



CIRCULAIR  
TERREINBEHEER

# Workshop Bodemgezondheid meten

19 juni 2023

Gerard Korthals (WUR)

Eline Keuning (Bioclear Earth)

Bob Klein Lankhorst (Royal Eikelkamp)

Kees van den Dool (NMI)

Silko Mergenthal (Ministerie van IenW)

Jan Willem Berendsen (LIFE CO2SAND)

# Hoe meet en manipuleer je Bodemgezondheid?

*Gerard Korthals, Viola Kurm, Pella Brinkman, Johnny Visser et al.*



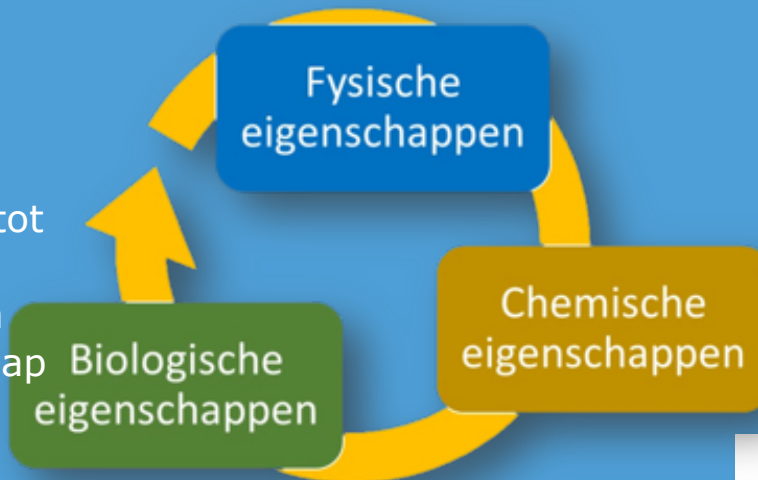
# De Bodem als levend organisme - het 'ecosysteem bodem'



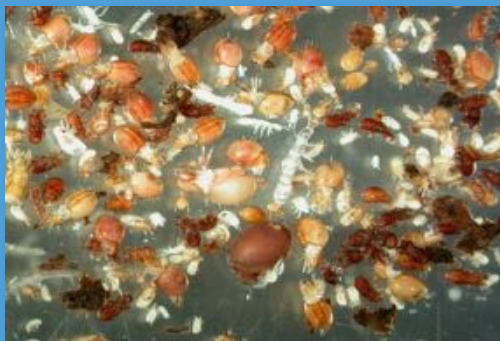
- Goede bodemstructuur
- Beluchting
- Water transport en opslag
- Erosie bestendigheid
- Toegankelijk voor plantwortels en bodem organismen



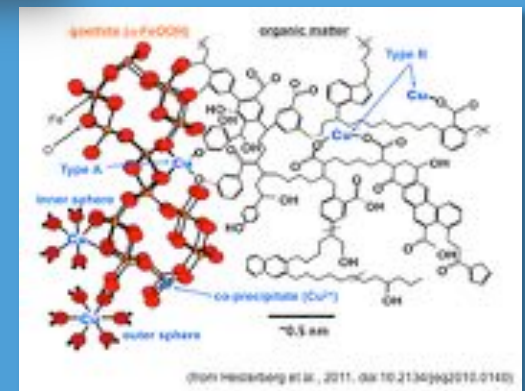
- Opslag en afbraak en van organische stof
- Transformatie en toegang tot nutriënten
- Onderdrukking van ziekten
- Volledige, rijke gemeenschap van micro-organismen



- Opslag, omzetting en afgifte van nutriënten
- Voorkomen van Verzouting en verontreinigingen
- Opslag van energie (C)



**De drie velden Fysisch, Biologisch en Chemisch zijn innig met elkaar verweven en afhankelijk van elkaar**



# Wat meten we? Nieuwe kennis m.b.t. bodembioologie:

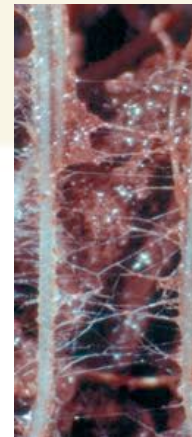
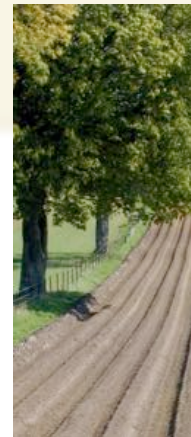
- Bodemfuncties
  - Potentieël mineraliseerbare stikstof
  - Bodemademhaling (potentiële C mineralisatie)

- Bodemfauna
  - Aaltjes
  - Regenwormen



- Micro-organismen
  - Schimmelbiomassa (microscopisch)
  - Bacteriebiomassa (microscopisch)
  - Ergosterol
  - PLFA

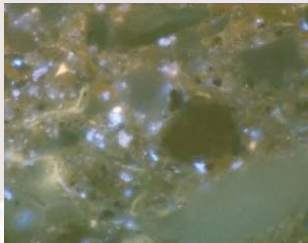
- Visuele bodembeoordeling



Bron afbeelding: *European Atlas of Soil Biodiversity*

# Micro-organismen

## Bacteriën



### Indicator voor:

- Snelle omzetting organische stof
- Bodem structuur
- Ziektewering
- N uitspoeling

## Schimmels

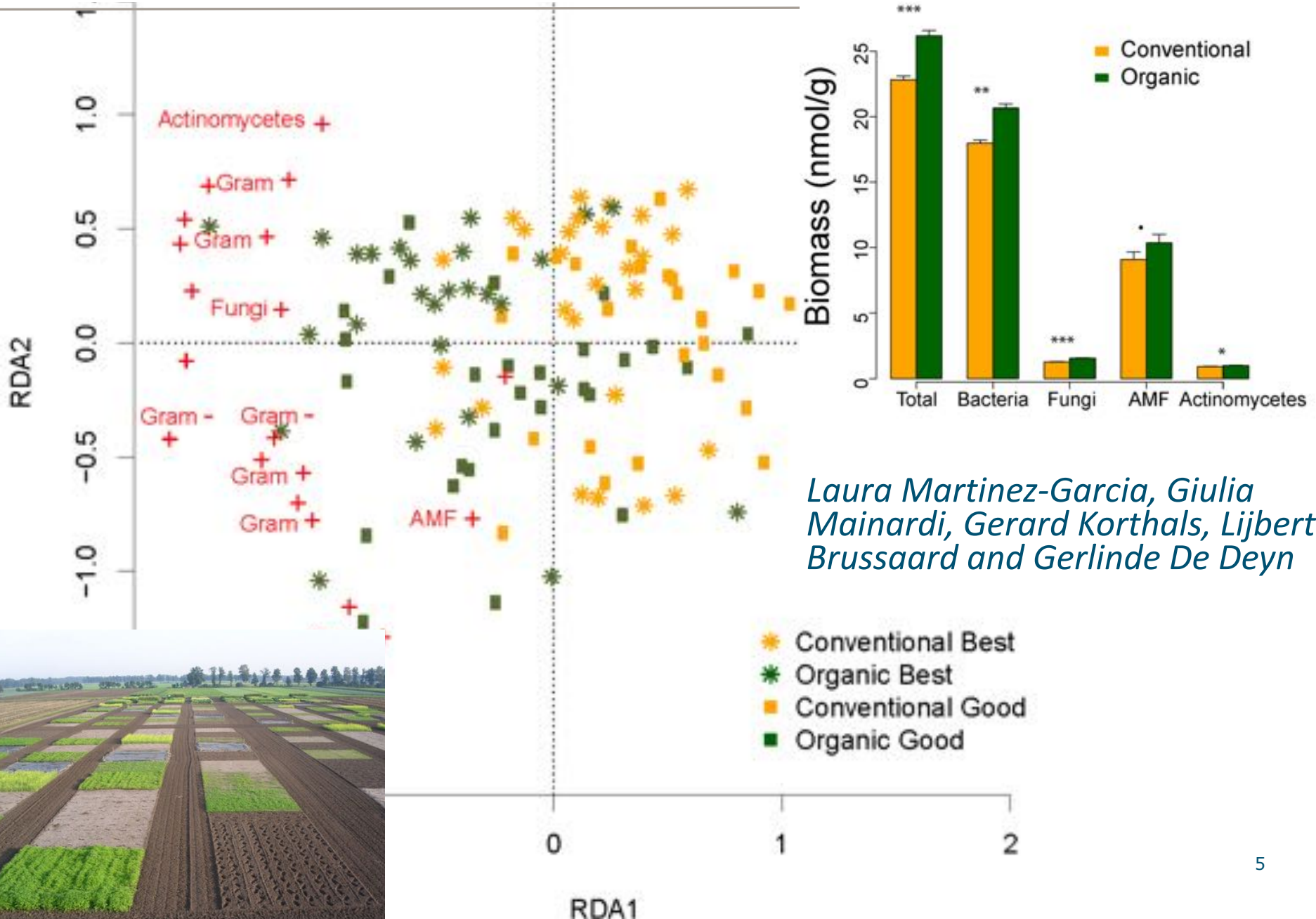


### Indicator voor:

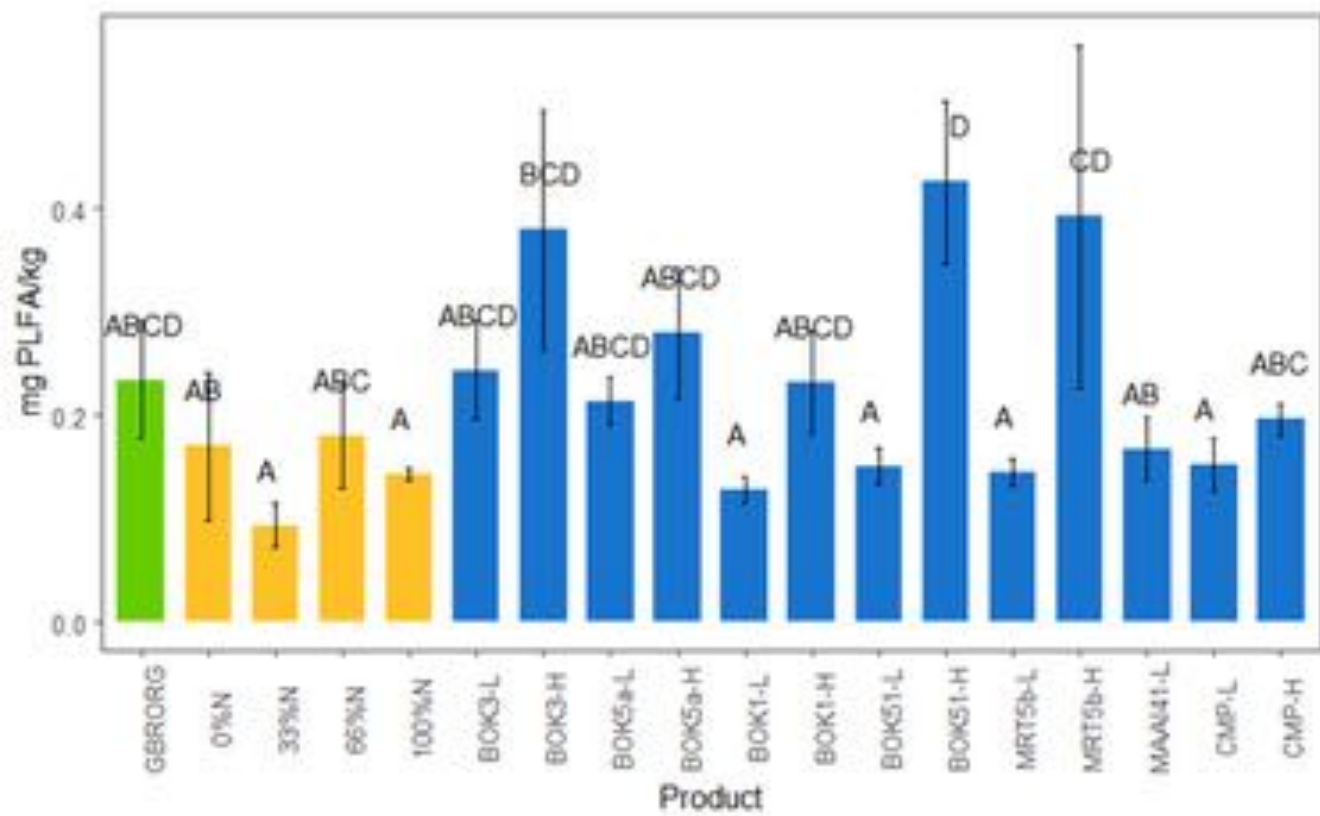
- Langzame omzetting organische stof
- Bodem structuur
- Ziektewering
- N vasthouden
- Symbiose met plant

# Results

## PLFA - Soil Microbial Community



*Laura Martinez-Garcia, Giulia Mainardi, Gerard Korthals, Lijbert Brussaard and Gerlinde De Deyn*



**Figuur 7.** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van saprophytische schimmels na toedienen van de verschillende producten (Iel T1).

