lange periode jaarlijks wordt toegepast, zal de cumulatieve N-mineralisatie na verloop van tijd toenemen bij hoge giften van makkelijk afbreekbare organische N-verbindingen. Dat is bij maaisel in sterkere mate het geval dan bij rundveedrijfmest en gft-compost, waardoor de N-mineralisatie in situaties waarbij het maaisel jaarlijks wordt toegediend relatief sterk toe zal nemen. Dit is berekend voor de uitgevoerde behandelingen op de locatie te Heelsum (figuur 4.8) en te Harreveld (figuur 4.9).



Figuur 4.8. Resultaten van modelberekeningen van het verloop van de N-mineralisatie voor de behandelingen in de veldproef te Heelsum, geëxtrapoleerd naar een periode van 25 jaar. Berekeningen zijn uitgevoerd met het Minip-model (Janssen, 1996).



Figuur 4.9. Resultaten van modelberekeningen van het verloop van de N-mineralisatie voor de behandelingen in de veldproef te Harreveld, geëxtrapoleerd naar een periode van 25 jaar. Berekeningen zijn uitgevoerd met het Minip-model (Janssen, 1996).

4.6 Synthese

Zoals in de inleiding is aangegeven was het doel van dit project om het effect vast te stellen van de bemesting met een aantal uiteenlopende organische reststoffen bij de in Nederland van toepassing zijnde wetgeving (situatie 2018) op bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling.

Uit metingen aan het organische stofgehalte en het N-totaalgehalte van de bodem blijkt dat daarin in de periode van 2018 tot 2020 geen significante veranderingen zijn opgetreden, wat ook niet mag worden verwacht op basis van literatuurgegevens en modelberekeningen. De modelberekeningen laten wel zien dat op lange termijn in de behandelingen met de hoogste OS-aanvoer (de hoge dosering met GFT-compost en de behandeling met rundveedrijfmest en maaisel) een stijging van het organische stofgehalte mag worden verwacht. Deze behandelingen zullen volgens de modelberekening ook leiden tot een toename van het N-leverend vermogen, maar dat effect is bij de behandeling met rundveedrijfmest en maaisel aanzienlijk groter dan bij de gft-compost. Bodemfysische eigenschappen, zoals de aggregaatstabiliteit, het vochthoudend vermogen bij veldcapaciteit, de hoeveelheid plantbeschikbaar water en de infiltratiecapaciteit, werden op basis van metingen vooral verhoogd in de behandeling met rundveedrijfmest en maaisel. Deze effecten waren groter dan werd verwacht op basis van literatuurgegevens.

Het risico van nitraatuitspoeling is in beeld gebracht door metingen van het nitraatresidu na de oogst en het opstellen van een N-balans. Op basis van de nitraatmetingen na de oogst is geen duidelijk verschil tussen de producten aan te geven in het uitspoelingsrisico, aangezien de behandelingen een verschillend resultaat te zien gaven tussen de locaties. Op de locatie op hoge, droge zandgrond leidde de behandeling met kunstmest tot de hoogste nitraatresiduen en de behandeling met maaisel tot de laagste, terwijl de nitraatresiduen op de lager gelegen locatie met voldoende berekening het hoogst waren in de behandeling met de hoge gft-dosering en het laagst in de behandeling met rundveedrijfmest met maaisel. Op de lange termijn is het risico van nitraatuitspoeling het hoogst voor de behandeling met rundveedrijfmest met maaisel, omdat het overschot op de N-balans daar het hoogst is, wat ook leidt tot een hoge N-mineralisatie volgens modelberekeningen. Vanzelfsprekend wordt dit voor een belangrijk deel bepaald door de hoogte van de gift, maar aangezien maaisel niet wordt meegeteld in de mestboekhouding, is het risico op een groot overschot op de N-balans (en daardoor op een hoge nitraatuitspoeling) bij het gebruik van maaisel groot.

Naast de genoemde aspecten, moet ook rekening worden gehouden met eventuele negatieve effecten van de aanvoer met reststoffen, zoals verontreinigingen in de vorm van zwerfvuil, onkruiden, pathogenen en zware metalen. De aanvoer van zwerfvuil en onkruidzaden speelt vooral een rol bij maaisel. Dit is voor het bermmaaisel te Heelsum vastgesteld. Bij gft-compost kan ook sprake zijn van een zekere mate van verontreinigingen in de vorm van glas, plastic, steen en zware metalen, alhoewel gecertificeerde composten, zoals keurcompost en RHP-compost, garanderen dat de verontreinigingen de opgegeven maximale gehalten niet overschrijden.

Hiermee komt het overall beeld voor de gewenste positieve effecten en de verwachte risico's voor nitraatuitspoeling en verontreinigingen van de reststoffen in grote lijnen overeen met het onderstaande overzicht van Termorshuizen en Postma (2021; tabel 4.10). Enkele kanttekeningen bij tabel 4.10 op basis van het hier uitgevoerde onderzoek:

- Het relatief hoge risico van nitraatuitspoeling bij het gebruik van rundveedrijfmest lijkt in het hier beschreven onderzoek niet aan de orde te zijn. Rundveedrijfmest leidt niet tot een hoog nitraatresidu, een groot overschot op de N-balans en/of een hoge N-levering en daarmee is het risico van een hoge nitraatuitspoeling klein, mits het op een juiste wijze en tijdstip wordt toegepast;
- Effecten van ziektevermindering zijn door ons niet beschouwd, en over het effect van bodemleven zijn nog geen effecten beschikbaar.

