

Bodemverbetering van droge zandgronden door toepassing van organische reststromen

Een vijfjarige bodemmonitoring van het effect van organische reststromen op het organische stofgehalte en de nematodendruk op droge zandgronden in Noord-Brabant

23 juni 2023, Den Bosch | Ons Kenmerk: 22400174

In opdracht van: Provincie Noord-Brabant, AgroProeftuin de Peel

Mogelijk gemaakt door ter beschikking stellen van subsidiemiddelen.

Provincie Noord-Brabant



HAS green academy
Onderwijsboulevard 221
PO Box 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: +31 (0)88 890 36 00

Documenttitel: Bodemverbetering van droge zandgronden door toepassing van organische reststromen

Bron foto: Harm Jonkergouw

Projectcode: 22400174

Status: Versie 1.1

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant

Projectleider inhoud: Cécile van den Elzen – Sünnen

Inhoudsdeskundige: Lyanne de Haan

Projectteam: Janneke Benschop

Liz van Duuren

Jarno Winkel

Plaats: 's-Hertogenbosch

Datum: drieëntwintig juni tweeduizenddrieëntwintig (23 juni 2023)

Voor akkoord:

Projectleider inhoud

Projectleider contract

Naam: Cécile van den Elzen-
Sünnen

Naam: Rob van Roosmalen

Datum: 4-10-2023

Datum: 4-10-2023

Handtekening:

Handtekening:



Voorwoord

In 2018 is er in opdracht van Provincie Noord-Brabant een bodemmonitoringsplan opgezet vanuit de HAS green academy en consortium AgroProeftuin de Peel om het effect van lokale organische reststromen als bodemverbeteraar te onderzoeken. Er is vijf jaar lang onderzoek gedaan en in dit onderzoeksrapport worden de resultaten besproken betreft bodemverbetering. Het onderzoeksrapport is geschreven door Janneke Benschop (Toegepaste Biologie – plant), Liz van Duuren (Toegepaste Biologie – plant) en Jarno Winkel (Toegepaste Biologie – ecologie).

Rob van Roosmalen dient als contactpersoon tussen de HAS green academy en de Provincie, graag bedanken wij hem voor de medewerking aan het project. Daarnaast hebben Tuinbouwbedrijf Jonkergouw, Protix BV en Van Berkel Groep ook bijgedragen aan dit onderzoek. Graag bedanken wij Harm Jonkergouw, Thijs Kapteijns en Rutger Hornikx voor hun medewerking aan het project. Verder willen wij onze begeleiders Cécile van den Elzen-Sünnen en Lyanne de Haan bedanken voor het begeleiden van het project en het inbrengen van hun kennis, wat ze met veel enthousiasme hebben gedaan.

Jarno Winkel

Janneke Benschop

Liz van Duuren

's-Hertogenbosch, 23 juni 2023

Samenvatting

Zandgronden in Noord-Brabant hebben weinig organisch stof (OS) wat een probleem vormt voor de landbouw omdat hierdoor minder water- en nutriënten kunnen vasthouden, gevoeliger zijn voor droogtestress en de wortellesienematode *Pratylenchus Penetrans* die schade veroorzaakt aan opbrengst en kwaliteit van peen. Om deze problematiek aan te pakken is gedurende de periode van 2018 tot 2022 onderzocht wat het effect is van de organische reststromen compost en insectensubstraat op het OS en de nematodendruk, op drie percelen in het oosten van Noord-Brabant. Op perceel Agro As de Peel (AADP), zijn 4 bemestingen: compost, insectensubstraat, een mix van insectensubstraat en compost en geen bemesting, in 4 herhalingen toegepast. De percelen achter de geitenboer (Geit) en in Berghem (Berg) werden 4 bemestingen met 3 herhalingen toegepast. Ieder jaar (voor percelen Berg en Geit respectievelijk 2 en 3 jaar) werd het OS, de zuurgraad (pH), het elektrisch geleidingvermogen (EGV), mijten en springstaarten gemonitord, en op perceel AADP ook het gewicht per peen, het percentage penen met schade van nematoden en het aantal nematoden werd bepaald. Op perceel Berg was het OS bij bemesting met compost en mix in 2019 hoger dan in 2018. Op de andere percelen werden geen verschillen aangetoond tussen de bemestingen en de controle in het OS. De verlaging van de hoeveelheid bemesting in 2019 en 2020 om te voldoen aan de bemestingswetgeving is hier mogelijk een verklaring voor. De mate van schade en aanwezigheid van *P. penetrans* wordt niet beïnvloed door het toevoegen van organische reststromen. Daarom kan beter gewerkt worden met het telen van groenbemesters en gewasrotatie. Enkel in het najaar van 2022 is er minder *P. penetrans* gevonden bij de bemesting compost en mix, echter is er geen trend zichtbaar. Om het effect van organische reststromen op het OS en de nematodendruk aan te kunnen tonen wordt aangeraden om jaarlijks voldoende effectieve organische stof (EOS) aan te voeren, dit te onderzoeken over een periode van >10 jaar en meerdere maatregelen te treffen die bijdragen aan de opbouw van het OS en bodemweerbaarheid, zoals niet-kerende grondbewerking, het telen van groenbemesters en gewasrotatie.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	6
2. Materiaal en Methode.....	8
2.1 Dataverwerking bodemmonitoring.....	8
3. Resultaten bodemmonitoringsplan	10
3.1 Organisch stof	10
3.2 Zuurgraad & elektrisch geleidingsvermogen	11
3.3 Nematoden	12
3.4 Springstaarten	13
3.5 Mijten	14
3.6 Regenwormen	14
3.7 Peenopbrengst en -schade	15
5. Discussie.....	16
6. Conclusie & aanbevelingen	18
7. Literatuurlijst	19
Bijlage 1: Overzichtskaart onderzoekslocaties.....	23
Bijlage 2: Hoeveelheid toegediende effectieve organisch stof.....	24
Bijlage 3: Uitvoering protocollen	26
Bijlage 4: Weeromstandigheden.....	28
Bijlage 5: Statistiek	30
Bijlage 6: Uitgebreide grafieken en tabellen.....	32
Bijlage 7: Factsheet bodemmonitoringsanalyse	38

1. Inleiding

Zandgronden in Noord-Brabant bevatten weinig organisch stof (OS) (<3,3%), wat een probleem vormt voor de landbouw (Provincie Noord-Brabant, z.d.). Door het lage OS kunnen zandgronden minder water en nutriënten vasthouden en zijn ze gevoeliger dan andere grondsoorten voor droogtestress en plant parasitaire nematoden, met name de wortellessienematoden *Pratylenchus penetrans*, waardoor de productie en kwaliteit van peen verlaagt (Leener & Uren, 1993; Suzuki et al., 2007; Aasman et al., 2013). Om de bodemkwaliteit op droge zandgronden te verhogen worden organische reststromen, aangevoerd om OS te verhogen wat zal leiden tot een betere water- en nutriëntenhuishouding en een hogere weerbaarheid tegen droogte en plant parasitaire nematoden (Jashothan et al., 2012; Renčo, 2013). Om dit op een circulaire manier te realiseren is in het huidige onderzoek onderzocht of lokale organische reststromen, waaronder insectensubstraat en compost uit berm- en slootmaaisel, ingezet kunnen worden om de bodemkwaliteit op zandgronden in Noord-Brabant te verhogen.

Naast een laag percentage OS bevatten zandgronden ook een kleine fractie lutum (<8%) (Rottink et al, 2007). Door de homogene samenstelling en grote korrel van zandgronden is er ruimte tussen de poriën, waardoor water snel infiltreert en uitspoelt (Huntley, 2023). Organische stof zorgt dat bodem delen aan elkaar gekit worden, waardoor er meer kleine poriën ontstaan en de bodem een beter watervasthoudend vermogen heeft (Zwart et al., 2013). Daarbij zijn zandgronden vanwege de kleine fractie lutum voornamelijk afhankelijk van OS voor het nutriëntbindend vermogen van het klei-humus-complex (Rottink et al, 2007). Organische stof dient als voedsel voor het bodemleven dat bijdraagt aan zowel water- nutriënthuishouding als weerbaarheid in de bodem. Bij afbraak van organische stof komen nutriënten vrij, ontstaan poriën door aggregaat vorming en de gangen van regenwormen bevorderen de waterhuishouding. Bodems met een OS van >4% bevatten een hogere abundantie van predatoren zoals bijvoorbeeld roofmijten die bijdragen aan weerbaarheid van de bodem door predatie, parasitisme of concurrentie in de rhizosfeer (Termorshuizen & Postma, 2021; Provincie Noord-Brabant, z.d.; Kamczyc et al., 2018). De nematofage roofmijt *Macrocheles matrius* jaagt op de juveniele van *P. penetrans* (Kumar & Arthurs, 2021). Een gevarieerd bodemleven, gevoed door organische stof, draagt bij aan ziektevering van de bodem tegen nematoden (Wildmer et al., 2002).

Doordat OS in de bodem wordt afgebroken moet het op landbouwgronden jaarlijks worden aangevoerd in de vorm van bijvoorbeeld dierlijke mest, compost, kippenmest of insectensubstraat om OS te verhogen (Zwart et al., 2013; Groenedijk et al., 2019). Het overgebleven organische stof in de bodem is het effectief organische stof (EOS) (Zwart et al., 2013; Groenedijk et al., 2019). Compost bestaat uit groenafval, slootmaaisel, blad en gras en bevat een groot aandeel EOS (89% van OS) in vergelijking met insectensubstraat (29% van OS)(Willekens & Janmaat, 2014). Compost breekt langzaam af waardoor nutriënten langzaam vrijkomen en minder uitspoelen. Bovendien ontstaat er

een voedselweb vergelijkbaar met het bodemvoedselweb waardoor compost bijdraagt aan het verhogen van OS en ziektevermindering (Burakova & Bakšiene, 2020; Willekens & Janmaat, 2014).

Insectensubstraat is, net als kippenmest, een organische reststroom met een hoog OS van 75% op basis van 85,3% droge stof bij droog substraat. Het is afkomstig uit de insectenkweek en bestaat uit uitwerpselen en restanten van gekweekte insecten en niet-geconsumeerde reststromen uit de tuinbouw (Bron et al., 2018; Kemboi et al., 2022; IPIFF, 2022). Insectensubstraat breekt sneller af dan compost waardoor nutriënten sneller beschikbaar worden voor de plant (Chavez & Uchanski, 2021). Daarnaast bevat insectensubstraat chitine, afkomstig van insectenrestanten. Plantenwortels bevatten receptoren die chitine kunnen herkennen waardoor de afweerreactie van planten getriggerd wordt en de plant sneller kan reageren op aanvallen van nematoden, zodat deze minder schade kunnen veroorzaken (Newman et al., 2013; Derkx et al., 2012; Sato et al., 2019).