# Bodemfauna

## Aaltjes (nematoden)

- Aantal soorten
- Biomassa
- Voedselgroepen

### Indicator voor:

- Plant-parasitair
- Bodemverstoring
- Bodemvruchtbaarheid
- Bodemvoedselweb

## Regenwormen

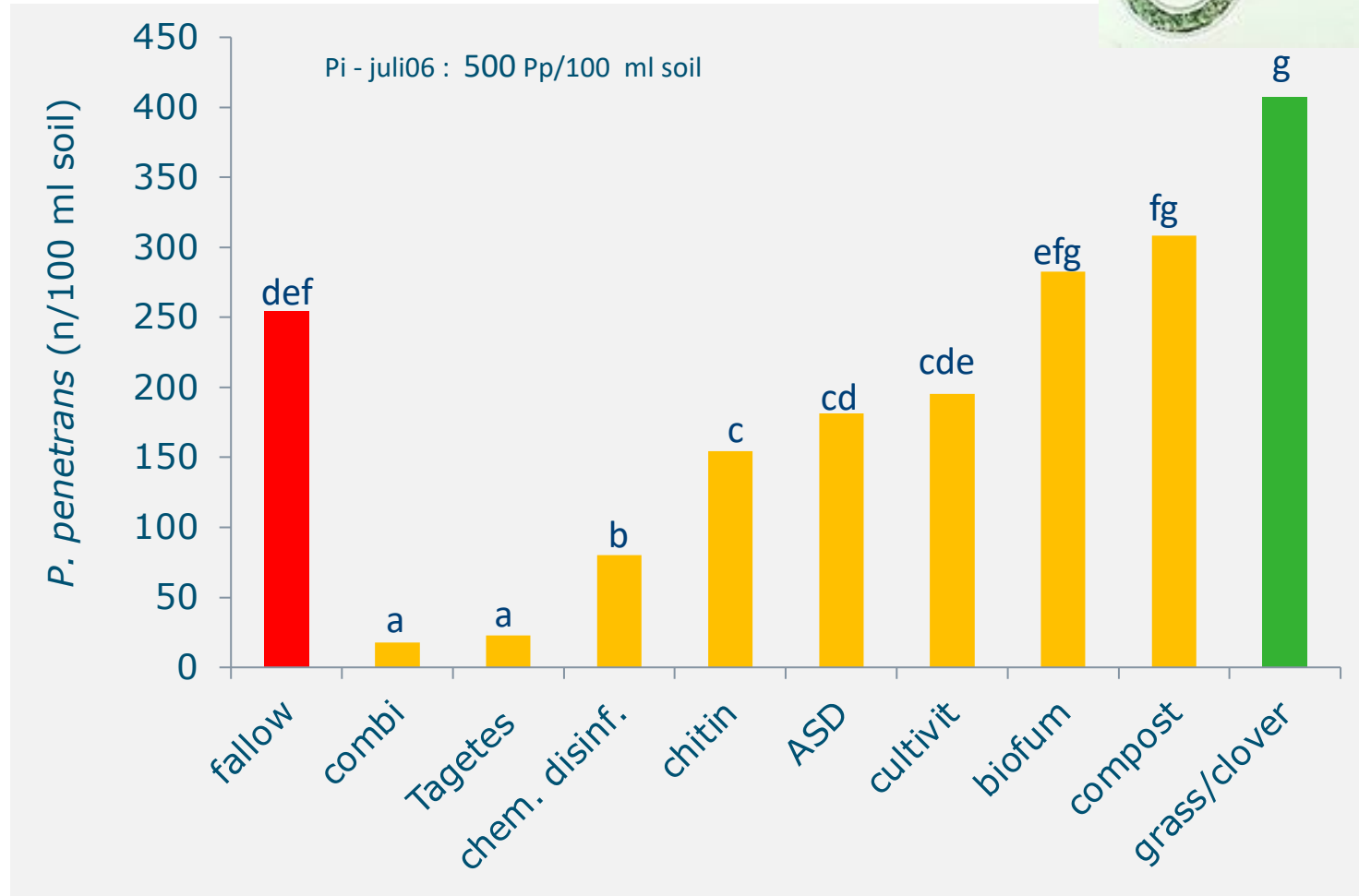
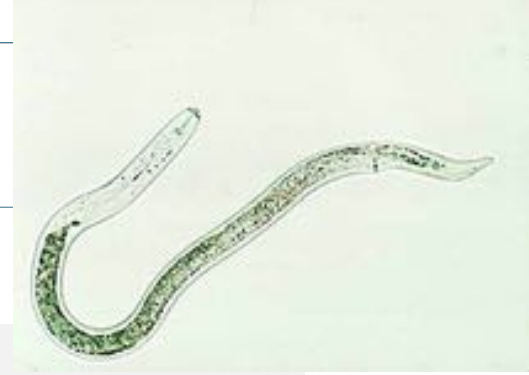
- Aantal / m<sup>2</sup>

### Indicator voor:

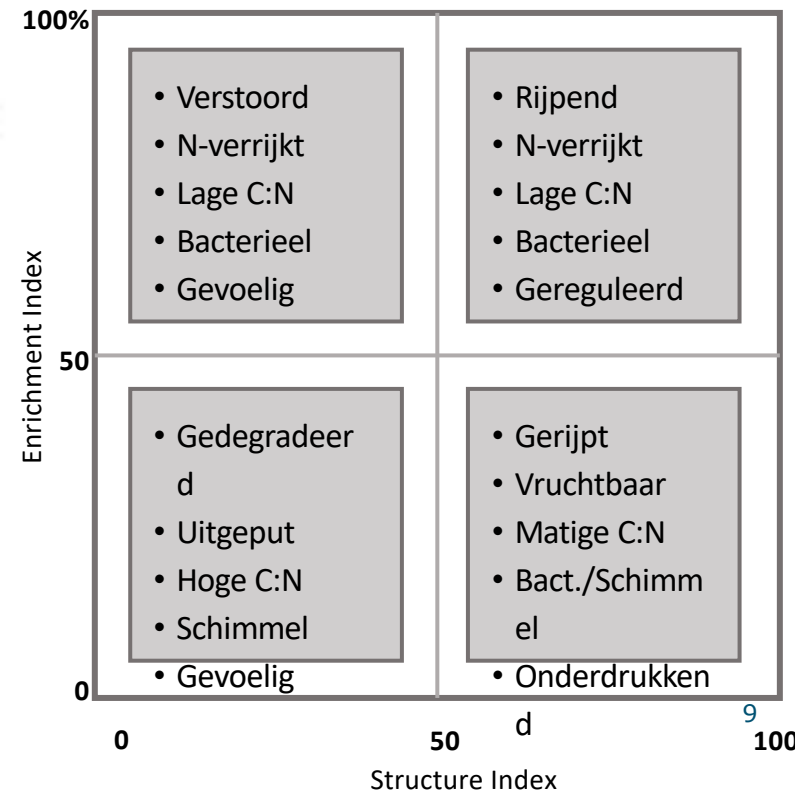
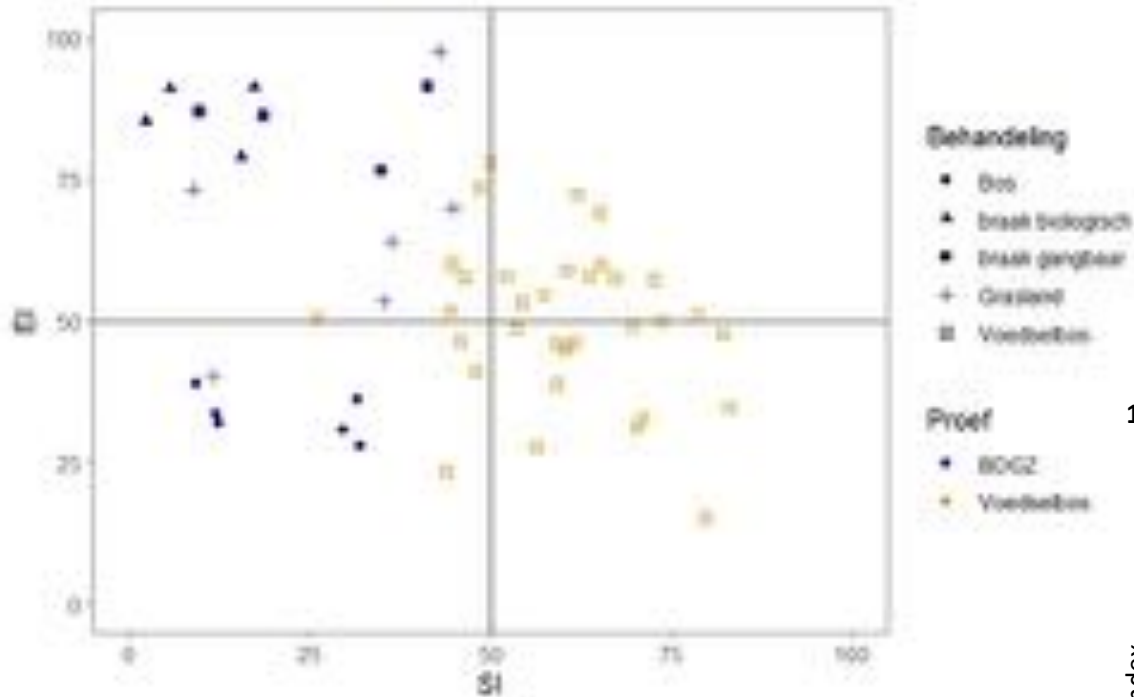
- Bodemstructuur
- Waterinfiltratie
- Organische stof mengen
- Microbiële activiteit