Tabel 4.10. Overzicht van een kwalitatieve beoordeling van gewenste effecten en risico's van een selectie van reststoffen, namelijk producten van rundveedrijfmest, ingekuild en onbewerkt maaisel en compost. Bron: Termorshuizen & Postma, 2021.

	gewenste effecten				risico's	
	EOS	bodemvruchtbaarheid	bodemleven	ziektewering	nitraatuitspoeling	verontreinigingen
producten van rundveedrijfmest	geel	oranje	geel	geel	oranje	geel
onbewerkt berm- en slootmaaisel	geel	geel	geel	oranje	oranje	rood
ingekuild berm- en slootmaaisel incl. Bokashi	geel	geel	geel	oranje	oranje	rood
compost	geel	geel	geel	geel	geel	oranje

Vet omkaderd is die gewenste eigenschap die de hoofdtoepassing betreft. Betekenis van de kleuren:

kleur	gewenste eigenschappen	risico's
groen	positieve effecten	geen risico's
geel	beperkte positieve effecten	beperkte risico's
oranje	geen of nauwelijks effecten	belangrijke risico's
rood	essentiële aandachtspunten	essentiële risico's

5. Conclusies

- Een driejarige toepassing van rundveedrijfmest, gft-compost (twee doseringen) en/of maaisel (wel of niet met drijfmest) hebben bij een zelfde aanvoer van werkzame nutriënten op twee praktijkpercelen op zandgrond in Gelderland niet tot significante verschillen in het organische stofgehalte geleid, wat overeenkomt met literatuurgegevens en modelberekeningen. Modelberekeningen laten wel zien dat de hoogste OS-aanvoer (hoge dosis GFT-compost en rundveedrijfmest met maaisel) op lange termijn tot een stijging van het organische stofgehalte zal leiden.
- Bodemfysische eigenschappen, zoals de aggregaatstabiliteit, het vochthoudend vermogen bij veldcapaciteit, de hoeveelheid plantbeschikbaar water en de infiltratiecapaciteit, werden positief beïnvloed door de behandeling met rundveedrijfmest en maaisel. Deze effecten waren groter dan werd verwacht op basis van literatuurgegevens.
- Op basis van de Nmin-metingen na de oogst is geen duidelijk verschil tussen de producten aan te geven in het uitspoelingsrisico. Op de lange termijn is het risico van nitraatuitspoeling het hoogst voor de behandeling met rundveedrijfmest met maaisel, omdat het overschot op de N-balans daar het hoogst is, wat ook leidt tot een hoge N-mineralisatie volgens modelberekeningen.
- De opbrengsten en de N-opname van de maïs lagen op de twee locaties op een verschillend niveau: op de hooggelegen zandgrond met een diepe grondwaterstand en geen beregeningsmogelijkheden te Heelsum werd de opbrengst en N-opname sterk beperkt door de warme, droge zomers in de jaren 2018, 2019 en 2020. Op het perceel te Harreveld was de grondwaterstand minder diep en kon worden beregend, waardoor het gewas minder last van de droogte had. De opbrengst en N-opname lag daar dan ook op een hoger niveau.
- Ook de Nmin-voorraden na de oogst vertoonden een verschillend beeld tussen de locaties. In de eerste jaren waren ze in alle behandelingen van beide locaties hoog (rond de 100 kg Nmin/ha in de 0-90 cm laag), maar in het laatste jaar namen de Nmin-voorraden op de droge zandgrond te Heelsum nog verder toe (tussen 100-140 kg Nmin/ha), terwijl die voorraden op de nattere zandgrond te Harreveld juist afnamen (20-60 kg Nmin/ha).
- Door een tijdige zaai van groenbemesters, kan de Nmin in het bodemprofiel nog grotendeels worden opgenomen door groenbemesters en ten goede komen aan een volggewas. De N-gift van het volggewas kan daarvoor worden gecorrigeerd, wat in deze proeven slechts beperkt is gedaan.
- De verschillen in opbrengst en N-opname tussen behandelingen waren niet significant.
- Bij het gebruik van bermmaaisel was sprake van een verhoogde onkruiddruk en zwerfvuil. Dit is een ongewenst neven-effect van het gebruik van onbewerkt maaisel.