Om inzicht te krijgen in de manier waarop organische reststromen bijdragen aan een verhoging van OS en verlaging van nematodendruk op zandgronden is vanuit consortium AgroProeftuin de Peel, samen met HAS green academy en de ondernemers Jonkergouw, Protix BV en Van Berkel Groep een vijfjarig bodemmonitoringsplan opgezet (Bron et al., 2018). Gedurende de periode van 2018 tot 2022 is de invloed van bemesting met compost, insectensubstraat, een mix van compost en insectensubstraat en controle op OS en de nematodendruk op drie percelen in Noord-Brabant onderzocht (bijlage 1, figuur 1). Drie percelen in Zeeland, Agro As de Peel (AADP) (0,17 ha), in Schaijk 'achter de geitenboer' (Geit) (0,12 ha) en in Berghem (Berg) (0,12 ha) werden opgedeeld in plotten waarop de organische reststromen in een herhaalde blokkenproef werden toegepast. Ieder jaar (op Berg en Geit respectievelijk 2 en 3 jaar) werd OS bepaald, de zuurgraad (pH) en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) gemeten en het bodemleven (mijten en springstaarten) geteld. Op perceel AADP werd bovendien jaarlijks het aantal nematoden (Eurofins), het gewicht per peen en het percentage aangetaste penen door nematoden bepaald.

2. Materiaal en Methode

2.1 Dataverwerking bodemmonitoring

Alle data voor dit onderzoek zijn verzameld volgens de methoden voorgesteld in 'Bodemmonitoringsplan Agro as de Peel' (Bron et al., 2018). De hoeveelheid effectieve organische stof per bemesting, teeltgegevens en wijzigingen in uitvoering van de protocollen per jaar zijn bepaald (bijlage 2, tabel 1 & 3, tabel 2) (de Weert et al., 2020; Hanegraaf et al., 2021). Per jaar is per maand de gemiddelde temperatuur en gemiddelde etmaalsom neerslag van weerstation Mill teruggezocht (bijlage 4, tabel 3)(KNMI, 2023a). Voor de bemesting was de keurcompost afkomstig van Van Berkel Groep en insectensubstraat afkomstig van Protix BV.

Alle statistische analyses zijn uitgevoerd in *Rstudio* versie 4.1.0 en SPSS versie 28 waarbij een betrouwbaarheidsniveau van 95% werd gehanteerd. Een uitgebreide weergave van de gebruikte statistische toetsen en geteste correlaties is bijgevoegd (bijlage 5, tabel 4 & 5). De data is gecontroleerd op normaliteit met de Shapiro-Wilk toets. De verschillen tussen de bemestingen voor de parameters waarvan de data niet normaal verdeeld waren, waaronder organische stof, aantal *P. penetrans*, *P. crenatus* en Trichodoride nematoden, gewicht per peen, het percentage aangetaste penen en het bodemleven (springstaarten en mijten) zijn getest met de Kruskal Wallis toets. De verschillen tussen de bemestingen voor de parameters met normale verdeling, waaronder de pH en het EGV, werden getest met de One-Way ANOVA toets en een Tukey post hoc toets.

Het verschil tussen de bemestingen over de jaren van de pH en het EGV werden getest met een Repeated Measures ANOVA en een Tukey post hoc toets. Het verschil tussen de bemestingen over de jaren tussen de bemestingen van het aantal *P. penetrans*, *P. crenatus* en Trichodoride nematoden is getest met de negative binomial toets en de Wilcoxon post hoc toets. Voor het gewicht per peen en het percentage aangetaste penen werd dit met de Friedman en Wilcoxon post hoc toets getest. Voor het testen van de verschillen in gemiddeld OS binnen de bemestingen en controle is gebruik gemaakt van een Wilcoxon Signed rank test.

Voor het waarden van de springstaartengemeenschap is een gemodificeerde index gebaseerd op de Soil Biological Quality-Arthropod (QBS-ar) methode gebruikt (Menta et al., 2018; Parisi et al., 2005). Deze index is oorspronkelijk bedoeld om de totale bodemmacrofauna gemeenschap te indexeren. Nu zijn tijdens het determineren van de bodemfauna alleen de springstaarten ingedeeld in eco-morfologische types waardoor de mijten niet gewaardeerd konden worden met dezelfde index. Daarom is deze index alleen uitgevoerd op de springstaartengemeenschap, waar het een indicatie zal geven over het aandeel van de springstaarten gemeenschap dat aangepast is op een ondergrondse levenswijze.

De EMI-score wordt berekend met de volgende formule:

$$EMI_x = \frac{(n_i * 1) + (n_j * 6) + (n_k * 20)}{N}$$

Hier staat n_i voor het aantal epedafische individuen, n_j voor het aantal hemiedafische individuen en n_k voor het aantal euedafische individuen in monster x . N staat voor het totaal aantal springstaarten in monster x . De epedafische springstaarten zijn de soorten die op het oppervlak van de bodem leven, zij hebben weinig tot geen morfologische aanpassingen op het leven onder de grond. Hemiedafische springstaarten zijn de soorten die nauw onder het oppervlak van de bodem leven en hebben enkele morfologische aanpassingen voor het leven onder de grond. Euedafische springstaarten leven dieper in de bodem, zij hebben veel morfologische aanpassingen op een vaak compleet ondergronds leven. Een hoge EMI-score is indicatief voor een gemeenschap met een hoge abundantie aan soorten die aangepast zijn op een ondergronds leven, wat zou betekenen dat de bodem een geschikt habitat moet bezitten om deze soorten te faciliteren.

De correlaties tussen OS, de pH, het EGV, *P. penetrans*, *P. crenatus*, Trichodoride nematoden, het gewicht per peen en het percentage aangetaste op het perceel AADP hadden geen normale verdeling en zijn daarom getest met Spearman's correlatie toets. Correlaties worden relevant beschouwd bij een correlatie-efficiënt $\rho > 0,5$. De pH en het EGV hadden een normale verdeling en werden onderling getest op correlaties met Pearson's correlatie toets.

3. Resultaten bodemmonitoringsplan

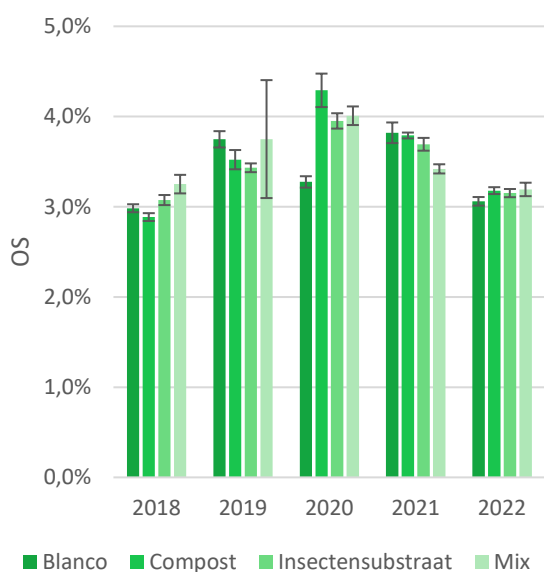
Alle resultaten zijn samengevat in een factsheet (bijlage 7).

3.1 Organisch stof

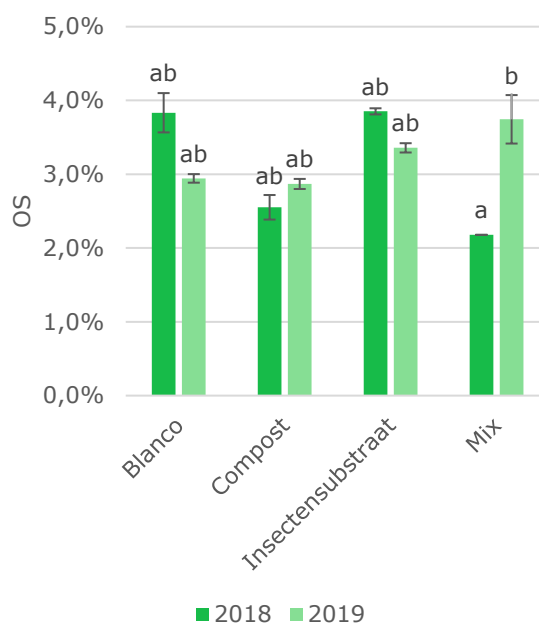
Op perceel AADP is over 5 jaar geen toename in OS gemeten voor alle bemestingen en controle. Bij bemesting met compost is het OS in 2020 hoger dan de controle ($p < 0,05$) (figuur 6). Bij de bemesting mix in 2019 is een uitbijter gevonden; deze standaardfout was meer dan 6 maal zo groot als het gemiddelde van de standaardfout.

Op perceel Berg is het OS bij de bemestingen mix en compost hoger in 2019 ten opzichte van 2018 ($p < 0,05$) (figuur 7).

Op perceel Geit is er geen significante toename in OS waargenomen tussen 2018 en 2020. In 2019 is voor iedere bemesting en controle een hoger OS waargenomen ten opzichte van andere jaren, wat niet significant is. Er zijn zowel tussen de jaren als tussen de bemestingen en controle geen significante verschillen gevonden (bijlage 6.1, figuur 2)



Figuur 6: De gemiddelde OS per bemesting en controle, per jaar van perceel AADP. De foutbalken geven de standaardfout weer.



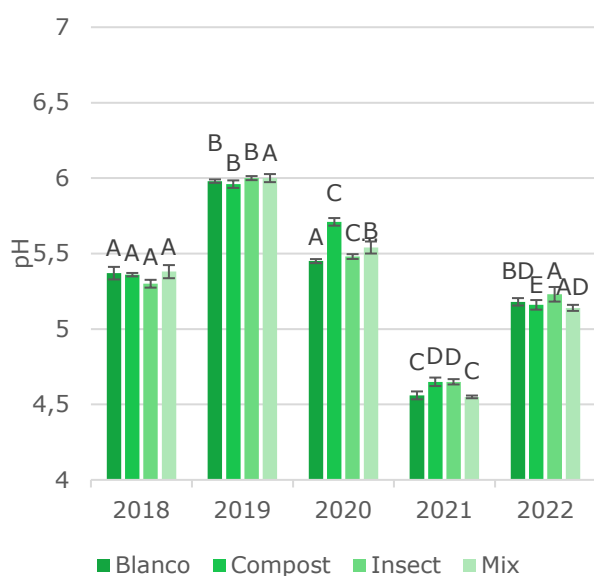
Figuur 7: De gemiddelde OS per bemesting en controle, per jaar van perceel Berg. De significanties per bemesting tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De foutbalken geven de standaardfout weer.

3.2 Zuurgraad & elektrisch geleidingsvermogen

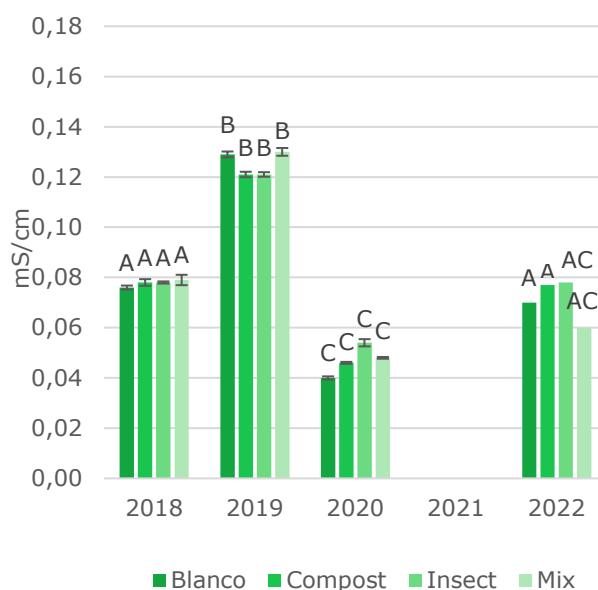
Per jaar is op alle drie de percelen geen verschil aangetoond in zuurgraad (pH) en het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) tussen de verschillende bemestingen en controle. De pH van AADP is in 2021 lager dan 4,65 voor alle bemestingen en controle. Dit is de laagste gemeten pH ten opzichte van alle andere jaren ($p < 0,05$). In 2019 is het EGV voor alle bemestingen en controle hoger dan in 2018, respectievelijk 0,12 en 0,08 mS/cm ($p < 0,05$). In 2020 is het EGV lager dan 0,05 mS/cm en is er een daling te zien voor alle bemestingen en controle ten opzichte van het EGV in 2019.