# Effects on *P. penetrans*

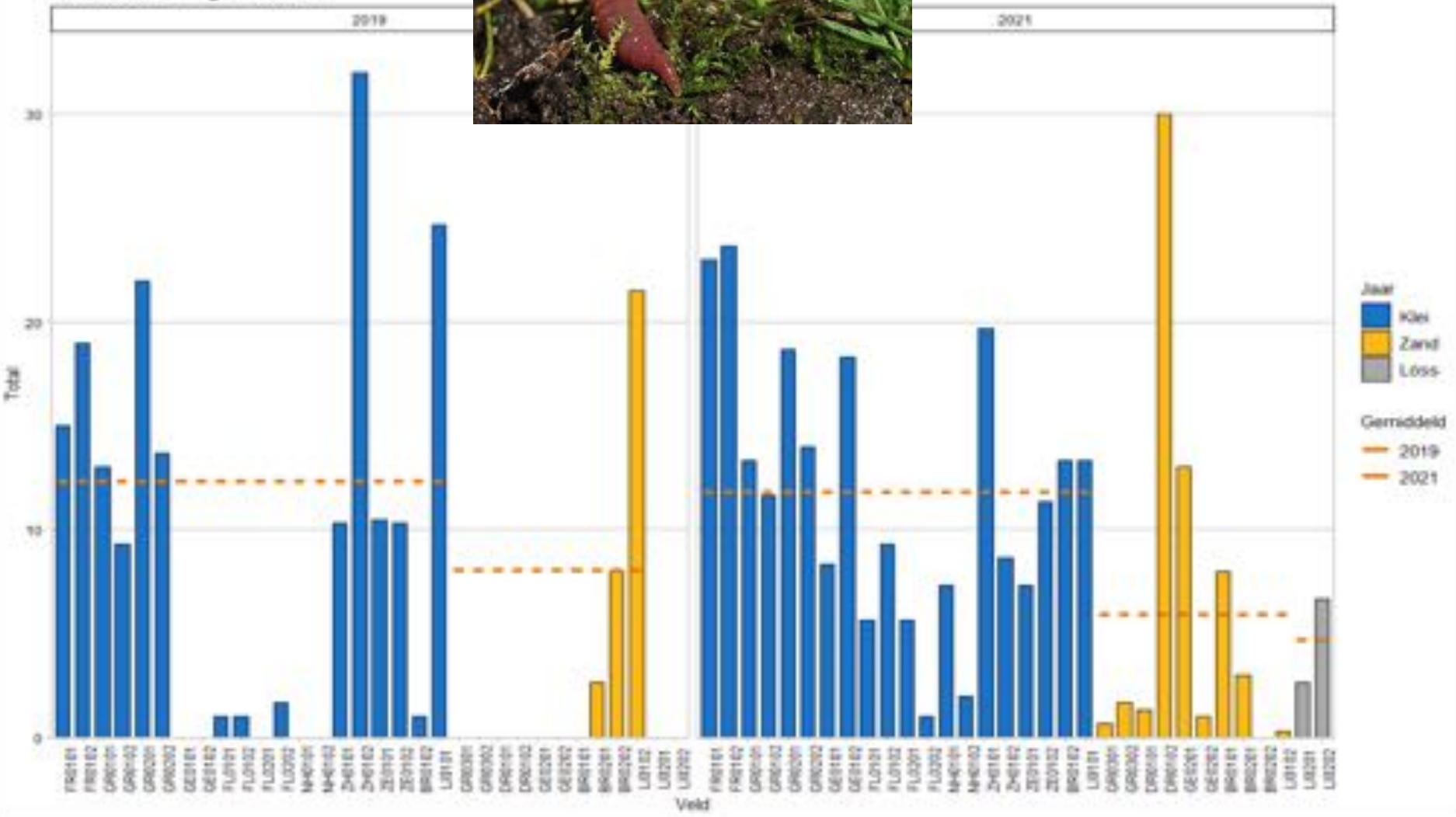


# Eigen data BDGZ VJ 2021 en VB 2021





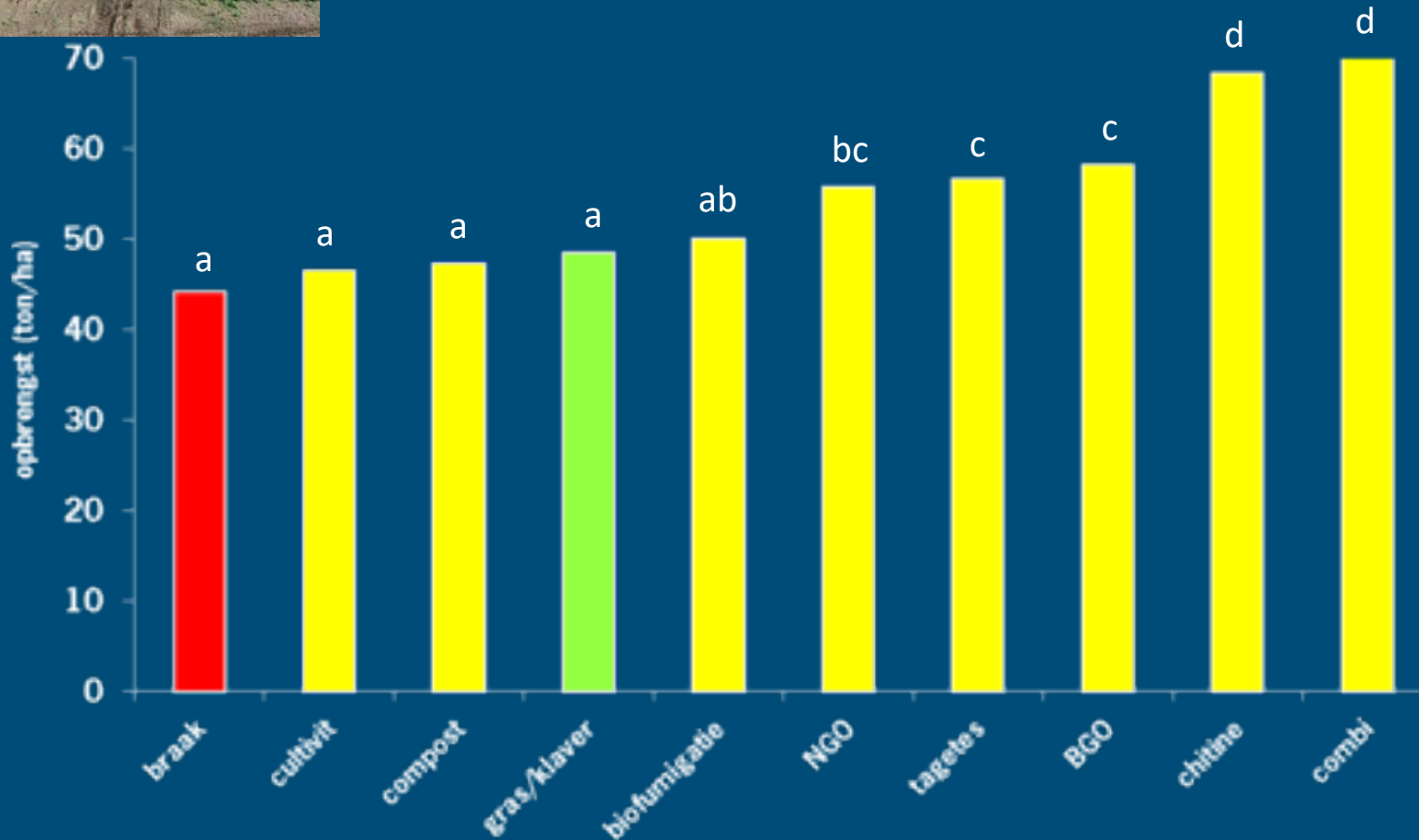
### Totaal aantal regenwormen





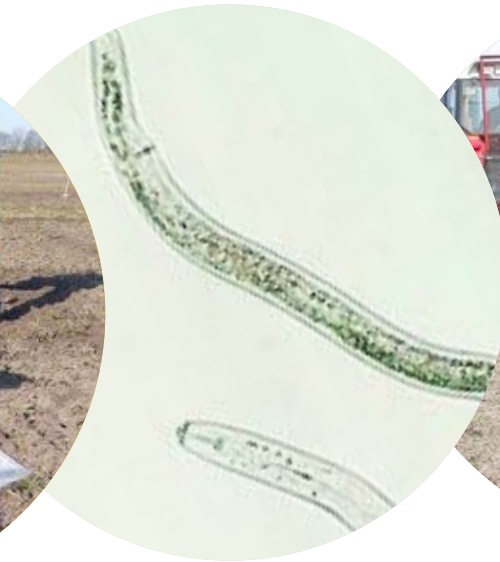
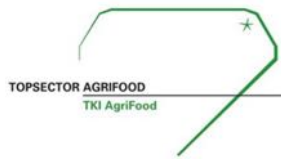
# Wat levert ons dit op?

## Netto aardappelopbrengst tot 40% meer!



	PLFA (WUR)	Aaltjes (WUR)	Wormen (WUR)
Wat meet deze test?	Vetzuren (Bacteriën, schimmels, protozoa)	Plant parasitaire en niet-plant parasitaire aaltjes (nematoden)	Aantal en diversiteit aan regenwormen
Waar is dit een indicator voor?	Stabiliteit, omzetting organische stof Bodem structuur Ziektewering N dynamiek, symbiose met plant	Grondsoort, type landgebruik, stabiliteit, stress, successie-stadium, biodiversiteit, ESD zoals productie, klimaat	Bodemvruchtbaarheid, vochtgehalte, organische stof en bodemstructuur
In welke situatie gebruik je het?	Veldproeven, bedrijven, parken	Veldproeven, bedrijven, parken	Veldproeven, bedrijven, parken
Wanneer pas je deze test niet toe?	Als je geen interesse hebt in het microbioom	Als het je alleen om plantenziekten gaat	Zand, te lage pH
Is het wetenschappelijk onderbouwd?	Ja!	Ja!	Ja!
Wat zijn de kosten?	150 Euro	100-350 Euro	600 Euro

# Bedankt voor jullie aandacht!

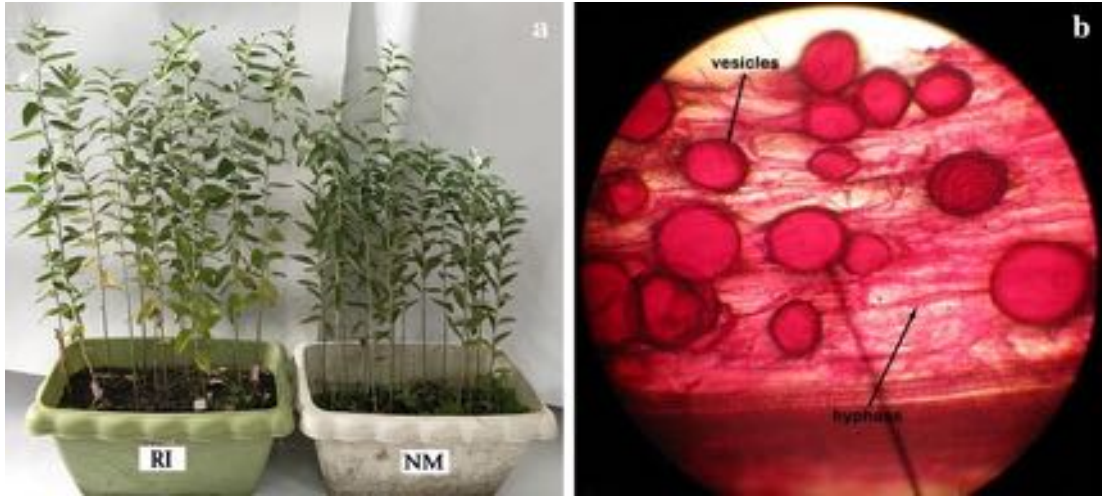


# Het bodemmicrobioom

Landelijke bijeenkomst Circulair Terreinbeheer

19 juni 2023

Eline Keuning



Control *Azospirillum* sp. strain TN10 *Agrobacterium* sp. strain TN14 *Pseudomonas* sp. strain TN36 *Enterobacter* sp. strain TN38 *Rhizobium* sp. strain TN42

creating with the power of nature

# DNA als kenteken

Voertuiggegevens raadplegen

Vul hier je kenteken in:

NL

Gegevens opvragen



- Volkswagen Polo
- Hatchback
- Blauw



- *Bacillus subtilis*
- Verlicht zoutstress
- Plantengroei bevorderend





bioclear  
earth 

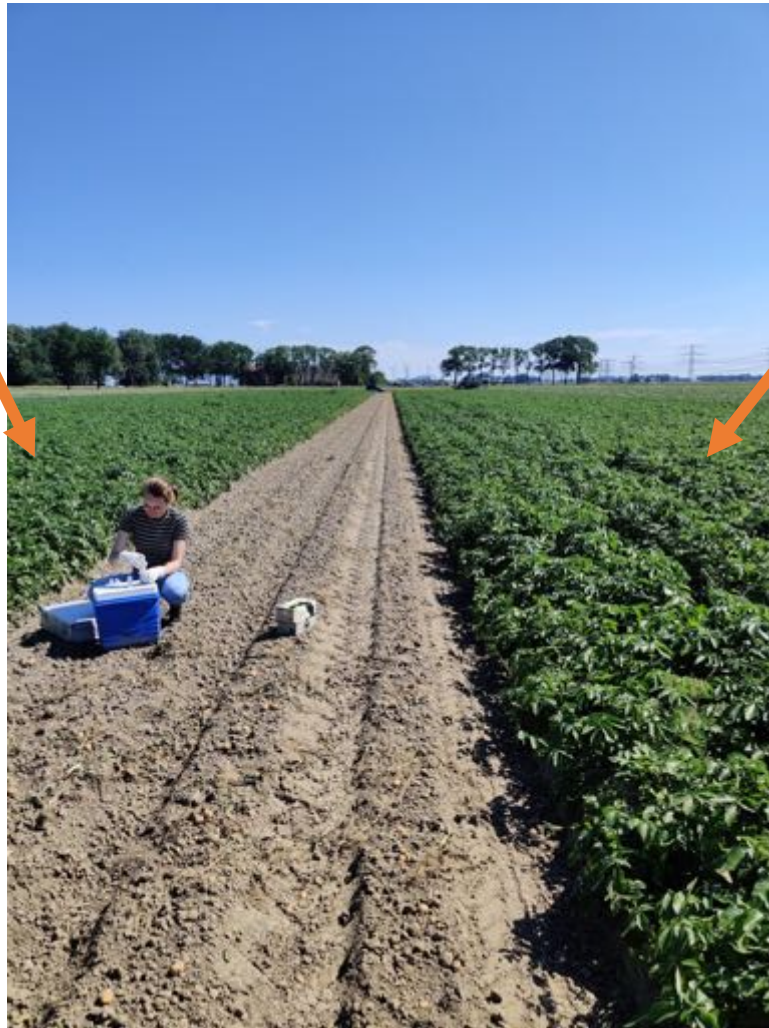


creating with the power of nature

# Voorbeeld: mooiere aardappelschil na suikerbieten dan na graan

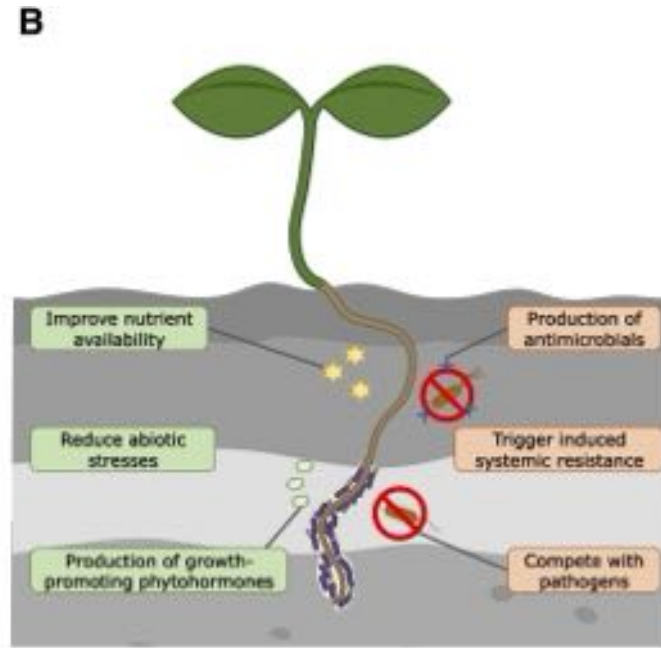
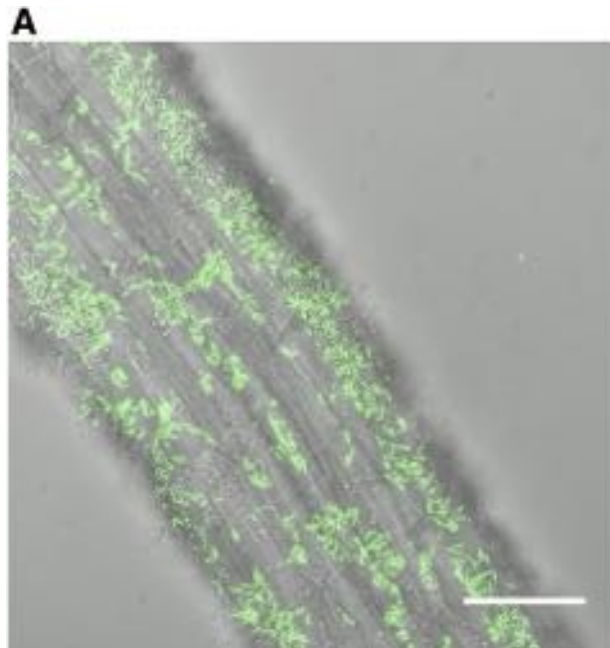
- Observatie van akkerbouwer uit Groningen
- Zijn hypothese: het is de biologie





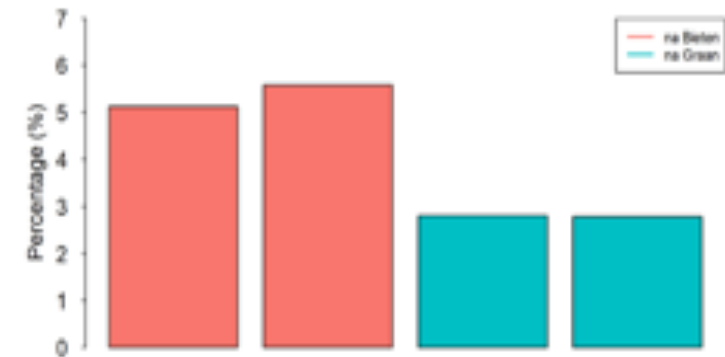
creating with the power of nature

# Hij had gelijk! De voorvrucht veroorzaakt een verschil in het microbioom



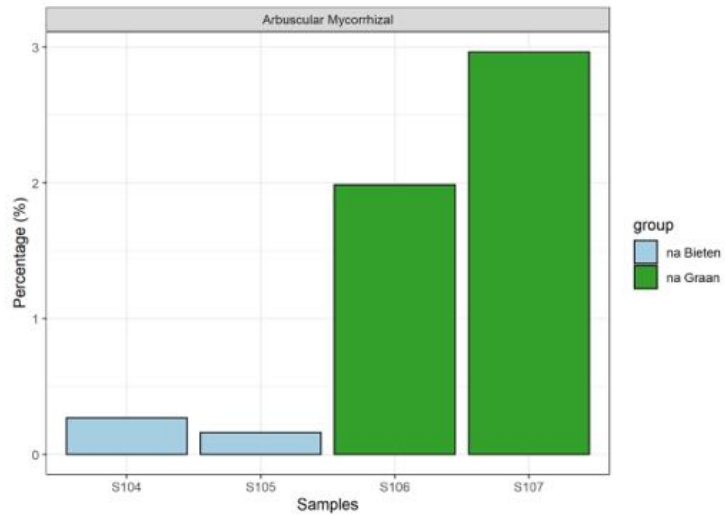
## Bacteriën

Bacilli percentage per sample



# Voorvrucht als selectie voor schimmels

## Arbusculaire mycorrhiza



# Mest, Stikstof en Bodemgezondheid

*“ Wat is het effect van verschillende types bemesting op de stikstofkringloop en bodemgezondheid?”*

## 1. Invloed van bemesting

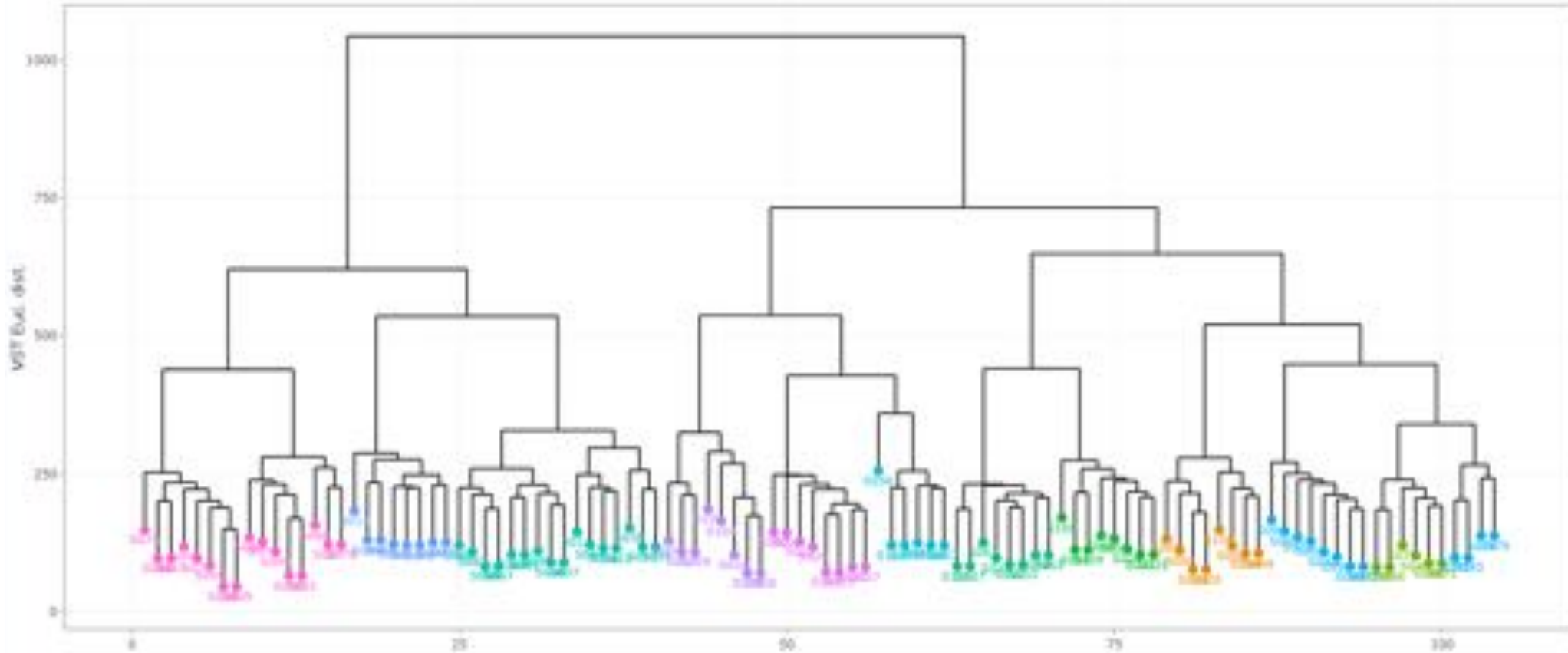
- Digestaat
- Drijfmest
- Vaste mest

## 2. Invloed van manier van aanwenden

- Zodebemesting
- Bovengronds



# Het bedrijfsmicrobioom



creating with the power of nature

# Overzicht bodemgezondheid metingen -II

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderzoek	Kosten
NGS (Bioclear Earth)	Bacteriën, schimmels, archaea, eukaryoten (afhankelijk van primers)	Nutriëntenkringlopen (koolstof, stikstof, etc), ziekteverendheid, bodemstructuur, plantgezondheid, afbraakcapaciteit van verontreinigingen, etc.	tallose	Vaststellen van bepaalde plantenziektes	ja	250-650