Literatuur

- Boels D (2005) Sturen op nitraat: ontwikkeling en toetsing van nitraat-indicatoren. Informatieblad 398-107. <http://edepot.wur.nl/18185>.
- Bussink W & De Haan J (2018) Bemesten van gras na maïs en maïs na gras. Presentatie gehouden tijdens de Themadag 'Mest verdelen: de sleutel bij lagere bemestingsnormen' van de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen op 8 januari 2018. <https://www.bemestingsadvies.nl/nl/bemestingsadvies/Themadagen/Themadag-2018-1.htm>.
- CDM (2017) Organische stof in de bodem en nitraatuitspoeling. 40 pp. Zie ook <https://edepot.wur.nl/443729>.
- Conijn JG & Lesschen JP (2015) Soil organic matter in the Netherlands. Quantification of stocks and flows in the top soil. PRI report 619, Alterra report 2663, Wageningen, 68 pp
- Corré, W. J. (1994) Bepaling van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het najaar als instrument voor het te voeren stikstofbeleid. AB-DLO rapport 21, AB-DLO, Haren.
- Corré, W. J. (1995) Een grenswaarde voor minerale stikstof in het najaar in de bodem op landbouwgronden: is dat doelmatig en realiseerbaar? H2O 28, 20, 600-603.
- De Haan J, Verstegen H & Van Geel W (2016). Effect van organische stof op opbrengst, stikstofuitspoeling en bodemkwaliteit. Presentatie tijdens het symposium Beter Bodembeheer, Lunteren, 4 oktober 2016.
- Delsalle J (2014) Soil & Agriculture: Issues identified, Proposed remedies, Future actions. Presentatie gehouden tijdens het slotsymposium van het Catch-C-project, Brussel, 19 november 2014. Zie http://www.catch-c.eu/images/dissemination/delsalle_soil_and_agriculture.pdf.
- Edmeades D.C. (2003) The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review, Nutr. Cycl. Agroecosys 66, 165–180.
- Fraters d et al. (2016) Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2012-2014) en trend (1992-2014); resultaten van de monitoring voor de Nitraatrichtlijn. RIVM Rapport 2016-0076, Bilthoven, 191 pp.
- Goossensen, F. R. en Meeuwissen, P. C. (1990). Advies MM de Commissie Stikstof. DLO, Wageningen.
- Groenendijk P, Wösten H, Postm R & Ruijtenberg R (2019) Organische stof: de moeite waard voor waterbeheer? H2O, Water Matters, april 2019, 28-31.
- Hack-ten Broeke MJD, Burgers SLGE, Smit A, ten Berge HFM, de Gruijter JJ, Hoving I.E., Knotters M, Radersma S en Velthof GL (2004). Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; Gegevens en regressieanalyse op basis van drie meetseizoenen (2000-2001, 2001-2002 en 2002-2003). Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1053. Sturen op Nitraat 12. 117 pp.
- Janssen BH (1984) A simple method for calculating decomposition and accumulation of 'young' soil organic matter. Plant & Soil 76, 297-304.
- Janssen BH (1996) Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. Plant and Soil 181, 39-45.
- Jolink H (2020) Verschillen tussen organische stofbronnen: onbewerkt maaisel, bokashi en gft-compost. Literatuurstudie in het kader van een stage bij NMI te Wageningen, HAS, Den Bosch, 44 pp.
- Kok DJ (2020) Summary of soil physical and hydrological data Harreveld & Heelsum. Internal publication, Leiden University, 14 pp.