Op perceel Berg is de pH in 2018 hoger dan 5,15 voor alle bemestingen en controle waarna deze daalt in 2019 naar een pH van kleiner dan 4,43 voor alle bemestingen en controle ($p < 0,05$). Het EGV is in 2018 hoger met 0,165 mS/cm voor alle bemestingen en controle waarna deze daalt in 2019 met een EGV van kleiner dan 0,049 voor alle bemestingen en controle ($p < 0,05$) (bijlage 6.2, figuur 3 & 4).

Op perceel Geit is de pH in 2019 lager dan 5,07 bij de controle, compost en insectensubstraat bemesting en hiermee lager ten opzichte van 2018 waar de pH hoger is dan 5,68. Het EGV in 2018 is hoger dan 0,11 mS/cm voor alle bemestingen en controle waarna er een daling plaats vindt in 2019 en 2020 (bijlage 6.2, figuur 5 & 6).



Figuur 8: De gemiddelde pH per jaar van perceel AADP. De significanties per bemesting tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De foutbalken geven de standaardfout weer.

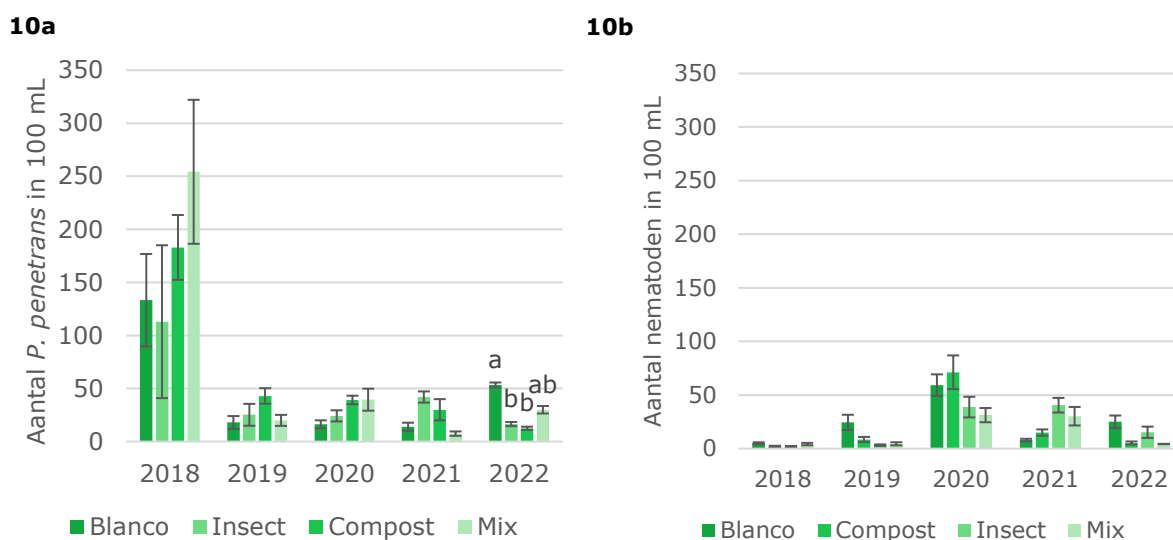


Figuur 9: Het gemiddelde EGV in mS/cm per jaar van perceel AADP. De significanties per bemesting tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De foutbalken geven de standaardfout weer.

3.3 Nematoden

In de grondmonsters van perceel AADP die zowel in het voor- als najaar werden genomen en geanalyseerd werden voornamelijk *P. penetrans*, *P. crenatus* en Trichodoride nematoden gevonden (bijlage 6.3, tabel 7). Tussen de bemestingen en controle onderling zijn geen verschillen gevonden in aantal *P. penetrans*, behalve in het najaar van 2022 waarin er minder *P. penetrans* werden gevonden bij bemesting met compost of insectensubstraat, respectievelijk gemiddeld 13 en 15 per 100 mL grond, ten opzichte van de controle met 50 per 100 mL grond (figuur 10). In het najaar van 2018 werd bij alle bemestingen en de controle meer *P. penetrans* gevonden dan in andere jaren, gemiddeld 170 per 100 mL grond, waar gemiddeld minder dan 30 per 100 mL grond werd gevonden ($p < 0,05$). Het aantal *P. penetrans* dat in het najaar werd gevonden was zowel in alle jaren als alle bemestingen en controle hoger dan in het voorjaar, waarin gemiddeld 11-20 nematoden per 100 mL werden gevonden ($p < 0,05$) (bijlage .3, figuur 7). Het aantal nematoden in het voorjaar verschilt niet tussen de bemestingen en controle onderling of tussen de jaren.

In 2018 werd meer *P. crenatus* gevonden, gemiddeld 163 in 100 mL per plot, dan in alle andere jaren bij alle bemestingen en de controle (bijlage 6.3, figuur 8). Deze nematode werd vanaf 2020 niet of zeer weinig gevonden ($p < 0,05$). In geen van de jaren waren er verschillen in het aantal *P. crenatus* tussen de bemestingen en controle. Het aantal *P. crenatus* in het voorjaar verschilt niet tussen de bemestingen en controle of tussen de jaren. Het aantal Trichodoride nematoden in het najaar gevonden is in 2020 bij elke bemesting en de controle significant hoger dan in 2018 (tabel 3). Tussen de bemestingen zijn geen verschillen in het aantal Trichodoride nematoden. Het aantal Trichodoride nematoden in het voorjaar verschilt niet tussen de bemestingen en controle of tussen de jaren. Er waren meer Trichodoride nematoden aanwezig bij een lagere EGV ($p < 0,05$, $\rho = 0,550$).

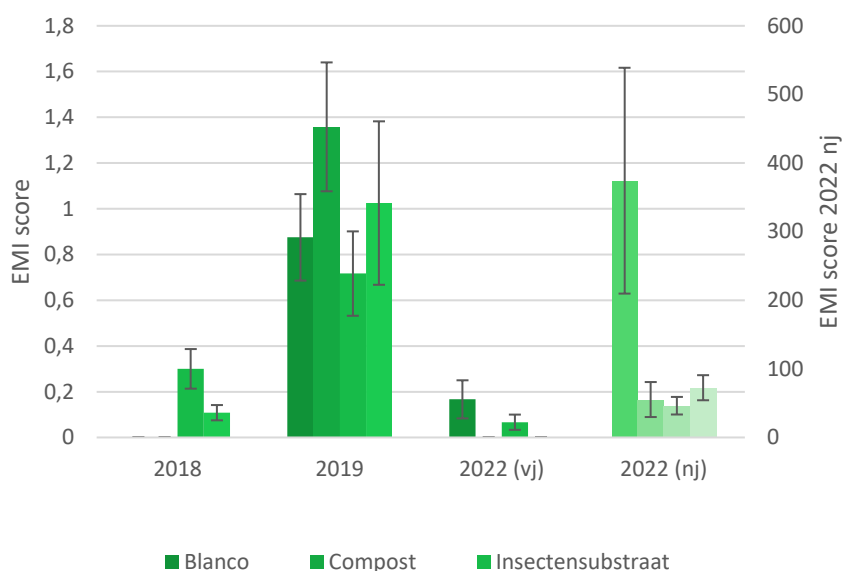


Figuur 10: (a) Gemiddeld aantal *P. penetrans* in 100 mL in het najaar. Significantie tussen bemestingen binnen een jaar is aangegeven met letters. (b) Gemiddeld aantal Trichoride nematoden in het najaar. De foutbalken geven de standaard fout weer.

3.4 Springstaarten

Er zijn op perceel AADP geen verschillen aangetroffen in het gemiddelde totaal aantal gevonden springstaarten tussen de bemestingen of de controle onderling. Voor alle drie de eco-morfo typen is in geen enkel jaar een verschil gevonden in de gemiddelde aantallen tussen de bemestingen en controle. De grootste hoeveelheid springstaarten, 95% van alle individuen, was gevonden in het najaar van 2022 (bijlage 6.4, tabel 9).

In geen enkel jaar is er een verschil in EMI-waarde tussen de bemestingen en controle gevonden. Wel zijn er verschillen gevonden tussen de jaren binnen de bemestingen en controle. In het najaar van 2022 was de waarde voor de controle hoger ten opzichte van 2018 en 2019 ($p < 0,05$). De EMI-waarde van insectensubstraat was in het najaar van 2022 hoger ten opzichte van 2019 ($p < 0,05$), de EMI-waarde van mix was in 2019 hoger ten opzichte van alle andere jaren was ($p < 0,05$). De gemeten EMI-waardes in het najaar 2022 waren relatief hoog in vergelijking met de gemeten EMI-waardes in de jaren 2018, 2019 en het voorjaar 2022 (figuur 11).



Figuur 11: Gemiddelde EMI scores berekend voor de verzamelde springstaarten gemeenschap op perceel AADP. De data van jaren 2018 tot 2022 zijn af te lezen aan de linker as. De data uit 2022 (nj) gebruikt de rechter as. De foutbalken geven de standaardfout weer.

Op perceel Berg is er geen verschil in het aantal springstaarten, aantal individuen per eco-morfo type en EMI-waardes gemeten bij alle bemestingen en controle. Alle springstaarten zijn in het jaar 2018 gevonden. Op perceel geit is er geen verschil in aantal individuen per eco-morfo type en EMI-waardes

gemeten bij alle bemestingen en controle. De bemesting mix had in 2018 een hoger gemiddeld totaal aantal springstaarten ten opzichte van insectensubstraat en de controle (bijlage 6.4, tabel 10). Op perceel Geit had de mix bemesting in 2018 een significant hoger gemiddeld totaal aantal springstaarten dan de insectensubstraat bemesting en de controle (bijlage 6.4, tabel 11).

3.5 Mijten

Op perceel AADP zijn geen verschillen gevonden in het totaal aantal mijten, het aantal mijten per specifieke ordes, tussen de bemestingen en controle onderling en tussen de jaren binnen de bemesting en controle. In de mix bemesting zijn in totaal de meeste mijten gevonden. Het grootste deel van de mijten is gevonden in het najaar van 2022 (bijlage 6.5, tabel 12).

Op perceel Berghem zijn geen verschillen gevonden in het totaal aantal mijten en het aantal mijten per specifieke ordes. Ook zijn er geen verschillen aangetroffen tussen de jaren binnen de bemestingen en controle. Alle mijten op perceel Berghem zijn gevonden in 2018 (bijlage 6.5, tabel 13).