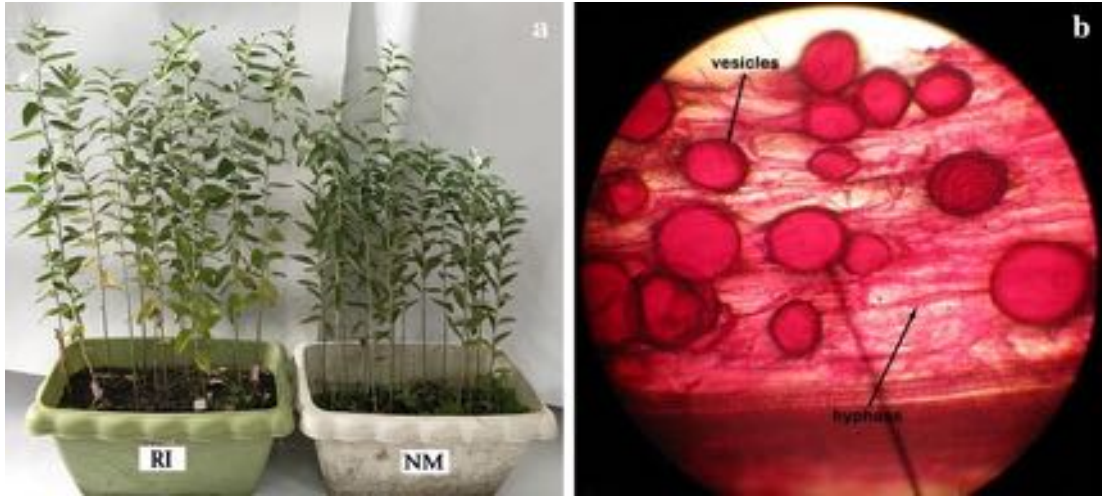
creating with the power of nature

# Het bodemmicrobioom

**Landelijke bijeenkomst Circulair Terreinbeheer**

**19 juni 2023**

**Eline Keuning**



Control   *Azospirillum* sp. strain TN10   *Agrobacterium* sp. strain TN14   *Pseudomonas* sp. strain TN36   *Enterobacter* sp. strain TN38   *Rhizobium* sp. strain TN42

creating with the power of nature

# DNA als kenteken

Voertuiggegevens raadplegen

Vul hier je kenteken in:

NL

Gegevens opvragen



- Volkswagen Polo
- Hatchback
- Blauw



- *Bacillus subtilis*
- Verlicht zoutstress
- Plantengroei bevorderend



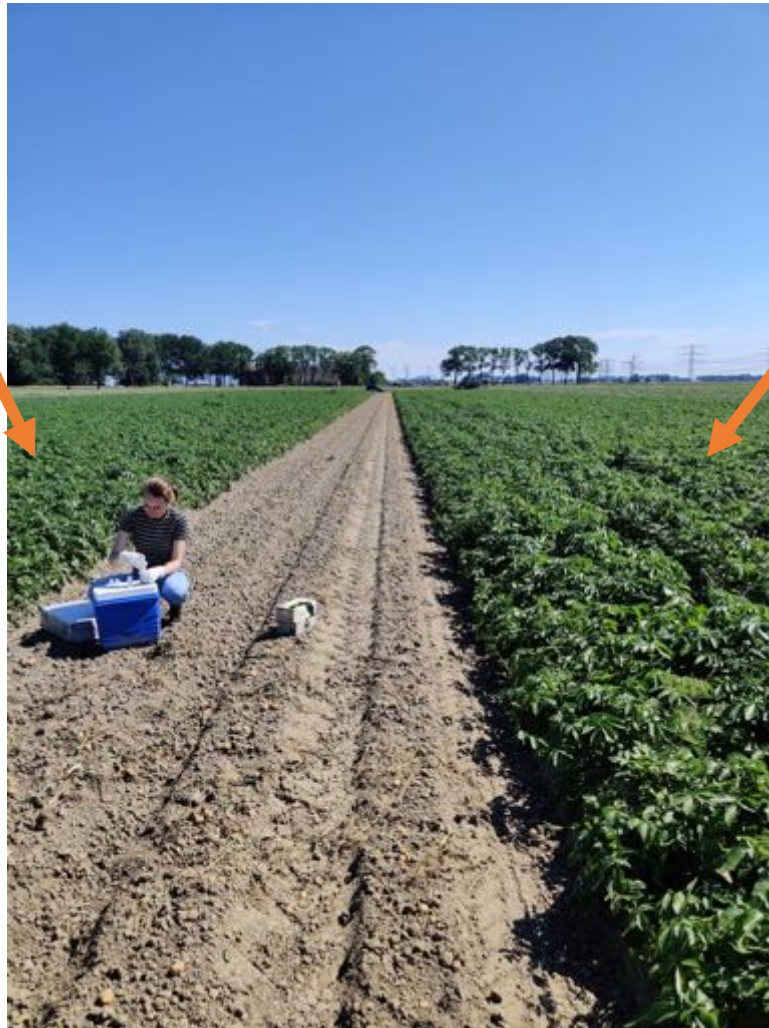


creating with the power of nature

# Voorbeeld: mooiere aardappelschil na suikerbieten dan na graan

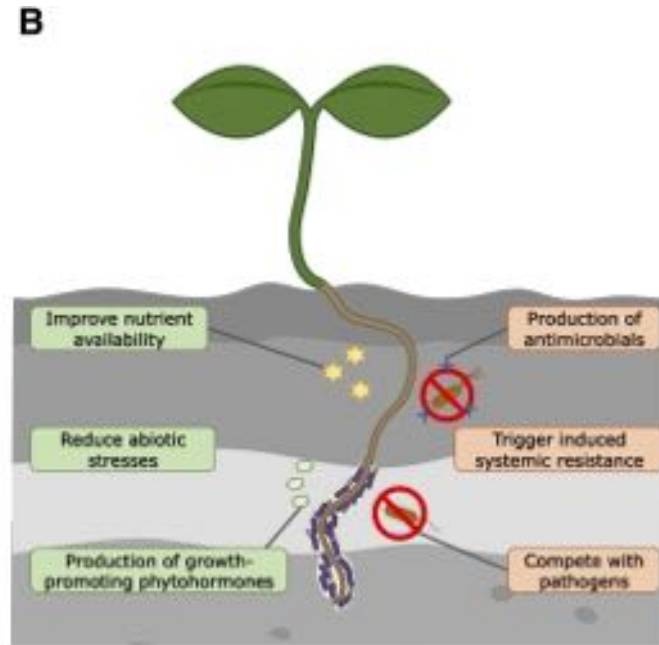
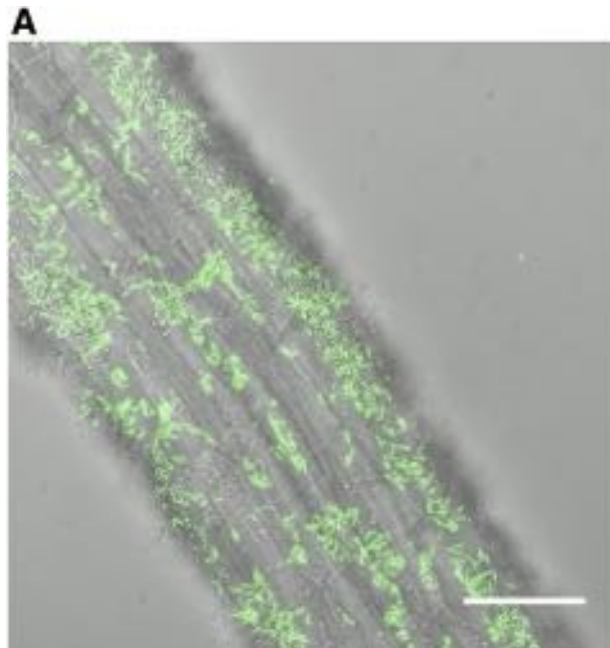
- Observatie van akkerbouwer uit Groningen
- Zijn hypothese: het is de biologie





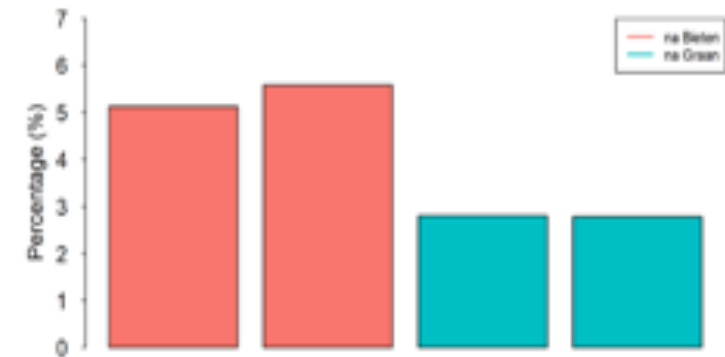
creating with the power of nature

# Hij had gelijk! De voorvrucht veroorzaakt een verschil in het microbioom



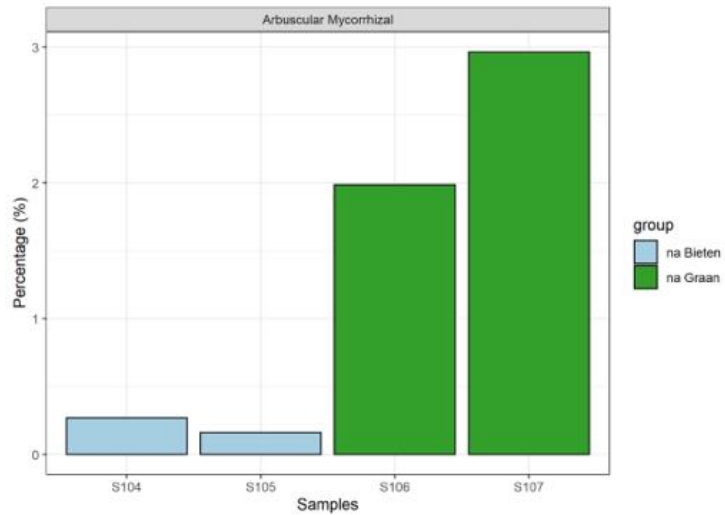
## Bacteriën

Bacilli percentage per sample



# Voorvrucht als selectie voor schimmels

## Arbusculaire mycorrhiza



# Mest, Stikstof en Bodemgezondheid

*“ Wat is het effect van verschillende types bemesting op de stikstofkringloop en bodemgezondheid?”*