- Koopmans, C., Bloem, J. 2018. Soil quality effects of compost and manure in arable cropping - Results from using soil improvers for 17 years in the MAC trial. Louis Bolk Institute, Bunnik, Publication number 2018-001 LbP, 40 pp.
- Körschens M, Albert E, Armbruster M, Barkusky D, Baumecker M, Behle-Schalk L, Bischoff R, Čergan Z, Ellmer F, Herbst F, Hoffmann S, Hofmann B, Kismanyoky T, Kubat J, Kunzova E, Lopez-Fando C, Merbach I, Merbach W, Pardor MT, Rogasik J, Rühlmann J, Spiegel H, Schulz E, Tajnsek A, Toth Z, Wegener H & Zorn W (2012). Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European longterm field experiments of the twenty-first century, Archives of Agronomy and Soil Science, DOI:10.1080/03650340.2012.704548
- LTO (2017). Wij hebben oplossingen. Column Hans Huijbers 25 februari 2017. Zie <http://www.lto.nl/actueel/columns/10879709/Wij-hebben-oplossingen>.
- Luo, 2021. Persoonlijke mededeling.
- Noij GJ & Ten Berge H (2019) Rapportage project nitraatwijzer fase 1. Wageningen Plant Research, Rapport WPR-917, 137 pp.
- Postma R (2018) Effect organische stofaanvoer op bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling; een literatuurstudie. Rapport 1690-I, NMI, Wageningen, 16 pp.
- Postma R & Thijssen D (2019) Effect organische stof-aanvoer op bodemkwaliteit en nitraatuitspoeling; veldproeven 2018. Rapport 1690-II, NMI, Wageningen, 18 pp.
- Poulton P, Johnston J, Macdonald A, White R, Powlson D. Major limitations to achieving “4 per 1000” increases in soil organic carbon stock in temperate regions: Evidence from long-term experiments at Rothamsted Research, United Kingdom. Glob Change Biol. 2018;24:2563–2584. <https://doi.org/10.1111/gcb.14066>
- Schils, R.L.M., H.F.M. Aarts, D.W. Bussink, J.G. Conijn, W.J. Corré, A.M. van Dam, I.E. Hoving, H.G. van der Meer, G.L. Velthof, 2002. Grassland renovation in the Netherlands; agronomic, environmental and economic issues. In: Conijn, J.G., G.L. Velthof & F. Taube, 2002. Grassland resowing and grass-arable rotations. International workshop on Agricultural and Environmental issues, Wageningen, The Netherlands, 18 & 19 April 2002, Plant Research International report 47, EGF Working Group “Grassland resowing and grass-arable rotations” Report 1.
- Schoumans OF, Groenendijk P, Renaud LV, Dijk W van, Schröder JJ, Ham A van den & Hooijboer AEJ (2014) Verhoogde nitraatconcentraties in het Zuidelijke zandgebied; analyse van de mogelijke oorzaken. Alterra-rapport 2319. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2319. 86 pp.
- Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof, B. Fraters & W.J. Willems, 2007. Permissible manure and fertilizer use in dairy farming systems on sandy soils in The Netherlands to comply with the Nitrates Directive target. European Journal of Agronomy 27, 102-114.
- Smit AB (1994) Stikstofbenutting. In: Bosch (ed.) Themadag stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt. Themaboekje nr. 18, PAGV, Lelystad, 111 p.
- Spijering D (2018) De invloed van organische meststoffen op de nitraatuitspoeling. Beschrijving van de aanlegmethode en achtergrondstudie van de praktijkproef na organische bemesting van maïsland. Verslag van stage bij NMI te Wageningen, HAS, Den Bosch, 48 pp.
- TCB (2016) Advies toestand en dynamiek van organische stof in Nederlandse landbouwbodems. TCB-advies A110, TCB, Den Haag, 26 pp.
- Termorshuizen, A.J., Postma, R. 2021. Effecten van toevoer van organische stof op bodemgezondheid en bodemvruchtbaarheid. Aad Termorshuizen Consultancy en NMI. 74 pp.

- Van Schooten H, Philipsen B & Groten J (eds) (2019) Handboek Snijmaïs, Wageningen Livestock Research, WUR, 196 pp.
- Veeken A, Adani F, Fangueiro D & Stoumann Jensen L (2016) The value of recycling organic matter to soils - Classification as organic fertiliser or organic soil improver. Publication of EIP-Agro Focus Group on nutrient cycling. 9 pp.
- Vertès, F.; Hatch, D.J.; Velthof, G.L.; Taube, F.; Laurent, F.; Loiseau, P.; Recous, S., 2007. Short-term and cumulative effects of grassland cultivation on nitrogen and carbon cycling in ley-arable rotations. In: Permanent and temporary grassland: Plant, Environment and Economy, 14th symposium of the European Grassland Federation Ghent, 3-5 September 2007. - Gent : - p. 227 - 246

Bijlagen

Bijlage 1. Overzicht van jaarlijkse bewerkingen op de proefvelden

Tabel 0. Overzicht van jaarlijkse bewerkingen Harreveld

Heelsum	2018	2019	2020
Vanggewas vernietigd			
Geploegd/gespit	20-feb		
Velden uitgezet		18-mrt	
Nmin voorjaar	14-mrt	18-mrt	6-feb
Behandelingen aangebracht	23-mrt	19-mrt	16-mrt
Behandelingen ingewerkt	4-apr	20-mrt	17-mrt
Mais ingezaaid	6-apr	8-apr	9-apr
Gecorrigeerd met kunstmest	9-apr	4-apr	24-apr
Mais geoogst	1-aug		17-aug
Proefveld gegevens verzameld	6-aug	5-sep	25-aug
Nmin najaar	14-aug	17-sep	25-aug
Vanggewas gezaaid	17-aug		

Tabel 0-1. Overzicht van jaarlijkse bewerkingen Harreveld

Harreveld	2018	2019	2020
Vanggewas vernietigd	27-mrt	7-mrt	
Geploegd/gespit		17-apr	23-apr
Velden uitgezet		1-apr	
Nmin voorjaar	5-apr	27-mrt	5-mrt
Behandelingen aangebracht	10-apr	5-apr	25-mrt
Behandelingen ingewerkt			
Mais ingezaaid	27-apr	24-apr	24-apr
Gecorrigeerd met kunstmest		18-apr	29-apr
Mais geoogst	1-sep	28-sep	23-sep
Proefveld gegevens verzameld	30-aug	26-sep	21-sep
Nmin najaar	6-sep	30-sep	24-sep
Vanggewas gezaaid		onderzaai	onderzaai

Bijlage 2. Resultaten van grondonderzoek en organische producten

Tabel 0-2 Resultaten algemeen grondonderzoek locatie Heelsum en Harreveld (uitslagen analyses Eurofins-agro).