In totaal zijn er op perceel Geit de meeste mijten verzameld bij de bemestingen mix en insectensubstraat, maar dit bleken er niet significant meer te zijn dan bij de controle. Ook zijn hier geen significante verschillen aangetroffen in de aantallen per orde tussen de bemestingen en controle of over de jaren binnen de besmettingen en controle (bijlage 6.5, tabel 14).

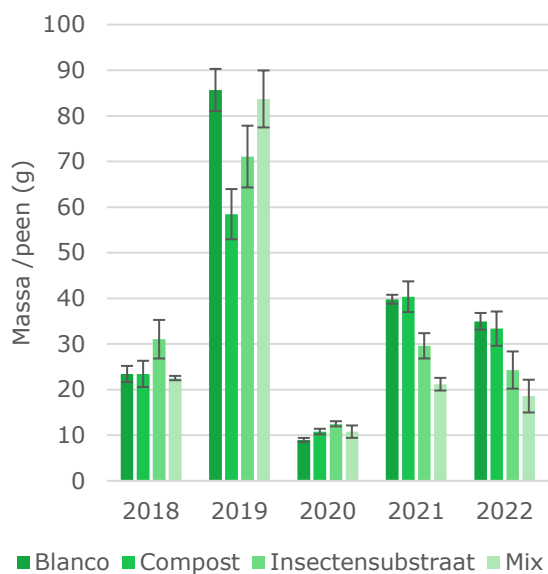
3.6 Regenwormen

Op perceel AADP zijn geen verschillen gevonden in het aantal regenwormen tussen de bemestingen en controle onderling. De gevonden regenwormen waren voornamelijk bodembewoners. Het aantal bodembewoners bij de bemesting mix werden er in het voorjaar van 2019 meer aangetroffen ten opzichte van het voorjaar van 2018 en 2022 (bijlage 6.6, tabel 15)

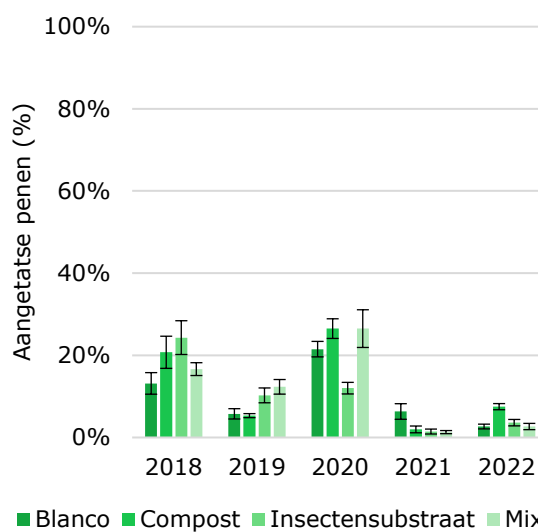
Op perceel Berg en Geit zijn geen verschillen in het aantal regenwormen tussen de bemestingen en controle onderling en tussen de jaren. Op perceel Berg werden enkele bodembewoners gevonden en op perceel Geit was deze groep ook het meest vertegenwoordigd (bijlage 6.6, tabel 16 & 17).

3.7 Peenopbrengst en -schade

Tussen de bemestingen en controle zijn geen verschillen gevonden in het gewicht per peen en het percentage aangetaste penen. Het gewicht per peen was in 2019 bij alle bemestingen en controle hoger dan alle andere jaren ($p > 0,05$) met een gemiddelde van 73 gram per peen (figuur 12 & 13). In 2020 was het gewicht per peen bij alle bemestingen en controle het laagst ($p < 0,05$). Ook het percentage A-klasse penen was bij alle bemestingen en controle het laagst in 2020, lager dan in 2019, 2021 en 2022 ($p < 0,05$). In 2021 en 2022 was het percentage A-klasse wortels het hoogst, respectievelijk 97% en 96%. Bij een hogere EGV werd een hoger gewicht per peen gemeten ($p < 0,05$ en $\rho = 0,841$).



Figuur 12: Gemiddelde massa/peen. Foutbalken geven de standaard fout weer.



Figuur 13: Gemiddeld percentage aangetaste penen. Foutbalken geven de standaard fout weer.

5. Discussie

Gedurende de vijfjarige bodemmonitoring van het effect van het toevoegen van de organische reststromen compost, insectensubstraat, mix van compost en insectensubstraat en de controle geen bemesting op organisch stof (OS) op het perceel 'Agro As de Peel' (AADP), zijn er verschillen gevonden tussen de jaren, maar niet tussen de bemestingen en controle onderling. Hieruit blijkt dat andere factoren zoals weersomstandigheden, grondbewerking en het gewas van meer invloed zijn geweest dan de bemesting zelf. Bovendien is de opbouw van het OS in de bodem een langzaam proces waarvan het effect pas op lange termijn zichtbaar is. Uit de literatuur blijkt dat onderzoeken over de opbouw van OS op een termijn van meer dan 10 jaar uitgevoerd moeten worden om effecten aan te tonen (Diacono & Montemurro, 2010). Daarnaast is het belangrijk om meerdere maatregelen te treffen die bijdragen aan het verhogen van het OS zoals het telen van groenbemesters en niet-kerende grondbewerking (Jakab et al., 2023; Magdoff & Es van, 2021).

Op perceel Berg werd in 2019 wel een toename in OS gemeten bij de bemestingen compost en een mix van compost en insectensubstraat, wat meer in lijn der verwachting ligt. Daarna is er niet meer dezelfde hoeveelheid bemesting toegediend omdat (bijlage 2) (de Weert et al., 2020a; Hanegraaf et al., 2021a) deze in strijd was met de fosfaatlimieten (Bron et al., 2018; de Weert et al., 2020; Hanegraaf et al., 2021a; RVO, 2023c). Vanaf 2020 is de hoeveelheid toe te dienen insectensubstraat nogmaals verlaagd vanwege de hoge fosfaat/OS verhouding door een verandering in het product. Hierdoor is de hoeveelheid effectief OS, de hoeveelheid OS die na een jaar nog aanwezig is, onvoldoende geweest om het OS-gehalte te behouden in de bemestingen insectensubstraat en mix (bijlage 2) (de Weert et al., 2020a; Hanegraaf et al., 2021a) (Bron et al., 2018; Kuipers, 1981). De hoeveelheid effectief OS was wel voldoende in de behandeling met compost om het OS-gehalte te behouden of te verhogen. Vanwege de hogere concentratie fosfaat in het insectensubstraat ten opzichte van compost en de huidige fosfaat limieten, is insectensubstraat niet geschikt om toe te passen met als doel het OS te verhogen (Hanegraaf et al., 2021). Eerder onderzoek toont aan dat compost bijdraagt aan het OS in de bodem, wat het resultaat op perceel Berg ook impliceert. Om het OS te verhogen kan in vervolgonderzoek meer OS aangevoerd worden. Slechts 25% van de hoeveelheid fosfaat en 10% van de hoeveelheid stikstof uit compost telt mee voor de mestboekhouding waardoor het mogelijk is om grote hoeveelheden keurcompost uit sloot- en bermmaaisel aan te voeren (RVO, 2023b). Bij de maximale fosfaatgift van 50kg/ha mag er 200 kg/ha fosfaat uit compost aangevoerd worden. Dit betekent dat van de keurcompost gebruikt in dit onderzoek 62,5 ton/ha toegepast zou mogen worden, waarmee 10 ton/ha EOS aangevoerd wordt. De gebruiksnorm van 50 kg/ha stikstof voor bospeen wordt hiermee niet overschreden (RVO, 2023a). Alhoewel bemesten met enkel compost niet gebruikelijk is en de financiële haalbaarheid van het toepassen van deze hoeveelheden compost nog niet geëvalueerd is, zou het een goede manier kunnen

zijn om het OS te verhogen en tevens het bodemvoedselweb te voeden waardoor planten minder schade ondervinden van nematoden, waaronder *P. penetrans* (Wildmer et al., 2002).

Het aantal *P. penetrans* verschilt niet tussen de bemestingen en controle, behalve in het najaar van 2022 waar minder *P. penetrans* werd gevonden bij bemesting met compost of insectensubstraat ten opzichte van de controle. Er is echter geen trend waargenomen in de afname van *P. penetrans* en het zal over een langere periode gemonitord moeten worden om te zien of dit zich zal voortzetten. In 2018 werden hogere aantallen *P. penetrans* gevonden in vergelijking met andere jaren ondanks dat er vijf jaar achtereen peen werd geteeld, een waardplant van *P. penetrans*. Op het perceel werd voorafgaand aan dit onderzoek maïs geteeld, een waardplant waarop *P. penetrans* zich sterker vermeerderd dan op peen, wat de hoge aantallen in 2018 verklaart (Florini & Loria, 1990; Brommer et al., 2001). Daarnaast was de temperatuur in 2018 gedurende het teeltseizoen hoger dan in de meeste andere jaren (bijlage 4) (KNMI, 2023b), waarbij *P. penetrans* zich sneller heeft kunnen vermeerderen (Mizukubo & Adachi, 1997). De mate van schade en aanwezigheid van *P. penetrans* wordt niet beïnvloed door het toevoegen van organische reststromen in deze hoeveelheden. Om schade en de populatie te beperken is het belangrijk om in de gewasrotatie waardplanten zoals peen af te wisselen met slechtere waardplanten zoals biet (Leendert Molendijk, 2023). Het opnemen van afrikaantjes, *Tagetes patula*, in de gewasrotatie zorgt ervoor dat wortellessienematoden sterk en langdurig verminderd worden (Visser et al., 2015). Daarnaast wordt *T. patua* ondergewerkt in de bodem waardoor het bijdraagt aan het OS en de bodemstructuur (Leeuwen-Haagsma et al., 2019).

Men zou verwachten dat er een correlatie zit tussen de aantallen van *P. penetrans* en de schade aan en het gewicht van de peen. Echter was in 2020 de peenschade het hoogst en lag het gemiddeld gewicht per peen met 11 gram ruim onder de sorteringsvoorschriften van 30-50g (Buishand & Snoek, 1982), ondanks dat *P. penetrans* talrijker was in 2018. Het was zeer droog in het voorjaar van 2020, waardoor de peen niet opkwam en er opnieuw werd gezaaid in juli en de peen ontwikkeling later in het seizoen plaatsvond. Daarbij werd een toename *T. similis* waargenomen, een nematode die goed gedijt in natte en koele omstandigheden in het najaar wat tot een toename in schade geleid heeft. Daarnaast waren er in het voorjaar van 2020 onvoldoende nutriënten aanwezig, gezien het gemeten lage EGV. De hoeveelheid, het type bemesting en weersomstandigheden hebben invloed op het vrijkomen van nutriënten uit OS. Hoge temperaturen zorgen voor snellere mineralisatie en wanneer bij droogte minder water in de bovenste lagen zit zijn nutriënten niet beschikbaar voor de plant en spoelen snel uit na een regenbui of beregening en het EGV daalt (Carmo et al., 2016). Doordat de plant minder nutriënten tot zijn beschikking heeft was deze gevoeliger voor *T. similis* en kon zich minder goed ontwikkelen wat terug te zien is in de schade door nematoden en het gewicht per peen.