## 1. Invloed van bemesting

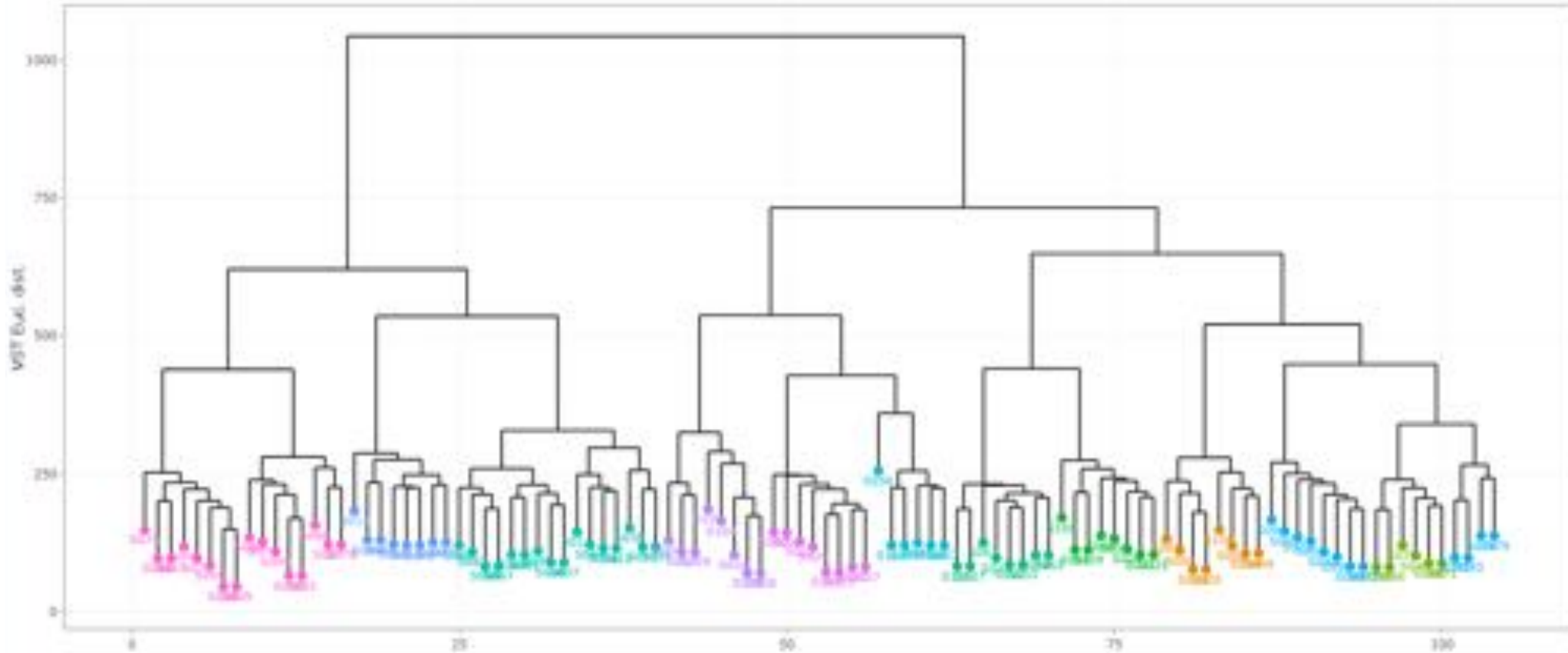
- Digestaat
- Drijfmest
- Vaste mest

## 2. Invloed van manier van aanwenden

- Zodebemesting
- Bovengronds



# Het bedrijfsmicrobioom



creating with the power of nature

# Overzicht bodemgezondheid metingen -II

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderzoek	Kosten
NGS (Bioclear Earth)	Bacteriën, schimmels, archaea, eukaryoten (afhankelijk van primers)	Nutriëntenkringlopen (koolstof, stikstof, etc), ziekteverendheid, bodemstructuur, plantgezondheid, afbraakcapaciteit van verontreinigingen, etc.	tallose	Vaststellen van bepaalde plantenziektes	ja	250-650

creating with the power of nature



*Artificial Intelligence for Agriculture*

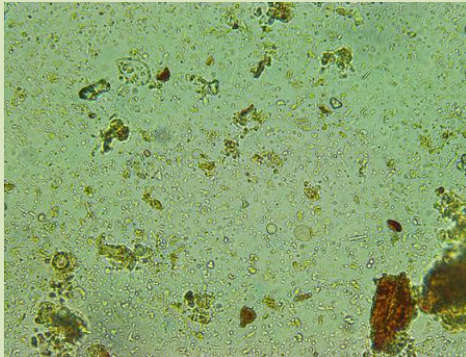
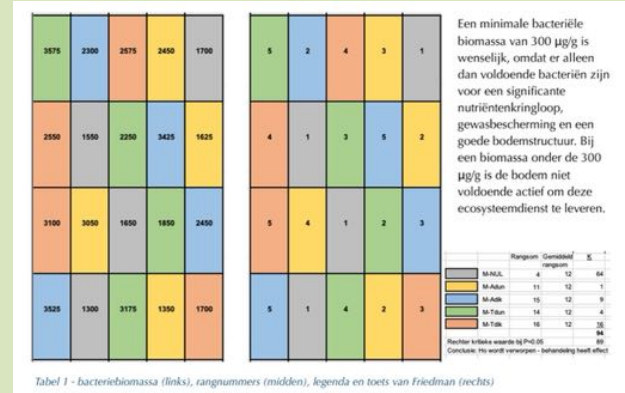
# Soil Life Monitor

SOLISCA

June, 2023

# LIFECO2SAND - Determination of differences in soil life in the Clay in Sand trial with SOLISCA

- Increase of bacterial biomass after clay application
- Other groups (fungi, protists, nematodes) did not significantly change

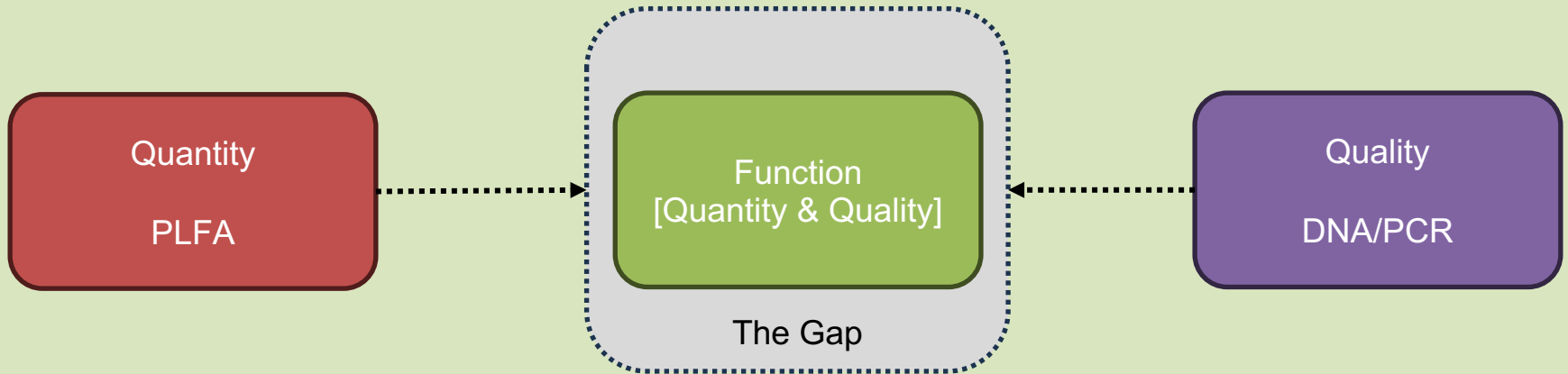


Afbeelding 2 - ligging van het proefveld in 2019 (links) en na de maasoogst in 2021 (rechts). Linksboven loopt diagonaal de Roessinkweg; het patroon van de proefvakken is te herkennen onder het bos.

# Soil Life Monitor

- New methodology to observe Soil Life
- New hardware for **automated microscopy**
- Possible to generate orders of magnitude more **visual** data
- No need for experts/biologists to analyse soil samples
- Possible to bring to the **field** (soil samples are easily spoiled during transport)
- First **AI applications** identified and developed with WU and RU
- Our solution can visualize active and inactive soil life (**functional biodiversity**)
- Enables land managers to make sustainable decisions

# The Soil Life Analysis Gap



- PLFA & DNA are chemical methods useful for qualitative and quantitative data but don't provide information on soil functioning.
- With **microscopy** soil life can be analysed; this valuable method is considered expert-dependent and time consuming  
→ too expensive. Better quality means higher costs. Not scalable.

# Bridging the Gap



- Unique hardware + unique software
- System gets better, more-inclusive and faster over lifetime
- 6 orders of magnitude amount of soil measured than the traditional soil food web analysis with microscopy

# Nematodes first

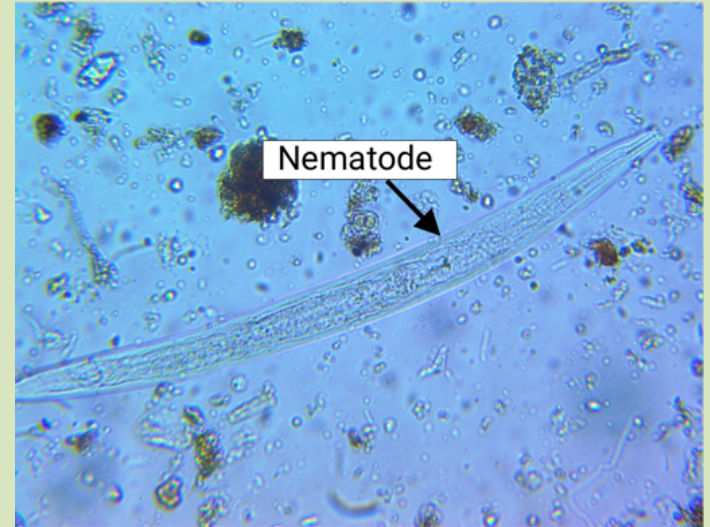
Most common metazoa on Earth

4 out of 5 living animals estimated to be nematodes

Nematodes provide important ecosystem functions e.g.,  
nutrient cycling, carbon transformation, pest control

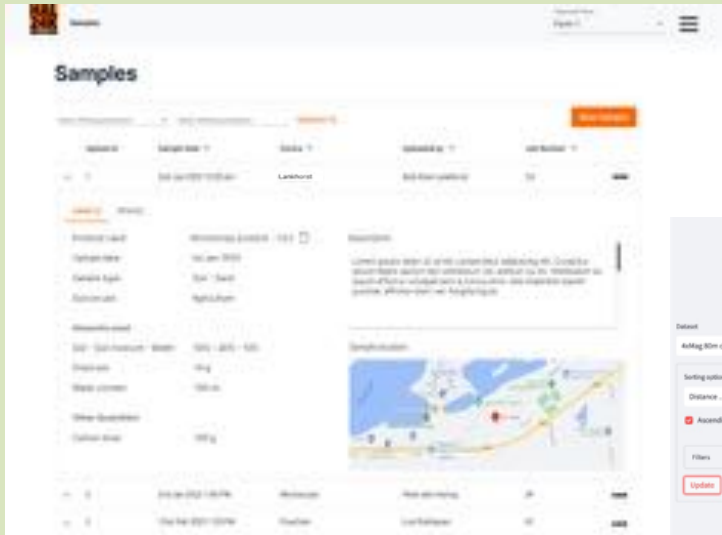
The abundance, high diversity, representation of multiple  
trophic levels and response to disturbances makes analyzing  
nematodes a powerful tool for assessment of **soil health**

*Lazarova et al., 2021 & Du Preez et al., 2022*

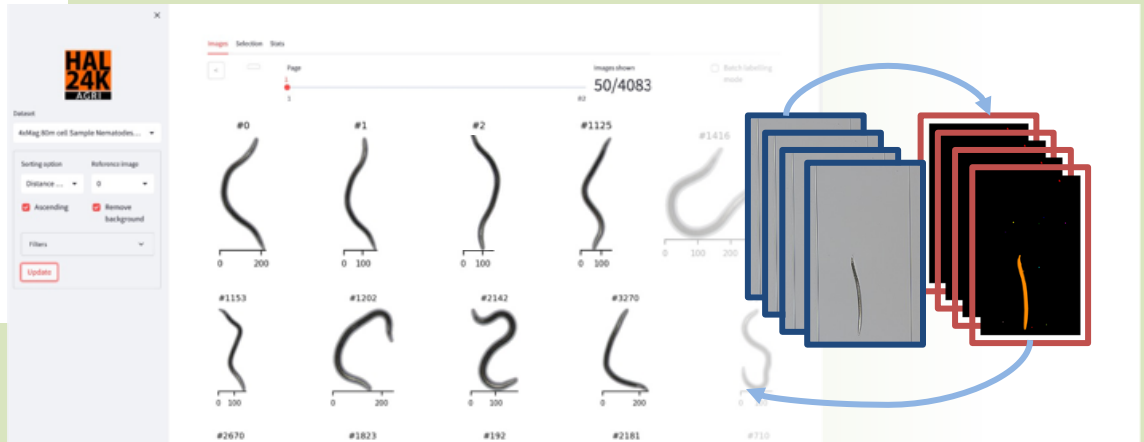


Microscope Photo 400x Magnification, BKL

# Measuring abundance and functional groups with AI & Machine Learning



- Nematodes first, delivery in Q3 '23
- Micro-arthropods, protists and fungi InDev



Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderzoek	Kosten
Soil Life Monitor (Eijkelkamp)	Functionele groepen bodemleven op basis van beeld (nematoden, protisten, schimmels, micro-arthropoden)	Bodem-plant-interacties, organische stof, ziektevering, structuur, nutriëntcycli, vocht, (functionele) biodiversiteit	Idem	(te) lang bewaarde monsters	In ontwikkeling	250-400 (i.o.)