Omschrijving		Heelsum	Harreveld
Grondsoort		Dekzand	Dekzand
Datum monstername		12-3-2018	13-3-2018
Bemonsteringsdiepte	cm	0-30	0-30
N-bodemvoorraad	kg N/ha	5860	8440
C/N-ratio		15	16
N-Levering	kg N/ha	80	105
P-plantbeschikbaar	kg P/ha	44,1	4,1
P-bodemvoorraad	kg P/ha	1610	1245
P-AL	mg P ₂ O ₅ /100 g	92	77
P-PAE	mg P/kg	11	1,1
K-plantbeschikbaar	kg K/ha	215	135
K-bodemvoorraad	kg K/ha	360	420
K-getal		21	11
S-totale	kg S/ha	1125	1500
S-leverend vermogen	kg S/ha	15	16
Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	255	635
Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	20	25
pH		5,4	5,6
Organische Stof	procent	3,7	6,2
CEC		56	105
Ca-voorraad	kg Ca/ha	3540	6525

Tabel 0-3 Samenstelling van de verse organische producten die zijn toegediend in de veldproef te Heelsum in kg/ton vers product.

Heelsum	Product	Droge stof (kg/ton)	Organische stof	N-totaal	N-mineraal	P ₂ O ₅	K ₂ O	C/N
2018	Rundveedrijfmest	83	62	3,70	1,5	1,3	5,4	14,1
	GFT-compost	618	174	6,4		4,5	7,4	13,6
	bermmaaisel	638	542	14,2		4,7	7,9	19,1
2019	Rundveedrijfmest	80	66	4,25	2,0	1,4	4,7	14,3
	GFT-compost	599	155	6,0		5,2	6,9	12,8
	bermmaaisel	370	208	5,3	0,1	2,3	6,3	20,2
2020	Rundveedrijfmest	88	72	4,15	1,9	1,5	4,1	15,7
	GFT-compost	537	166	6,7		3,7	5,4	12,4
	bermmaaisel	743	600	11,1		2,7	8,7	26,9

Tabel 0-4 Samenstelling van de verse organische producten die zijn toegediend in de veldproef te Harreveld in kg/ton vers product.

Harreveld	Product	Droge stof (kg/ton)	Organische stof	N-totaal	N-mineraal	P ₂ O ₅	K ₂ O	C/N
2018	Rundveedrijfmest	102	82	4,6	2,1	1,5	6,3	16,4
	GFT-compost	596	172	6,9	0,8	5,5	8,3	12,5
	slootmaaisel	544	272	11,2	0,3	1,9	1,7	12,1
2019	rundveedrijfmest	96	75	4,95	2,2	1,5	6,5	13,4
	GFT-compost	587	158	6,9		5,1	8,2	11,5
	Ingekuild maaisel (analyse)	474	198	5,7		2,7	9,0	17,2
	Ingekuild maaisel (gebruikt)	258	147	6,4		2,3	4,6	
2020	Rundveedrijfmest	84	64	4,53	2,3	1,4	6,3	14,5
	GFT-compost	724	130	5,9		2,8	3,8	11,0
	Bokashi	564	149	4,5		2,2	3,3	16,5

Bijlage 3. Uitgevoerde bemesting

Tabel 0-5 Overzicht van de objecten in de veldproeven te Heelsum en Harreveld van 2018, 2019 en 2020. De giften staan in ton product/ha. De berekende giften aan EOS, N-totaal, N-werkzaam, P en K met de organische producten zijn gegeven. Evenals de aanvullende kunstmestgift per object.

Heelsum 2020	Gift ton/ha	Kg EOS/ha	Kg Ntot/ha	Kg Nwerkzaam/ha	Kg P2O5/ha	Kg K2O/ha	Aanvullende kunstmestgift, kg/ha		
							N	P2O5	K2O
1 Kunstmest							120	50	200
2 Rundveedrijfmest	27,5	1386	114	54	40	113	67	10	87
3 GFT-compost	10,6	1593	71	7	39	57	122	11	143
4 2x GFT-compost	21,8	3266	146	15	80	118	99	0	82
5 Bermmaaisel	13,5	2026	151	90	37	117	35	13	83
6 Rundveedrijfmest	27,5	1386	114	54	40	113	0	0	0
Bermmaaisel	13,5	2026	151	90	37	117			

Harreveld 2020	Gift ton/ha	Kg EOS/ha	Kg Ntot/ha	Kg Nwerkzaam/ha	Kg P2O5/ha	Kg K2O/ha	Aanvullende kunstmestgift, kg/ha		
							N	P2O5	K2O
1 Kunstmest							128	50	200
2 Rundveedrijfmest	30,0	1344	136	55	41	189	73	10	11
3 GFT-compost	11,9	1397	71	7	34	45	119	16	155
4 2x GFT-compost	24,2	2839	144	14	68	92	111	0	108
5 Bokashi	18,8	699	85	34	41	62	91	9	138
6 Rundveedrijfmest	30,0	1344	136	55	41	189	37	0	0
Bokashi	18,8	699	85	34	41	62			