Als gevolg van de hoge bemesting in 2018 werd in 2019 een hogere EGV gemeten dan in andere jaren en was er een hogere opbrengst. Bovendien is de zuurgraad (pH) belangrijk voor de beschikbaarheid en opname van nutriënten. Een optimale pH voor de teelt van bospeen ligt tussen de 6-6,5 (Buishand & Snoek, 1982). Door de hoge aanvoer van OS in 2018 waren er veel nutriënten beschikbaar en

verhoogde de zuurgraad van lager dan 5,38 in 2018 naar 5,96 in 2019 (Asseffa, 2019), waardoor in 2019 nutriënten beter beschikbaar kwamen in het bodemvocht waardoor het EGV ook verhoogd is. Hierdoor had de peen een gemiddeld gewicht van 73 gram/peen, wat ruim boven de sorteringsvoorschriften voor bospeen ligt (Buishand & Snoek, 1982).

6. Conclusie & aanbevelingen

Op basis van de resultaten is het niet mogelijk om een effect van de organische reststromen op het OS en de nematodendruk aan te tonen. Echter, in het eerste jaar op perceel Berg leidde bemesting met compost tot een verhoging van OS. Omdat er in dit jaar sprake was van een hogere dosering van de compost wordt aangeraden om jaarlijks ruim voldoende EOS aan te voeren. Keurcompost uit blad- en sloopmaaisel is hier de meest geschikte organische reststroom voor vanwege de hoge hoeveelheden EOS en een relatief lage hoeveelheid fosfaat waardoor de bemestingswetgeving het toelaat ruimer EOS aan te voeren. Omdat een hogere aanvoer wellicht ook kan leiden tot een hogere afbraak van OS, wordt aanbevolen om meerdere maatregelen te treffen die bijdragen aan de opbouw van het OS en bodemweerbaarheid tegen nematoden, zoals niet-kerende grondbewerking, het telen van groenbemesters en een zorgvuldig gekozen gewasrotatie. Tenslotte wordt, omdat de jaarlijkse invloeden groot bleken, geadviseerd om het OS over een periode van 10 jaar te onderzoeken, om zodoende de jaarlijkse omstandigheden beter te kunnen scheiden van het effect van de organische reststromen op OS en nematodendruk.

Naast de hoeveelheid bemesting en de weersomstandigheden zijn er een aantal onbekende factoren waarmee geen rekening gehouden kon worden, zoals ontbrekende teeltgegevens zoals tijdstip van ploegen, zaaien en de onkruiddruk, tijdstip van monsternamen en andere ontbrekende metadata. Om ervoor te zorgen dat de data verzameling in een vervolgonderzoek op consequente wijze wordt uitgevoerd is het van belang dat deze volgens protocol wordt uitgevoerd en is het belangrijk een duidelijk overzicht te bewaren van alle teeltgegevens en tijdstippen van monsternamen. Daarnaast is een robuuste proefopzet en onderzoeksmethodiek in een langdurig onderzoek naar bodemverbetering van belang. In het huidige onderzoek vielen de percelen Berg en Geit na 2 en 3 jaar af vanwege teeltrotatie en een jaarlijks wisselende pachter. Het is aan te raden om het onderzoek met meerdere herhalingen uit te voeren en/of op meerdere percelen zodat statistische robuustheid vergroot wordt. Daarnaast is het belangrijk om de organische reststromen in een gewarde blokkenproef te testen zodat invloeden van bodem en omgeving beter uitgesloten kunnen worden.

7. Literatuurlijst

Aasman, B., Arends, S., van Beers, T., Hoek, H., Schepel, E., Wolfs, A. & Bossers, A. (2013). Aaltjesmanagement in de akkerbouw. Actieplan Aaltjesbeheersing, Productschap Akkerbouw en LTO Nederland, Zoetermeer.

Asseffa, S. (2019). The Principal Role of Organic Fertilizer on Soil Properties and Agricultural Productivity - A Review. *Agricultural Research and Technology*, 22.

Brommer, E., Beers van, T. G., & Molendijk, L. P. G. (2001). Waardplantgeschiktheid onderzoek *Pratylenchus Penetrans*, PPO nr. 33319. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt, Lelystad.

Bron, R., Kapteijns, T., & Theelen, J. (2018). Bodemonitoringsplan Agro As de Peel. BSc beroepsopdracht, HAS green academy Den Bosch.

Buishand, T. & Snoek, N. J. (1982). Teelt van bos- en waspeen, teelthandleiding nr. 5. Productschap voor Groenten en fruit, Lelystad.

Burakova, A., & Bakšiene, E. (2020). Leaching losses of main nutrients by incorporating organic fertilisers into light texture soils Haplic Luvisol. *Environmental Engineering Research*, 26.

Chavez, M., & Uchanski, M. (2021). Insect left-over substrate as plant fertiliser. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7.

Derkx, R., Doorn van, J., & Wolf der van, J. (2012). Toepassing van elicitors ter verhoging van de plantweerstand, PPO nr. 3236144000. Praktijkonderzoek voor Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit, Lisse.

de Weert, J., Rozemeijer, J., Cinjee, A., van Vlisteren, E., Heinen, M., & de Groot, W. (2020). Bodemverbeterende maatregelen: Pilot met toevoegen organisch stof: onderzoek naar mogelijk nitraatuitspoeling naar het grondwater. Deltares, Delft.

Diacono, M., & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30.

Florini, D. A., & Loria, R. (1990). Reproduction of *Pratylenchus penetrans* on Potato and Crops Grown in Rotation with Potato. *Journal of Nematology*, 22.

Groenedijk, P., Wösten, H., Postma, R., & Ruijtenberg, R. (2019). Water matters. Kennismagazine Voor Waterprofessionals, 4.

Hanegraaf, M., Nienhuis, C., Vervuurt, W., Selin Noren, I., van Geel, W., & de Haan, J. (2021). Kengetallen HC en EOS van organische meststoffen en bodemverbeteraars: Verkenning van oude en nieuwe waarden met het oog op actualisatie, WPR-873. Stichting Wageningen Research, Wageningen.

Huntley, B. J. (2023). Ecology of Angola, Terrestrial Biomes and Ecoregions. Springer International Publishing, Porto.

IPIFF (2022). Factsheets – International Platform of Insects for Food and Feed, Brussels. <https://ipiff.org/factsheets> Geraadpleegd op: 10-2-2023.

Jakab, G., Madarász, B., Masoudi, M., Karlik, M., Király, C., Zacháry, D., Filep, T., Dekemati, I., Centeri, C., Al-Graiti, T., & Szalai, Z. (2023). Soil organic matter gain by reduced tillage intensity: Storage, pools, and chemical composition. Soil and Tillage Research, 226.

Jashothan, J., Thairiyathan, P., & Vengadaramana, A. (2012). Effect of organic fertilizers on the water holding capacity of soil in different terrains of Jaffna peninsula in Sri Lanka. Journal of Natural Products and Plant Resources, 2.

Kamczyc, J., Skorupski, M., Dyderski, M. K., Gazda, A., Hachułka, M., Horodecki, P., Kałucka, I., Malicki, M., Pielech, R., Smoczyk, M., Wierzcholska, S., & Jagodziński, A. M. (2018). Response of soil mites (Acari, mesostigmata) to long-term norway spruce plantation along a mountain stream. Experimental and Applied Acarology, 76.

Kemboi, V., Kipkoech, C., Njire, M., Were, S., Lagat, M., Ndwiga, F., Wesonga, J., & Tanga, C. (2022). Biocontrol Potential of Chitin and Chitosan Extracted from Black Soldier Fly Pupal Exuviae against Bacterial Wilt of Tomato. Microorganisms, 10.

KNMI (2023). Daggegevens van het weer in Nederland. <https://ww.knmi.nl> Geraadpleegd op 22-05-2023.

Kuipers, S. F. (1981). Bodemkunde, 15e druk. Wolters-Noordhoff, Groningen.

Kumar, K. K., & Arthurs, S. (2021). Recent advances in the biological control of citrus nematodes: A review. Biological Control, 157.

Leendert, M. (2023). *Pratylenchus penetrans* in peen. <https://ww.aaltjesschema.nl> Geraadpleegd 29-05-2023.

Leener, G.W. & Uren, N.C. (1993). Soil Science. An Introduction, 5th edition. Melbourne University Press, Melbourne.

Leeuwen-Haagsma, W. K., Hoek, H., Molendijk, L. P. G., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B. M. A., & Groot de, G. A. (2019). *Handboek Groenbemesters 2019*, Wageningen University & Research, Wageningen.

Magdoff, F., & Es van, H. (2021). *Building soils for better crops ecological management for healthy soil*, 4th edition. National Institute of Food and Agriculture, Maryland.

Menta, C., Conti, F. D., Pinto, S., & Bodini, A. (2018). Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. *Ecological Indicators*, 85.

Mizukubo, T., & Adachi, H. (1997). Effect of Temperature on *Pratylenchus penetrans* Development. *Journal of Nematology*, 29.

Newman, M.-A., Sundelin, T., Nielsen, J. T., & Erbs, G. (2013). MAMP (microbe-associated molecular pattern) triggered immunity in plants. *Frontiers in Plant Science*, 4.

Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., & Mozzanica, E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: A new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105.

Provincie Noord-Brabant (z.d.). Vitale Bodem. <https://www.brabant.nl/onderwerpen/water-en-bodem/vitale-bodem> Geraadpleegd op 16-03-2023.

Renčo, M. (2013). Organic amendments of soil as useful tools of plant parasitic nematodes control. *Helminthologia*, 50.

RVO (2023a). Tabel 2 Stikstof landbouwgrond. <https://ww.rvo.nl/onderwerpen/mest/> Geraadpleegd op 03-02-2023.

RVO (2023b). Stimuleren organische stofrijke meststoffen. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/> Geraadpleegd op 04-03-2023.

RVO (2023c). Hoeveel fosfaat landbouwgrond. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/> Geraadpleegd op 04-03-2023.

Sato, K., Kadota, Y., & Shirasu, K. (2019). Plant Immune Responses to Parasitic Nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 10.

Suzuki, S., Noble, A. D., Ruaysoongnern, S., & Chinabut, N. (2007). Improvement in Water-Holding Capacity and Structural Stability of a Sandy Soil in Northeast Thailand. *Arid Land Research and Management*, 21.

Termorshuizen, A. J., & Postma, R. (2021). Effecten van toevoer van organische stof op bodemgezondheid en bodemvruchtbaarheid. Aad Termorshuizen Consultancy en NMI, Doorwerth.

Rottink, A., Termorshuizen, A., Reijneveld, P., van Vliet P., Ketelaar, I. & Hermans, M., (2007). De bodem doorgrond. BLGG, Oosterbeek.