Thank you

[b.klein-Lankhorst@eijkelkamp.com](mailto:b.klein-Lankhorst@eijkelkamp.com)



# Waardering van bodemkwaliteit Open Bodemindex en BLN

**KEES VAN DEN DOOL**

# Wanneer is een bodem “goed” of “gezond”?



Achterhoek wil "zombiebodem" leven



## Regenerative Agriculture: An agronomic perspective

Ken E Giller<sup>1</sup>, Renske Hijbeek<sup>1</sup>, Jens A Andersson<sup>1</sup> and James Sumberg<sup>2</sup>

Outlook on Agriculture  
1-13  
© The Author(s) 2021  
SAGE  
Article reuse guidelines:  
sagepub.com/journals-permissions  
DOI: 10.1177/0030717021996643  
journals.sagepub.com/home/oaq  
SAGE



OPINIE GERARD ROS

## Is de landbouwbodem echt bereikt?

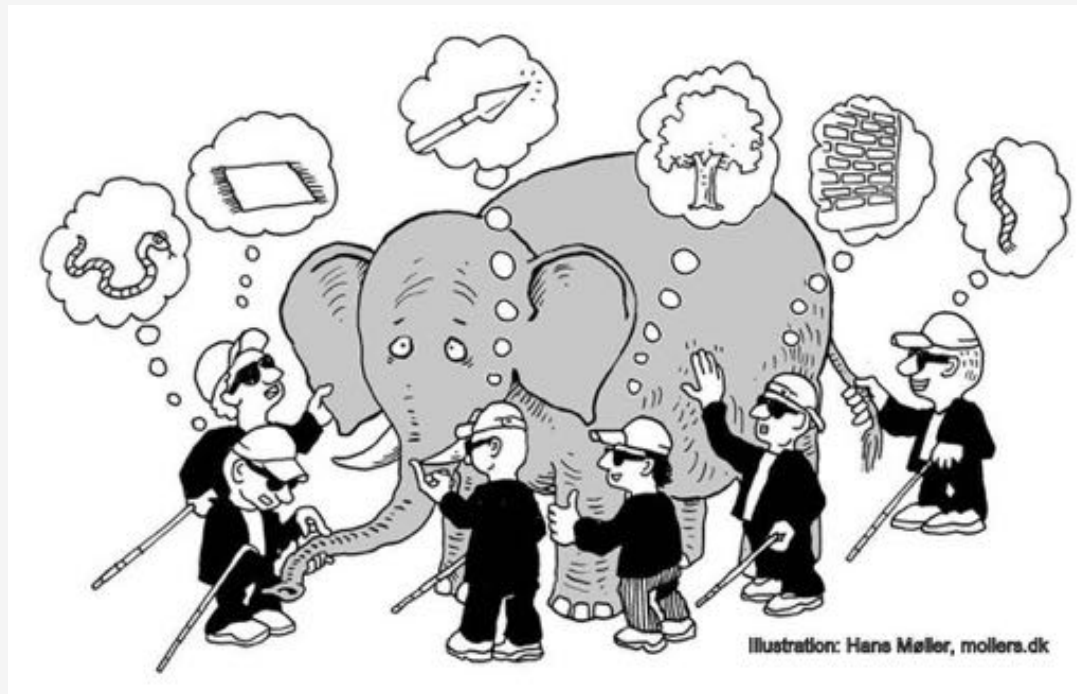
"Bodemkwaliteit blijft digestaat"



NIEUWS NEDERLANDSE BODEMKWALITEIT

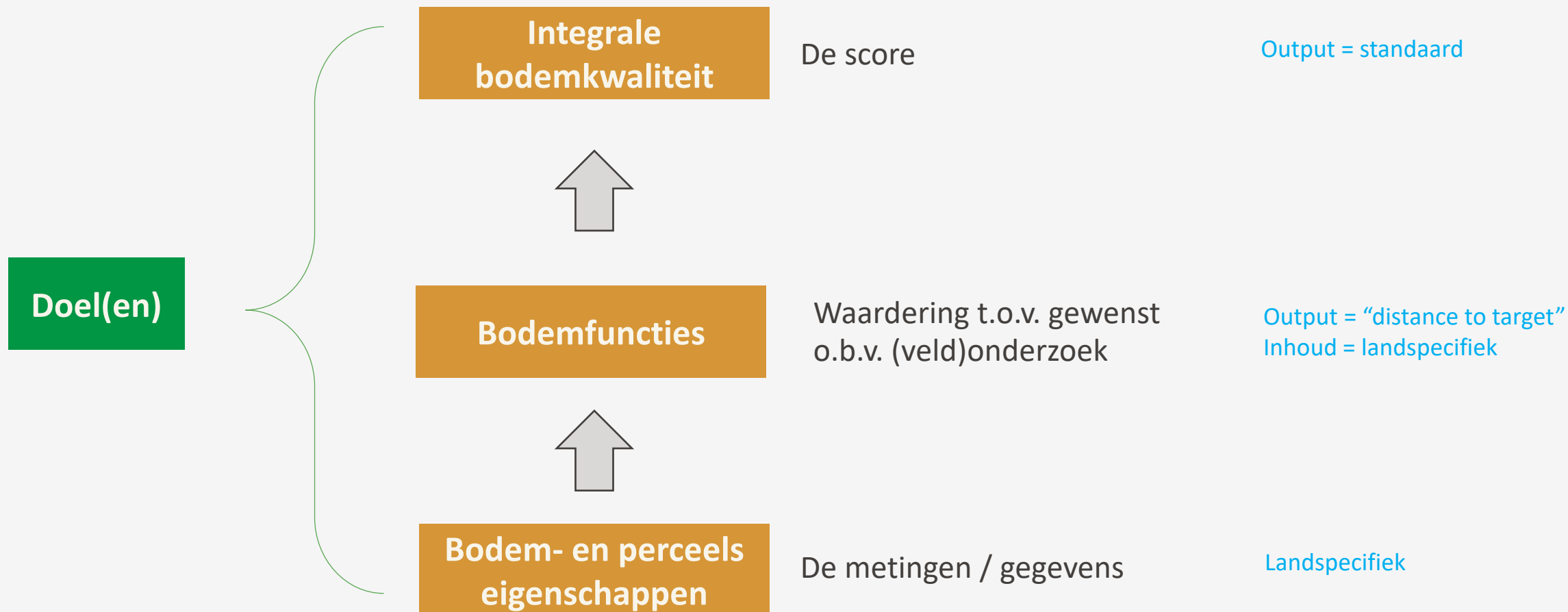
## Slechte bodemkwaliteit in Nederland staat het halen van de klimaatdoelen in de weg

# Een heldere visie ontbreekt?

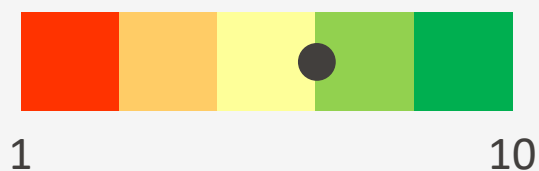


De begrippen bodemkwaliteit en bodemgezondheid worden vaak gebruikt om het vermogen van de bodem uit te drukken om bepaalde functies uit te voeren, maar dit is **alleen zinvol als deze termen duidelijk kunnen worden vastgesteld met operationeel reproduceerbare methodes**. Tot nu toe is deze methodologie niet ontwikkeld. (*Bonfante et al., 2020*).

# Waardering van bodemkwaliteit irt doelen



# Elk perceel in Nederland een waardering



## Absolute Waardering

afstand tot optimale situatie voor  
duurzame landbouwproductie

maat voor bodemkwaliteit



Waardering per perceel, rekening houdend met grondsoort en bouwplan

Dus: elk perceel kan een 10 halen

# Toepassing: OBI en BLN

## Open Bodemindex (OBI)

- 21 indicatoren
- Getest >100 boeren
- Score systematiek
- R-package en online tool
- Gebruikt door boeren en o.a. asr, Rabobank, Vitens, provincie Brabant

## Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN)

- 21 + 19 indicatoren
- 19 worden getoetst
- Beoordelingsmethode
- Rekenregels en rapportage
- Gebruikt voor beleidsondersteunend onderzoek

# Afsluitend

- Operationele en reproduceerbare methodes zijn nodig om bodemkwaliteit te kunnen waarderen
- Metingen van biologie, chemie en fysica (conform OBI/BLN) zijn nodig om integraal impact van bodemverbeteraars te evalueren

# Overzicht bodemgezondheid metingen - IV

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschap onderbouwd	Kosten
OBI	Gestandaardiseerde methode voor waarden van bodemkwaliteit	Kwaliteit agrarische bodem, score kan worden onderverdeeld voor chemie & nutriënten, structuur & water, bodembioïologie, beheer en milieu	Bijdrage van bodemeigenschappen op verschillende ecosystemendiensten in kaart te brengen.	Beoordeling van niet agrarische bodem	Ja	Kosten bodemanalyses 300, of gratis met schattingen
BLN	Gestandaardiseerde methode voor waarden van bodemkwaliteit	Kwaliteit agrarische bodem, score kan worden onderverdeeld voor primaire productie, water, koolstof en klimaat, biodiversiteit en nutriëntenkringloop	Bijdrage van bodemeigenschappen op verschillende ecosystemendiensten in kaart te brengen.	Beoordeling van niet agrarische bodem	Ja	OBI + kosten specifieke methodes (bv. aaltjes, schimmels)

# Contact



Kees van den Dool

E: [kees.vandendool@nmi-agro.nl](mailto:kees.vandendool@nmi-agro.nl)

T: +316 18947082

OBI : [openbodemindex.nl](http://openbodemindex.nl)

BLN: <https://edepot.wur.nl/549973>



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat



# Monitoring Vitale Bodems

Op weg naar een gezamenlijke  
zicht op bodemgezondheid



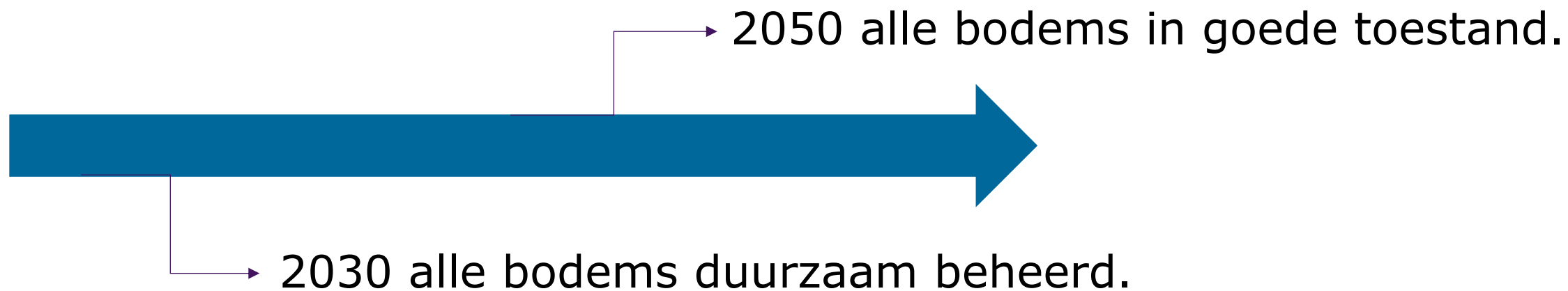
# Trajecten en lopende monitoring systemen