Heelsum 2019	Gift ton/ ha	Kg EOS/ ha	Kg Ntot/ ha	Kg Nwerkzaam/ ha	Kg P2O5/ ha	Kg K2O/ ha	Aanvullende kunstmestgift, kg/ha		
							N	P2O5	K2O
1 Kunstmest							106	65	200
2 Rundveedrijfmest	30,0	1386	128	58	42	141	47	23	59
3 GFT-compost	12,3	1713	74	7	64	85	98	0	115
4 2x GFT-compost	22,7	3174	138	14	118	157	92	0	43
5 Bermmaaisel	18,8	978	99	49	43	119	56	22	152
6 Rundveedrijfmest	30,0	1386	128	58	42	141	0	0	0
Bermmaaisel	18,8	978	99	49	43	119			

Harreveld 2019	Gift ton/ha	Kg EOS/ha	Kg Ntot/ha	Kg Nwerkzaam/ha	Kg P2O5/ha	Kg K2O/ha	Aanvullende kunstmestgift, kg/ha		
							N	P2O5	K2O
1 Kunstmest							95	65	200
2 Rundveedrijfmest	30,0	1575	149	59	45	195	36	20	5
3 GFT-compost	11,1	1579	76	8	57	91	87	8	109
4 2x GFT-compost	21,7	3077	149	15	111	178	80	0	22
5 Bokashi	15,1	746	87	43	41	136	52	24	64
6 Rundveedrijfmest	30,0	1575	149	59	45	195	0	0	0
Bokashi	15,1	746	87	43	41	136			

Heelsum 2018	Gift ton/ ha	Kg EOS/ ha	Kg Ntot/ha	Kg Nwerkzaam/ha	Kg P2O5/ ha	Kg K2O/ ha	Aanvullende kunstmestgift, kg/ha		
							N	P2O5	K2O
1 Kunstmest							140	50	200
2 Rundveedrijfmest	34,0	1476	124	75	45	184	65	5	16
3 GFT-compost	10,6	1657	67	7	48	79	133	2	121
4 2x GFT-compost	21,3	3329	136	14	96	158	126	0	42
5 Bermmaaisel	26,3	3570	373	186	123	208	0	0	0
6 Rundveedrijfmest	34,0	1476	124	75	45	184	0	0	0
Bermmaaisel	26,3	3570	373	186	123	208			

Harreveld 2018		Gift ton/ha	Kg EOS/ha	Kg Ntot/ha	Kg Nwerkzaam/ha	Kg P2O5/ha	Kg K2O/ha	Aanvullende kunstmestgift, kg/ha		
								N	P2O5	K2O
1	Kunstmest							140	50	200
2	Rundveedrijfmest	34,0	1952	157	94	50	214	46	0	0
3	GFT-compost	9,2	1415	63	6	50	76	134	0	117
4	2x GFT-compost	18,3	2829	126	13	100	152	127	0	41
5	Bermmaaisel	26,7	724	551	275	50	45	0	0	148
6	Rundveedrijfmest	34,0	1952	157	94	50	214	0	0	0
	Bermmaaisel	26,7	724	551	275	50	45			

Bijlage 4. Overzicht N-balansen per proef x behandeling

Resultaten van twee proefvelden in 2018-2020.

Locatie	Jaar	behandeling	totaal toegediend		N-depositie	N-opname	balans	
			kg Nt/ha	Kg Nwz/ha			Kg N/ha	Kg Ntot/ha
Heel-sum	2018	kunstmest	140	140	25	139	26	26
		RDM	190	140	25	124	91	41
		GFT	201	140	25	131	95	34
		2x GFT	262	140	25	128	159	37
		Maaisel	373	186	25	129	269	82
		RDM+maai	497	261	25	130	393	157
	2019	Kunstmest	106	106	25	192	-61	-61
		RDM	175	106	25	160	40	-30
		GFT	173	106	25	182	16	-51
		2x GFT	230	106	25	164	90	-34
		Maaisel	155	106	25	175	6	-44
		RDM+maai	226	108	25	172	79	-39
	2020	Kunstmest	120	120	25	142	3	3
		RDM	181	121	25	153	53	-7
		GFT	193	129	25	141	77	13
		2x GFT	245	113	25	148	122	-10
		Maaisel	186	125	25	144	67	6
		RDM+maai	265	145	25	158	132	12
Harre-veld	2018	Kunstmest	140	140	25	195	-30	-30
		RDM	203	140	25	169	59	-4
		GFT	197	140	25	187	35	-22
		2x GFT	254	140	25	177	101	-12
		Maaisel	551	275	25	195	381	105
		RDM+maai	708	370	25	148	585	247
	2019	Kunstmest	95	95	25	218	-98	-98
		RDM	185	95	25	207	2	-87
		GFT	164	95	25	244	-56	-124
		2x GFT	229	95	25	256	-2	-136
		Maaisel	138	95	25	228	-65	-108
		RDM+maai	235	102	25	239	21	-112
	2020	Kunstmest	128	128	25	208	-56	-56
		RDM	209	128	25	225	9	-72
		GFT	190	127	25	224	-9	-73
		2x GFT	255	125	25	228	52	-78
		Maaisel	176	125	25	236	-36	-86
		RDM+maai	258	126	25	211	72	-60