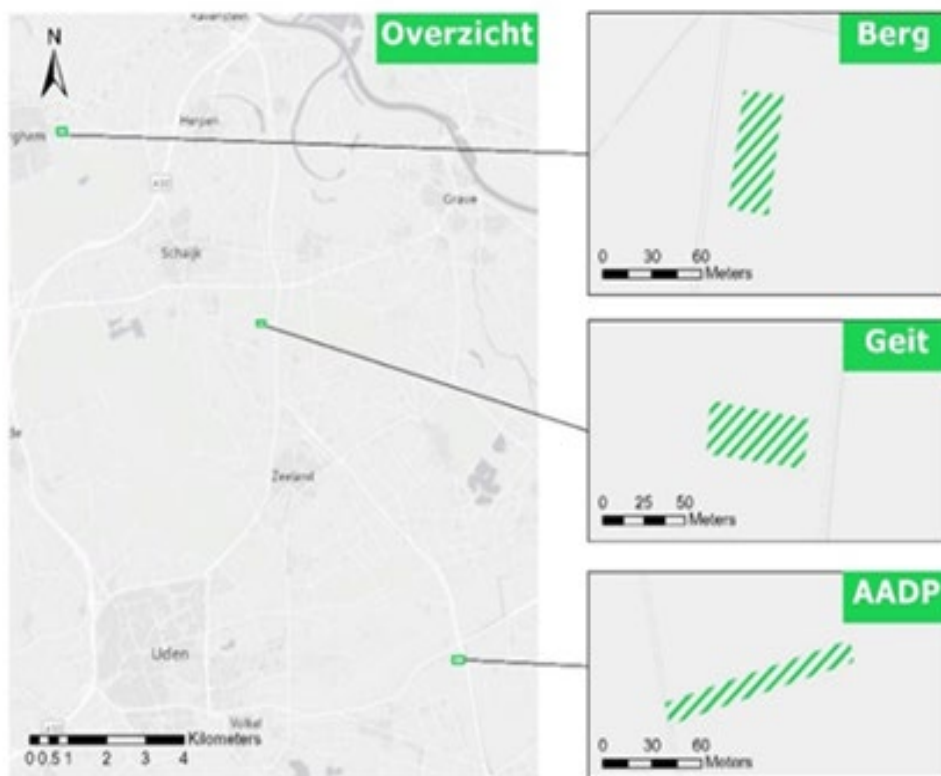
Visser, J., Molendijk, L., & Korthals, G. (2015). Tagetes, ook rendabel voor de akkerbouw! Beter bodembeheer.

Wildmer, T. L., Mitkowski, N. A., & Abawi, G. S. (2002). Soil organic matter and management of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 34.

Willekens, K., & Janmaat, L. (2014). Compost levert complete bemesting. BioKennis bericht Bodemvruchtbaarheid, 5.

Zwart, K. B., Wolfs, A., Kikkert, A., Termorshuizen, A., & Burgt, G. J. H. M. (2013). Sturen van de mineralisatie met kennis over organische stof. <https://www.kennisakker.nl/archief-publicaties/> Geraadpleegd op 05-03-2023.

Bijlage 1: Overzichtskaart onderzoekslocaties



Figuur 1: Overzicht van de ligging van de percelen Berghem (Berg), 'Achter de geitenboer' (Geit) en Agro as de Peel (AADP).

Bron:

Bron, R., Kapteijns, T., & Theelen, J. (2018). Bodemmonitoringsplan Agro As de Peel. BSc beroepsopdracht, HAS green academy Den Bosch.

Bijlage 2: Hoeveelheid toegediende effectieve organisch stof

Tabel 1: De toegediende hoeveelheden meststoffen en de bijbehorende organische stof (OS) en effectief organische stofgehalten (EOS) per jaar. De hoeveelheden worden gegeven in ton/ha. Voor de berekening van het EOS is gebruik gemaakt van een hummificatiecoëfficiënt van respectievelijk 0,29 en 0,89 voor insectensubstraat en compost (Hanegraaf et al., 2021).

	2018			2019			2020			2021			2022		
Hoeveelheid in ton/ha	Product	OS	EOS	Product	OS	EOS	Product	OS	EOS	Product	OS	EOS	Product	OS	EOS
Compost	70	12,1	10,8	26,6	4,6	4,1	26,6	4,6	4,1	26,6	4,6	4,1	26,6	4,6	4,1
Insectensubstraat	31,6	12,1	3,5	12	9,1	2,6	2,4	1,8	0,5	2,4	1,8	0,5	2,4	1,8	0,5
Mix -Compost - Insectensubstraat	35 15,8	12,1	7,2	13,3 6	6,9	3,4	13,3 0,7	2,8	2,2	13,3 0,7	2,8	2,2	13,3 0,7	2,8	2,2

Formule 1: berekening van de benodigde aanvoer Effectief Organische stof in ton per hectare per jaar ($EOS_{aanvoer}$) om het huidige organische stofgehalte te behouden

$$(1) \quad EOS_{aanvoer} = 2500 * \rho_b O_v d_j$$

Hier is ρ_b de dichtheid van de bouwvoor in Mg/m^3 , O_v de fractie organische stof van de bouwvoor, d_j de fractie van de voorraad organische stof in de bouwvoor afgebroken in een jaar. Met een bouwvoordikte van 25 centimeter (Kuipers, 1981), een gemiddelde dichtheid van $1,4 Mg/m^3$ (Kuipers, 1981), voorraad organisch van 2,9 -3,3 % (Bron et al., 2018) en een afbraak van 0,02 per jaar (Kuipers, 1981) komt dit uit op een benodigde aanvoer van 2,0 – 2,3 ton EOS/hectare/jaar om het organische stofgehalte op peil te houden.

Bron:

Hanegraaf, M., Nienhuis, C., Vervuurt, W., Selin Noren, I., van Geel, W., & de Haan, J. (2021). Kengetallen HC en EOS van organische meststoffen en bodemverbeters : Verkenning van oude en nieuwe waarden met het oog op actualisatie, WPR-873. Stichting Wageningen Research, Wageningen.

Bijlage 3: Uitvoering protocollen

Tabel 2: Overzicht tijdstippen van monsternamen en controle uitgevoerd volgens protocollen. Een leeg vak betekent dat er geen informatie beschikbaar was.

Protocol	2018	2019	2020	2021	2022
Veriscan	09-03-2018				
Uitzetten perceel	Uitgevoerd volgens protocol			Plot mix 1 afgevallen.	Plot blanco 4 afgevallen.
Monstername aaltjes analyse	17-04-2018 29-10-2018	29-04-2019 10-10-2019	14-04-2020 22-12-2020	Niet (vanwege sneeuw) 05-10-2021	25-04-2022 01-11-2022
Monstername chemische analyses	24-4-2018	22-3-2019	04-05-2020 08-05-2020		25-04-2022 01-11-2022
Bepaling van geleidbaarheid (EGV)	Uitgevoerd in laboratorium	Uitgevoerd volgens protocol		Niet gemeten	Uitgevoerd volgens protocol
Bepaling van de zuurgraad (pH)	Uitgevoerd in laboratorium	Uitgevoerd volgens protocol		Niet gemeten	Uitgevoerd volgens protocol
Monstername bodemleven	24-4-2018	Onbekend	Niet vanwege droogte	Niet vanwege sneeuw	11-11-2022 (Taartblik)
Determinatie bodemleven	Volgens protocol				

Protocol	2018	2019	2020	2021	2022
Ploegen	AADP: 29-4-2018 Frezen: 20-12-2018	april-2019	mrt-2020	Onbekend	mei-2022
Bemesting	Alle bemestingen afgesteld op 12,1 Mg/ha OS	Verlaging voor iedere meststof vanwege strijd met fosfaatwetgeving	Insecten substraat en mix bemestingen verminderd vanwege overstap naar fosfaatrijkere pellets	Geen verandering	Geen verandering
Datum:	mei-2018	26-4-2019	30-03-2020 17-04-2020	Onbekend	10-6-2022
Zaaien	mei/juni-2018	Onbekend	07-2020	Onbekend	Onbekend
Oogsten en gewascontrole (perceel AADP)	Met- en zonder loof gewogen, gewasresten overgebleven 20-12-2018 kapotgefreesd.		50 penen per plot geoogst (vanwege lage opbrengst)		50 penen omdat (bij minder dan 50 waren er niet meer)
Datum:	26-09-2018		12-10-2020		11-11-2022

Bijlage 4: Weeromstandigheden

Tabel 3 Weeromstandigheden. T staat voor gemiddelde dagtemperatuur in graden Celsius. ESN staat voor etmaalsom neerslag in millimeter (KNMI, 2023).

Maand	Gemiddelde 1972 -2022		2018		2019		2020		2021		2022	
	T	ESN	T	ESN	T	ESN	T	ESN	T	ESN	T	ESN
1	3,5	1,6	5,5	2,8	2,8	1,4	5,7	0,9	3,1	2,9	4,7	1,5
2	3,5	1,4	0,1	0,5	5,9	1,6	6,9	5,0	4,0	2,3	6,5	4,0
3	6,1	1,4	4,7	1,8	8,0	2,6	6,8	2,1	6,6	1,2	7,3	0,5
4	9,1	1,1	12,6	2,3	10,8	0,4	11,6	0,3	6,7	1,2	9,4	1,3
5	13	1,3	16,7	1,5	12,0	0,5	13,5	0,4	11,6	2,3	15,0	1,2
6	15,9	1,4	17,8	1,0	19,0	1,9	17,9	4,7	18,8	3,1	17,7	3,3
7	17,8	1,4	21,6	0,1	19,4	0,5	17,3	1,3	18,1	2,0	19,2	0,6
8	17,6	1,3	19,2	2,8	19,1	1,7	20,7	1,1	17,0	1,5	21,0	0,2
9	14,5	1,5	15,0	1,1	14,8	1,4	15,6	1,5	15,9	1,7	14,9	4,1
10	10,8	1,6	12,0	1,1	11,8	2,5	11,4	2,6	11,4	2,5	13,5	0,6
11	6,8	1,8	6,4	1,0	6,1	1,8	8,6	0,9	6,3	1,3	8,7	1,8
12	4,2	1,7	5,7	3,0	5,5	1,7	5,4	2,2	5,3	1,4	3,9	3,1

Bron:

KNMI (2023). Daggegevens van het weer in Nederland. <https://ww.knmi.nl> Geraadpleegd op 22-05-2023