- › EU-bodemrichtlijn (LUCAS)
- › Programma Bodem en Ondergrond (Staat van de Bodem)
- › Water en Bodem sturend (WBS Monitoring)
- › Nieuwe Nota Ruimte
- › Bodemindicatoren Landbouw Nederland (BLN)



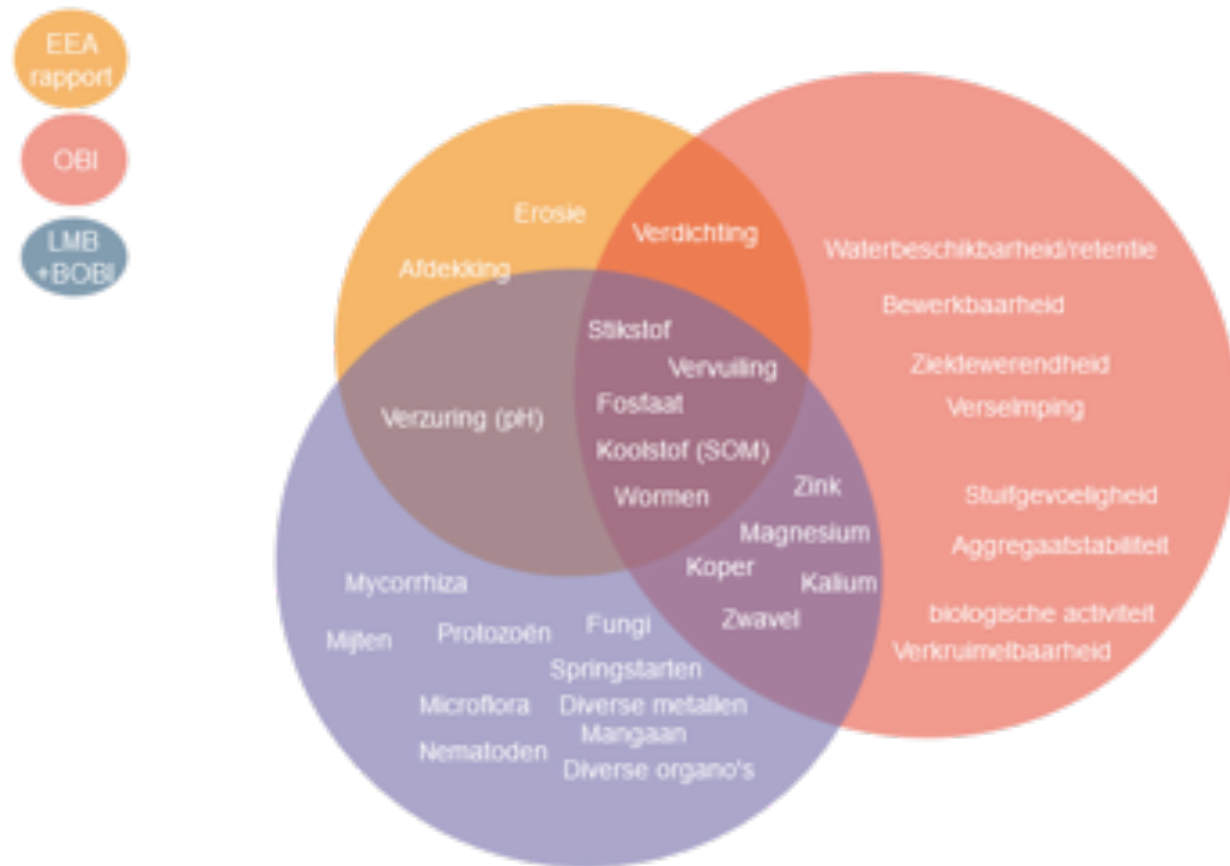


# Doel





# We starten niet vanaf 0





# Maatregelen

- › 2024 systematiek voor nieuw monitoring “Vitale Bodems”
- › 2025 eerste meetronde
- › Steun aan NEN werkgroep “Bodemgezondheid”





# Partners (tot nu toe)

- > LNV
- > RIVM
- > NIOO
- > WUR (EU SOILS)
- > Dutch Soil Platform
- > ...



# Vragen en Contact

**Silko Mergenthal**

Beleidsmedewerker Bodem

.....  
**Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat**

**DG Water en Bodem**

Rijnstraat 8 | 2515 XP Den Haag

.....  
**T:** +31 (0)621958339

**E:** [silko.mergenthal@minienw.nl](mailto:silko.mergenthal@minienw.nl)



# Met klei naar klimaatrobuuste landbouwgrond



Circulair terreinbeheer  
Sessie bodemgezondheid meten  
19 mei 2023  
Jan Willem Berendsen

# Lutumgehalte in zandgrond op 8% brengen met beschikbare kleigrond



# Van zand naar zavel





LEGENDA

● demonstratieveld



Cartograaf: G. van der Linden  
Projectnummer: 2004-0100  
Datum: 24-05-2007

# Meten bodemgezondheidseffecten

- Nulsituatie 2021: BLN 2.0
- Er liggen nulstroken naast de behandelde velden
- Eindmeting bodemgezondheid 2027 – wat? hoe ?



# LIFE CO2SAND is een samenwerkingsverband tussen Rijkswaterstaat en provincie Gelderland.

LIFE CO2SAND is medegefinancierd door de Europese Unie. De opvattingen en meningen die worden geuit zijn evenwel uitsluitend die van de auteur(s) en komen niet noodzakelijk overeen met die van de Europese Unie of van CINEA. Noch de Europese Unie, noch CINEA kunnen daarvoor verantwoordelijk worden gesteld.

# Overzicht bodemgezondheid metingen - I

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderzoek	Kosten
PLFA (WUR)	Vetzuren (bacteriën, schimmels, protozoa)	Stabiliteit, omzetting org. stof, bodemstructuur, ziektevering, N dynamiek, symbiose met plant	Veldproeven, bij grondgebruikers/bedrijven, parken, etc.	Geen interesse in het microbioom	Ja	150
Aaltjes (WUR)	Plant parasitaire en niet-parasitaire aaltjes (nematoden)	Grondsoort, type landgebruik, stabiliteit, stress, successiestadium, biodiversiteit, ESD (productie, klimaat)	Veldproeven, bij grondgebruikers/bedrijven, parken, etc.	Als het je alleen om plantenziekten gaat	Ja	100-350
Wormen (WUR)	Aantal en diversiteit aan regenwormen	Bodemvruchtbaarheid, vochtgehalte, org. stof, bodemstructuur	Veldproeven, bij grondgebruikers/bedrijven, parken, etc.	Zand, te lage pH	Ja	600

# Overzicht bodemgezondheid metingen -II

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderbouw	Kosten
NGS (Bioclear Earth)	Bacteriën, schimmels, archaea, eukaryoten (afhankelijk van primers)	Nutriëntenkringlopen (koolstof, stikstof, etc), ziektewerendheid, bodemstructuur, plantgezondheid, afbraakcapaciteit van verontreinigingen, etc.	talloze	Vaststellen van bepaalde plantenziektes	ja	250-650

# Overzicht bodemgezondheid metingen - III

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderzoek	Kosten
Soil Life Monitor (Eijkelkamp)	Functionele groepen bodemleven op basis van beeld (nematoden, protisten, schimmels, micro-arthropoden)	Bodem-plant-interacties, organische stof, ziektevering, structuur, nutriëntcycli, vocht, (functionele) biodiversiteit	Idem	(te) lang bewaarde monsters	In ontwikkeling	250-400 (i.o.)

# Overzicht bodemgezondheid metingen - IV

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschappelijk onderzoek	Kosten
OBI	Gestandaardiseerde methode voor waarden van bodemkwaliteit	Kwaliteit agrarische bodem, score kan worden onderverdeeld voor chemie & nutriënten, structuur & water, bodembioïologie, beheer en milieu	Bijdrage van bodemeigenschappen op verschillende ecosysteemdiensten in kaart te brengen.	Beoordeling van niet agrarische bodem	Ja	Kosten bodemanalyses 300, of gratis met schattingen
BLN	Gestandaardiseerde methode voor waarden van bodemkwaliteit	Kwaliteit agrarische bodem, score kan worden onderverdeeld voor primaire productie, water, koolstof en klimaat, biodiversiteit en nutriëntenkringloop	Bijdrage van bodemeigenschappen op verschillende ecosysteemdiensten in kaart te brengen.	Beoordeling van niet agrarische bodem	Ja	OBI + kosten specifieke methodes (bv. aaltjes, schimmels)

Methode	Het meet	Indicator voor	Te gebruiken in situatie...	NIET te gebruiken bij	Wetenschap onderbouwd	Kosten
PLFA (WUR)	Vetzuren (bacteriën, schimmels, protozoa)	Stabiliteit, omzetting org. stof, bodemstructuur, ziektevering, N dynamiek, symbiose met plant	Veldproeven, bij grondgebruikers/bedrijven, parken, etc.	Geen interesse in het microbioom	Ja	150
Aaltjes (WUR)	Plant parasitaire en niet-parasitaire aaltjes (nematoden)	Grondsoort, type landgebruik, stabiliteit, stress, successiestadium, biodiversiteit, ESD (productie, klimaat)	Veldproeven, bij grondgebruikers/ bedrijven, parken, etc.	Als het je alleen om plantenziekten gaat	Ja	100-350
Wormen (WUR)	Aantal en diversiteit aan regenwormen	Bodemvruchtbaarheid, vochtgehalte, org. stof, bodemstructuur	Veldproeven, bij grondgebruikers/bedrijven, parken, etc.	Zand, te lage pH	Ja	600
NGS (Bioclear Earth)	Bacteriën, schimmels, archaea, eukaryoten (afhankelijk van primers)	Nutriëntenkringlopen (koolstof, stikstof, etc), ziektevering, bodem-structuur, plantgezondheid, afbraakcapaciteit van verontreinigingen, etc.	tallose	Vaststellen van bepaalde plantenziektes	ja	250-650
Soil Life Monitor (Eijkelkamp)	Functionele groepen bodemleven op basis van beeld (nematoden, protisten, schimmels, micro-arthropoden)	Bodem-plant-interacties, organische stof, ziektevering, structuur, nutriëntcycli, vocht, (functionele) biodiversiteit	Idem	(te) lang bewaarde monsters	In ontwikkeling	250-400 (i.o.)
OBI	Gestandaardiseerde methode voor waarden van bodemkwaliteit	Kwaliteit agrarische bodem, score kan worden onderverdeeld voor chemie & nutriënten, structuur & water, bodembioologie, beheer en milieu	Bijdrage van bodemeigenschappen op verschillende ecosystemendiensten in kaart te brengen.	Beoordeling van niet agrarische bodem	Ja	Kosten bodemanalyses 300, of gratis met schattingen
BLN	Gestandaardiseerde methode voor waarden van bodemkwaliteit	Kwaliteit agrarische bodem, score kan worden onderverdeeld voor primaire productie, water, koolstof en klimaat, biodiversiteit en nutriëntenkringloop	Bijdrage van bodemeigenschappen op verschillende ecosystemendiensten in kaart te brengen.	Beoordeling van niet agrarische bodem	Ja	OBI + kosten methodes (bv. specifiek aaltjes schimmels)