Bijlage 5. Resultaten van de statistische analyse (Anova)

Gewas: verse- en drogestofopbrengst en N-opname

Harreveld 2018: versopbrengst

treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	FMY	3	43111,111	4955,506		
GFT	FMY	3	40622,222	5658,949		
Kunstmest	FMY	3	41155,556	1965,631		
RVDM	FMY	3	36355,556	6401,852		
SM	FMY	3	46222,222	4926,722		
SM + RVDM	FMY	3	37688,889	2220,444		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1,772	0,193		0,425

Harreveld 2018: drogestof-opbrengst

treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	DMY	3	17811,467	2572,992		
GFT	DMY	3	16760,711	1747,853		
Kunstmest	DMY	3	17755,556	981,716		
RVDM	DMY	3	16364,267	3031,592		
SM	DMY	3	19723,378	2455,467		
SM + RVDM	DMY	3	16050,489	636,967		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1,233	0,353		0,339

Harreveld 2018: N-opname

treatment	Variable	n	mean	sd		
2x GFT	Nuptake	3	177,447	44,447		
GFT	Nuptake	3	186,551	15,333		
Kunstmest	Nuptake	3	194,781	5,528		
RVDM	Nuptake	3	169,226	35,668		
SM	Nuptake	3	195,123	44,919		
SM + RVDM	Nuptake	3	147,6	21,181		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0,992	0,462		0,293

Harreveld 2018: Nmin-voorraad bodem (0-60 cm)

treatment	Variable	n	mean	sd		
2x GFT	Whole	3	119,694	6,351		
GFT	Whole	3	116,085	30,39		
Kunstmest	Whole	3	111,827	24,868		
RVDM	Whole	3	93,547	26,787		
SM	Whole	3	74,553	9,647		
SM + RVDM	Whole	3	95,675	7,351		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	2,167	0,126		0,474

Harreveld 2019: versopbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	FMY	3	52266.667	1622.07
GFT	FMY	3	51288.889	4011.834
Kunstmest	FMY	3	47377.778	1965.631
RVDM	FMY	3	48266.667	2706.371
SM	FMY	3	52622.222	4310.882
SM + RVDM	FMY	3	49866.667	2822.135

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.473	0.269		0.38

Harreveld 2019: drogestof opbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	DMY	3	20906.933	1491.619
GFT	DMY	3	21009.689	1939.928
Kunstmest	DMY	3	19024.356	2323.639
RVDM	DMY	3	18604.978	961.697
SM	DMY	3	20026.667	1393.94
SM + RVDM	DMY	3	20445.6	761.866

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.199	0.367		0.333

Harreveld 2019: N-opname

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	Nuptake	3	255.877	30.618
GFT	Nuptake	3	244.353	23.995
Kunstmest	Nuptake	3	218.007	24.836
RVDM	Nuptake	3	207.429	12.756
SM	Nuptake	3	228.449	20.576
SM + RVDM	Nuptake	3	238.664	8.654

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	2.037	0.145		0.459

Harreveld 2019: Nmin voorraad bodem (0-90 cm)

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	whole	3	137.47	58.909
GFT	whole	3	91.519	21.467
Kunstmest	whole	3	82.748	38.801
RVDM	whole	3	114.284	40.306
SM	whole	3	113.77	27.931
SM + RVDM	whole	3	78.951	27.135

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.071	0.423		0.309

Harreveld 2020: versopbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
Kunstmest	FMY	3	45955.556	3783.786

RVDM	FMY	3	44622.222	5467.209
GFT	FMY	3	45422.222	4277.763
2x GFT	FMY	3	44177.778	2390.103
SM	FMY	3	47288.889	5040.87
SM + RVDM	FMY	3	43377.778	1315.435

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.365	0.863		0.132

Harreveld 2020: drogestof opbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
Kunstmest	DMY	3	20460.978	2468.861
RVDM	DMY	3	20319.733	1215.128
GFT	DMY	3	20584.444	1115.833
2x GFT	DMY	3	21162.133	1261.173
SM	DMY	3	21894.4	1574.751
SM + RVDM	DMY	3	20283.822	888.041

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.523	0.755		0.179

Harreveld 2020: N-opname

treatment	variable	n	mean	sd
Kunstmest	Nuptake	3	208.343	28.03
RVDM	Nuptake	3	224.891	8.704
GFT	Nuptake	3	224.312	21.892
2x GFT	Nuptake	3	227.675	9.334
SM	Nuptake	3	236.462	29.277
SM + RVDM	Nuptake	3	211.202	18.008

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.77	0.589		0.243

Harreveld 2020: Nmin voorraad bodem (0-90cm)

treatment	variable	n	mean	sd
Kunstmest	whole	3	37.95	7.483
RVDM	whole	3	41.243	4.405
GFT	whole	3	43.744	19.119
2x GFT	whole	3	57.978	26.232
SM	whole	3	41.591	6.709
SM + RVDM	whole	3	24.123	10.522