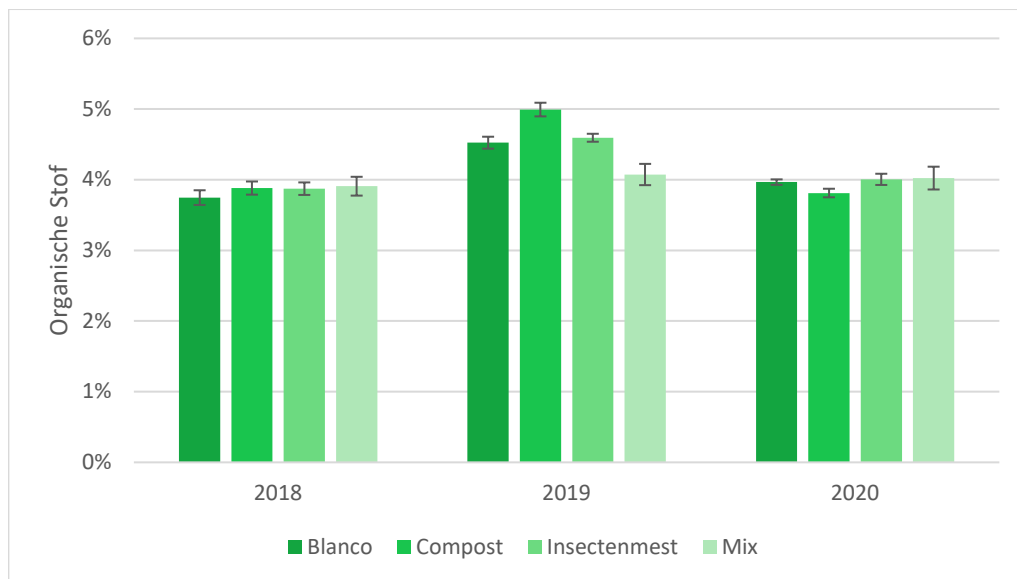
Bijlage 5: Statistiek

Tabel 4: Overzicht van de statistische toetsen per parameter van de bodemmonitoringsanalyse. De toetsen worden als volgt afgekort: OWA = One Way ANOVA; RMA= Repeated measures ANOVA; KW=Kruskal Wallis; WSRT = Wcoxon Signed Rank test; FM = Friedman

	Eenheid		Per jaar	Vershil over de jaren
			<i>Tussen bemestingen</i>	
OS	%	Ratio	KW	KW-WSRT
DS	%	Ratio	OWA	RMA
pH	Log	Ratio	OWA – Tukey	RMA
EGV	µS/cm	Ratio	OWA – Tukey	RMA
Nem_overig_vj	Aantal/ml	Ratio	KW	FM – WSRT
Nem_overig_nj	Aantal/ml	Ratio	KW	FM – WSRT
Nem_WL_vj	Aantal/ml	Ratio	KW	FM – WSRT
Nem_WL_nj	Aantal/ml	Ratio	KW	FM – WSRT
Nem_penetrans_vj	Aantal/ml	Ratio	KW	FM – WSRT
Nem_penetrans_nj	Aantal/ml	Ratio	KW	FM – WSRT
Mijten	Aantal/volume-eenheid	Ratio	KW	KW
Springstaarten	Index	Ordinaal	KW	KW
Regenwormen	Aantal/volume-eenheid	Ordinaal		
Peengewicht	Kg	Ratio	KW	FM – WSRT
Opbrengst klasse A	%	Ratio	KW	FM – WSRT

Bijlage 6: Uitgebreide grafieken en tabellen

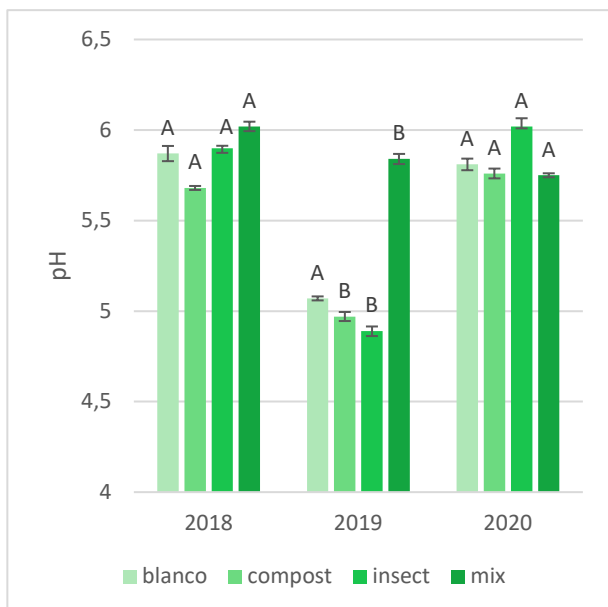
6.1 Organisch stof



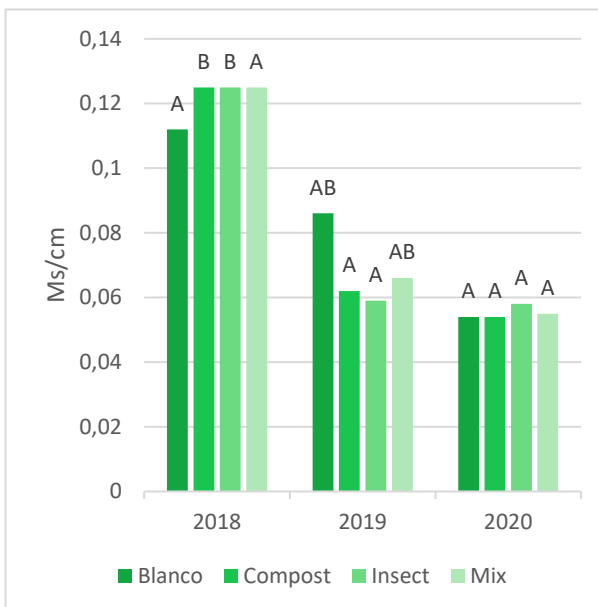
Figuur 2: Gemeten organische stofgehaltenes in perceel Geit. De foutbalken geven de standaardfout aan.

6.2 Zuurgraad & elektrisch geleidingsvermogen

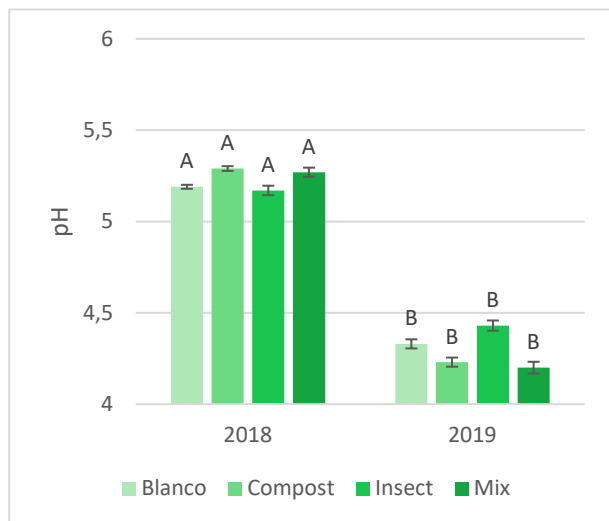
In figuur 4 is van perceel Berghem de significante verschillen weergegeven van de pH en de EGV. In figuur 5 is van perceel Geit de significante verschillen weergegeven van de pH en de EGV.



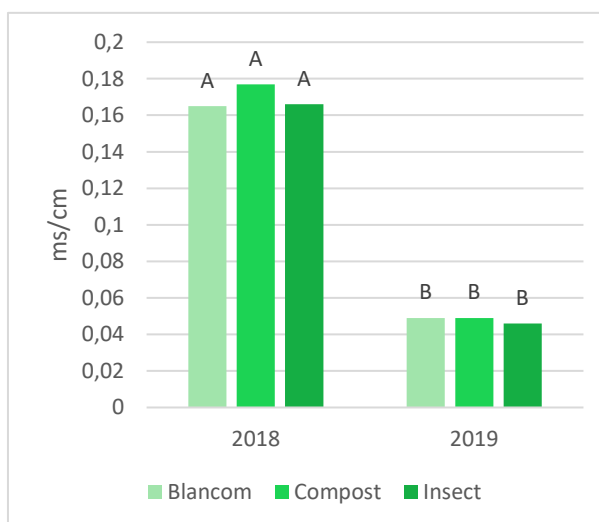
Figuur 3: De gemiddelde zuurgraad per jaar van perceel Berghem. De significanties per bemestingen tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De balken geven de standaardfout weer.



Figuur 4: Het gemiddelde elektrisch geleidingsvermogen in mS/cm van perceel Berghem. De significanties per bemesting tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De balken geven de standaardfout weer.



Figuur 5: De gemiddelde zuurgraad per jaar van perceel Geit. De significanties per bemestingen tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De balken geven de standaardfout weer.

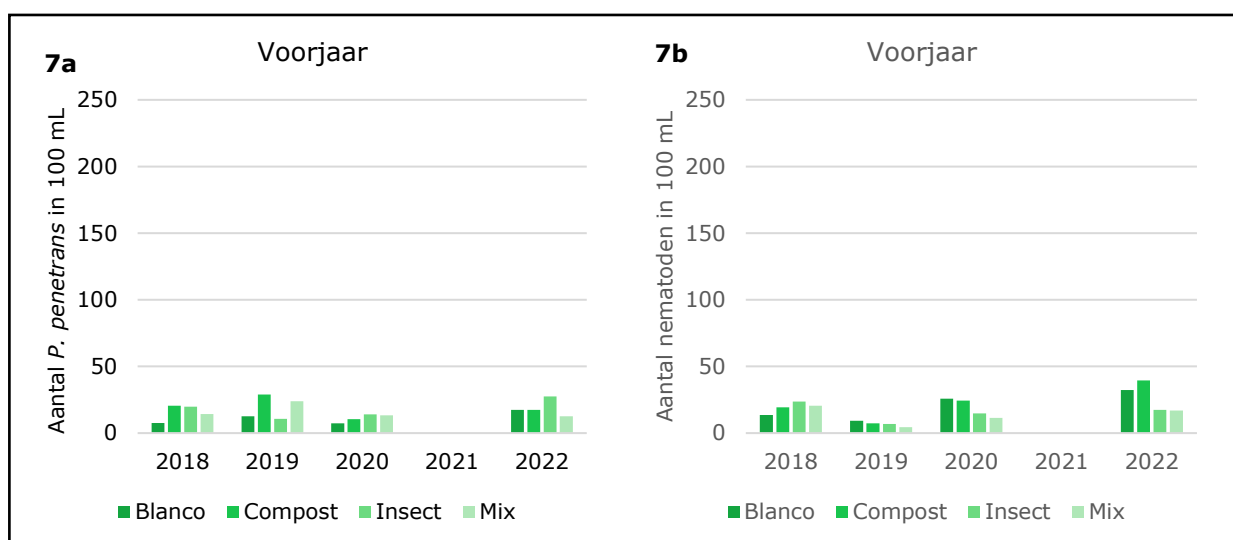


Figuur 6: Het gemiddelde elektrisch geleidingsvermogen in mS/cm van perceel Geit. De significanties per behandeling tussen de jaren zijn weergegeven met letters. De balken geven de standaardfout weer.