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.654	0.22		0.408

Heelsum 2018: versopbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	FMY	3	29511.111	5261.742
GFT	FMY	3	30577.778	1562.524
Kunstmest	FMY	3	34488.889	1562.524

RVDM	FMY	3	28177.778	3551.108		
SM	FMY	3	30044.444	2851.38		
SM + RVDM	FMY	3	29155.556	1735.042		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.542	0.249		0.391

Heelsum 2018: drogestof opbrengst

treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	DMY	3	9584.711	1960.237		
GFT	DMY	3	9686.311	590.536		
Kunstmest	DMY	3	10496.711	904.223		
RVDM	DMY	3	9848.356	1296.581		
SM	DMY	3	10834.844	619.58		
SM + RVDM	DMY	3	10995.111	1472.505		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.732	0.613		0.234

Heelsum 2018: N-opname

treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	Nuptake	3	127.808	16.066		
GFT	Nuptake	3	130.512	17.821		
Kunstmest	Nuptake	3	138.822	11.773		
RVDM	Nuptake	3	123.94	5.385		
SM	Nuptake	3	129.401	22.794		
SM + RVDM	Nuptake	3	129.617	12.631		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.304	0.901		0.112

Heelsum 2018: Nmin voorrad bodem (0-90cm)

treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	whole	3	71.444	15.24		
GFT	whole	3	78.2	2.147		
Kunstmest	whole	3	101.075	26.622		
RVDM	whole	3	84.682	12.754		
SM	whole	3	59.993	13.137		
SM + RVDM	whole	3	72.744	17.729		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	2.194	0.123		0.478

Heelsum 2019: versopbrengst

treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	FMY	3	29688.889	2001.481		
GFT	FMY	3	30311.111	3428.854		
Kunstmest	FMY	3	28977.778	1693.561		
RVDM	FMY	3	30044.444	1965.631		
SM	FMY	3	31200	4291.594		

SM + RVDM	FMY	3	31200	2543.838		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.287	0.911		0.107

Heelsum 2019: drogestof opbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	DMY	3	11843.467	973.412
GFT	DMY	3	13120.622	723.756
Kunstmest	DMY	3	12741.867	797.097
RVDM	DMY	3	12669.244	1100.028
SM	DMY	3	12323.467	837.042
SM + RVDM	DMY	3	12890.756	493.254

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.87	0.529		0.266

Heelsum 2019: N-opname

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	Nuptake	3	164.316	11.342
GFT	Nuptake	3	181.983	11.19
Kunstmest	Nuptake	3	192.294	28.366
RVDM	Nuptake	3	160.335	18.436
SM	Nuptake	3	174.546	6.605
SM + RVDM	Nuptake	3	171.996	20.834

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.31	0.323		0.353

Heelsum 2019: Nmin voorrad bodem (0-90cm)

Effect	DFn	DFd	F	p
treatment	5	12	1.721	0.204
Effect	DFn	DFd	F	p
treatment	5	12	1.721	0.204
Effect	DFn	DFd	F	p
treatment	5	12	1.721	0.204
Effect	DFn	DFd	F	p

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.421	0.826		0.149

Heelsum 2020: versopbrengst

treatment	variable	n	mean	sd
2x GFT	FMY	3	23288.889	3858.228
GFT	FMY	3	25333.333	3487.119
Kunstmest	FMY	3	23377.778	1315.435
RVDM	FMY	3	22133.333	3200
SM	FMY	3	30488.889	3783.786
SM + RVDM	FMY	3	28355.556	2155.441

Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
--------	-----	-----	---	---	-------	-----

treatment	5	12	3.34	0.04	*	0.582
Heelsum 2020: drogestof opbrengst						
treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	DMY	3	12457.267	919.389		
GFT	DMY	3	13163.273	441.932		
Kunstmest	DMY	3	12006.959	2038.685		
RVDM	DMY	3	12720.496	1910.066		
SM	DMY	3	12572.466	812.1		
SM + RVDM	DMY	3	12994.824	1239.67		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.275	0.918		0.103
Heelsum 2020: N-opname						
treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	Nuptake	3	139.064	16.501		
GFT	Nuptake	3	140.862	26.45		
Kunstmest	Nuptake	3	151.177	13.86		
RVDM	Nuptake	3	153.04	55.301		
SM	Nuptake	3	144.002	8.962		
SM + RVDM	Nuptake	3	157.785	22.541		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	0.208	0.953		0.08
Heelsum 2020: Nmin voorrad bodem (0-90cm)						
treatment	variable	n	mean	sd		
2x GFT	whole	3	133.665	52.396		
GFT	whole	3	139.701	17.772		
Kunstmest	whole	3	157.006	56.775		
RVDM	whole	3	122.795	64.67		
SM	whole	3	69.247	4.829		
SM + RVDM	whole	3	94.61	18.125		
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
treatment	5	12	1.721	0.204		0.418



Nutriënten Management Instituut BV
Nieuwe Kanaal 7c
6709 PA Wageningen

tel: (06) 29 03 71 03
e-mail: nmi@nmi-agro.nl
website: www.nmi-agro.nl