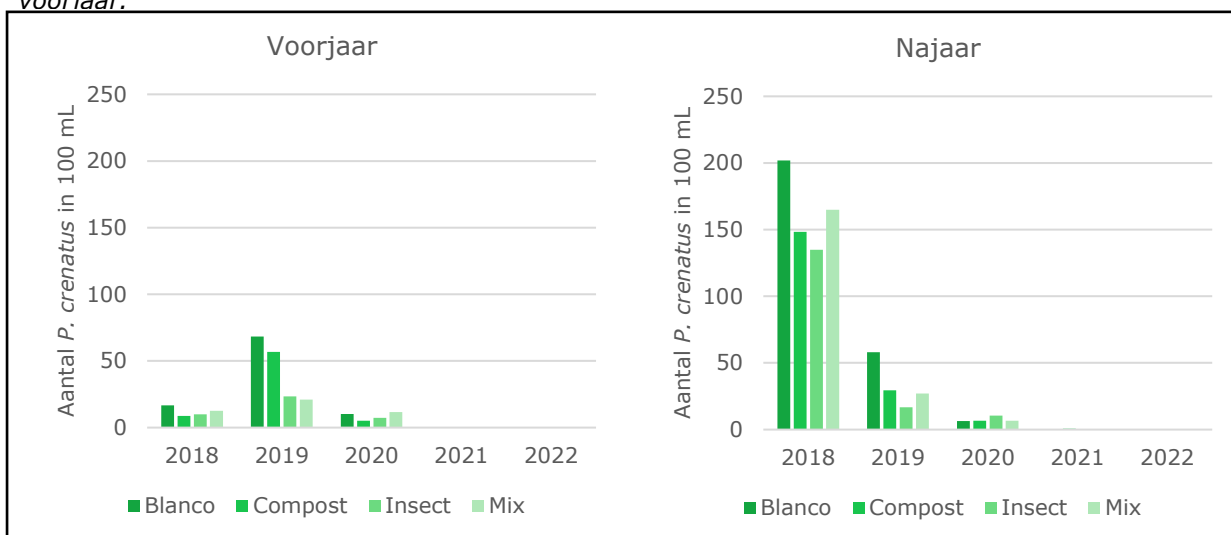
6.3 Nematoden

Tabel 7: Gemiddeld aantal nematoden in 100 mL op perceel AADP.

	Aantallen per jaar	2018	2019	2020	2021	2022	Totaal:
Wortel- nematoden	<i>Pratylenchus crenatus</i>	87	37	8	0	0	132
	<i>Pratylenchus neglectus</i>	0	1	0	0	0	1
	<i>Pratylenchus thornei</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Pratylenchus vulnus</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Pratylenchus. penetrans</i>	93	23	21	23	23	182
Virus overdragende wortel- nematoden	<i>Paratrichodorus nanus</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Paratrichodorus pachydermus</i>	0	1	4	9	5	18
	<i>Paratrichodorus teres</i>	0	0	2	3	2	7
	<i>Trichodorus primitivus</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Trichodorus similis</i>	11	7	28	12	13	71
	<i>Trichodorus viruliferus</i>	0	0	1	1	0	1
	<i>Trichodorus spp.</i>	0	0	0	0	0	0



Figuur 7: (a) Gemiddeld aantal *Pratylenchus penetrans* en (b) *Trichoride* soorten in 100 ml in het voorjaar.



Figuur 8: Gemiddeld aantal *P. crenatus* in 100 mL per jaar en seizoen

6.4 Springstaarten

Tabel 9: Gevonden springstaarten uit perceel AADP, ingedeeld in eco-morfo types. Hier geeft 'nj' of 'vj' aan of de monsternaam in respectievelijk het voojaar of najaar is uitgevoerd.

jaar	Bemesting	Epedaphische	Hemiedaphische	Eudaphische	Totaal
2018 (vj)	Blanco	0	0	0	0
	Compost	0	0	0	0
	Insectensubstraat	0	6	0	6
	Mix	1	2	0	3
2019 (vj)	Blanco	5	0	5	10
	Compost	3	0	8	11
	Insectensubstraat	6	0	4	10
	Mix	3	0	6	9
2022 (vj)	Blanco	5	0	0	5
	Compost	0	0	0	0
	Insectensubstraat	2	0	0	2
	Mix	0	0	0	0
2022 (nj)	Blanco	0	151	1639	1790
	Compost	0	39	320	359
	Insectensubstraat	0	119	242	361
	Mix	8	233	256	497

Tabel 10: Gevonden springstaarten uit perceel Berg, ingedeeld in eco-morfo types.

Jaar	Bemesting	Epedaphische	Hemiedaphische	Eudaphische	Totaal
2018	Blanco	0	3	0	3
	Compost	0	2	0	2
	Insectensubstraat	0	1	0	1
	Mix	0	19	0	19

Tabel 11: Gevonden springstaarten uit perceel Geit, ingedeeld in eco-morfo types.

Jaar	Bemesting	Epedaphische	Hemiedaphische	Eudaphische	Totaal
2018	Blanco	0	0	0	0
	Compost	0	0	0	0
	Insectensubstraat	0	0	0	0
	Mix	2	15	4	21
2019	Blanco	3	0	5	8
	Compost	4	0	9	13
	Insectensubstraat	6	0	5	11
	Mix	0	0	6	6

6.5 Mijten

Tabel 12: Gevonden mijten gemeenschap op perceel AADP. Hier geeft 'nj' of 'vj' aan of de monsternamen in respectievelijk het voorjaar of najaar is uitgevoerd.

Jaar	Bemesting	Astigmata	Mesostigmata	Oribatida	Prostigmata	Overig	Totaal
2018 (vj)	Blanco	1	0	0	2		3
	Compost	1	0	0	0		1
	Insectensubstraat	2	2	0	1		5
	Mix	0	0	0	0		0
2019 (vj)	Blanco	0	1	1	1		3
	Compost	1	1	0	2		4
	Insectensubstraat	1	0	1	0		2
	Mix	0	1	0	1		2
2022 (vj)	Blanco	0	0	0	0	3	3
	Compost	0	0	0	0	0	0
	Insectensubstraat	0	0	0	0	106	106
	Mix	0	0	0	0	57	57
2022 (nj)	Blanco	2653	535	52	88		3328
	Compost	1032	63	197	35		1327
	Insectensubstraat	2368	396	54	21		2839
	Mix	2898	400	95	42		3435

Tabel 13: Gevonden mijten gemeenschap op perceel Berg.

	Behandeling	Astigmata	Mesostigmata	Oribatida	Prostigmata	Totaal
2018	Blanco	1	8	0	1	10
	Compost	6	11	0	0	17
	Insectensubstraat	0	3	0	0	3
	Mix	25	8	0	0	33
	Grand Total	32	30	0	1	63

Tabel 14: Gevonden mijten gemeenschap op perceel Geit.

	Behandeling	Astigmata	Mesostigmata	Oribatida	Prostigmata	Totaal
2018	Blanco	0	1	0	2	3
	Compost	34	3	0	1	38
	Insectensubstraat	10	5	0	1	16
	Mix	6	101	0	13	120
2019	Blanco	8	8	1	3	20
	Compost	7	1	1	4	13
	Insectensubstraat	5	8	0	0	13
	Mix	2	5	0	3	10

Tabel 15: Regenwormen verzameld op perceel AADP in aantal wormen/m³

Jaar & bemesting	Pendelaars	Strooiselbewoners	Bodembewoners
2018			
Blanco	0	0,004	0,004
Compost	0	0	0,002
Insectenmest	0	0	0
Mix	0	0	0
2019			
Blanco	0	0	0,012
Compost	0	0	0,002
Insectensubstraat	0	0	0,006
Mix	0	0	0,014
2022 (vj)			
Blanco	0	0	0
Compost	0	0	0
Insectensubstraat	0	0	0
Mix	0	0	0
2022 (nj)			
Blanco	0	0	0
Compost	0	0,002	0
Insectenmest	0	0	0,002
Mix	0	0	0,002

Tabel 16: Regenwormen verzameld op perceel Berg in aantal wormen/m³

Jaar & bemesting	Pendelaars	Strooiselbewoners	Bodembewoners
2018			
Blanco	0	0	0
Compost	0	0	0,003
Insectenmest	0	0	0
Mix	0	0	0,003

Tabel 17: Regenwormen verzameld op perceel geit in aantal wormen/m³

Jaar & bemesting	Pendelaars	Strooiselbewoners	Bodembewoners
2018			
Blanco	0	0,003	0,003
Compost	0	0,011	0
Insectenmest	0	0,003	0,003
Mix	0	0,003	0,003
2019			
Blanco	0	0	0,016
Compost	0	0	0,005
Insectensubstraat	0	0	0,005
Mix	0	0	0,008

Bijlage 7: Factsheet bodemmonitoringsanalyse

Bodemverbetering met organische reststromen op droge zandgronden

Het belang van een gezonde bodem

Door een laag organisch stofgehalte zijn de zandgronden van Noord-Brabant droog en nutriënt arm. Daarnaast brengt het aaltje *Pratylenchus penetrans* veel schade aan veel gewassen. Om dit te voorkomen kunnen organische reststromen zoals compost of insectensubstraat ingezet worden.

Provincie Noord-Brabant heeft in samenwerking met AgroProeftuin de Peel, HAS green academy en de ondernemers Protix BV, Tuinbouwbedrijf Jonkergouw en Van Berkel Groep een **vijfjarige bodemmonitoring** opgezet (2018-2022). Met als doel te onderzoeken wat het effect is van organische reststromen op het organisch stofgehalte en de nematodendruk op droge zandgronden in de teelt van bospeen. Elk jaar werden er bodemproeven gedaan om onderstaande eigenschappen te bepalen.

Insectensubstraat is een reststroom uit de insectenkweek en bestaat uit uitwerpselen van gekweekte insecten, reststromen van de tuinbouw en vervellingen.

Compost is een reststroom die bestaat uit gecomposteerd groenafval, maaisel, blad en gras.

Organisch stof verbetert de bodemkwaliteit doordat deze het bodemleven voed, de water-, nutriënthuishouding en structuur verbetert.

Conclusie

In dit onderzoek is over het algemeen weinig verschil tussen de gemeten parameters te verklaren met de bemesting compost en insectensubstraat. Om de bodemkwaliteit te verbeteren is er **méér** dan **één** maatregel nodig aangezien bodemprocessen complex zijn en afhankelijk van vele factoren.

- Tijd

Opbouw van organische stof is een langzaam proces waarvan het effect meestal pas op lange termijn (>10 jaar) zichtbaar is.

- Grondbewerking

Niet-kerende grondwerking houdt de bodemstructuur en het bodemleven beter in stand, en zorgt voor minder snelle afbraak van organische stof.

- Gewasrotatie

Door het afwisselen van gevoelige- en minder gevoelige gewassen blijft de schade van aaltjes beperkt. Het telen van een groenbemester heeft ook positieve effecten op plagen en draagt bovendien bij aan opbouw van organisch stof.

Resultaat: Organisch stof

In de relatief korte periode van 5 jaar is er geen verhoging van het organisch stof aangetoond, ook niet na verandering in wetgeving waardoor er te weinig organisch stof toegevoegd is om het te verhogen.

De opbouw heeft tijd nodig en is afhankelijk van actieve maatregelen zoals organisch stof toevoegen doormiddel van teeltwisseling en groenbemester, en passieve maatregelen zoals weeromstandigheden

Resultaat: Aaltjes

Er zijn weinig verschillen in aantallen aaltjes gevonden tussen de bemesting compost en insectensubstraat. De aanwezigheid van aaltjes lijkt sterk afhankelijk van externe factoren zoals het gewas, temperatuur en moment van zaaien.



Resultaat: Opbrengst

De opbrengst van peen was in 2019 het hoogst, vanwege de hoge beschikbaarheid van nutriënten door de hoge toevoeging van organische reststromen in 2018. In de latere jaren is de hoeveelheid toegediende meststoffen verlaagd, wat terug te zien is in de lagere opbrengst.

HAS
green
academy

PROTIX

**AGRO
PROEFTUIN**

van Berkel de Peel

**Tuinbouwbedrijf
Jonkergouw**

