



Statistische analyse gegevens 2019 project Circulair Bodembeheer

Achtergrond

Voor het project 'Circulair Bodembeheer voor een vitaal bodemleven en een toekomstbestendig Rivierenland' zijn in maart 2018 proefvelden aangelegd op een biologische rundveehouderij en in een biologische appelboomgaard. Hierbij zijn verschillende bodemverbeterende materialen aangebracht in blokken respectievelijk in rijen. De gebruikte bodemverbeterende stoffen zijn:

- Compost (basis voor mengsel met slib): dijkmaaisel, blad en paardenmest.
- Compost + slib: gewicht 50/50 %.
- Bokashi: kant en klaar gekocht van Bij de Oorsprong.
- Slib: schoon ingedikt baggerslib uit sloten.
- Bokashi + slib: gewicht 50/50 %.
- Frequenties: 2 kg epsomzout (magnesiumsulfaat) als drager met frequenties per proefplot in 2018. In 2019 was de drager fijn, wit zand.
- Compost + slib + frequenties: respectievelijk gewicht 49,94/49,94/0,12 %.
- Slib + frequenties: gewicht 99,87/0,13 %.
- Compost + frequenties: gewicht 99,87/0,13 %.

Verzamelde gegevens

In maart 2018, voorafgaand aan de aanleg van de proef, en in september 2018 en 2019 zijn gegevens over de bodemconditie verzameld. Hierbij zijn monsters van de teeltlaag (bovenste 20 cm) genomen en zijn voor elk afzonderlijk proefvlak de volgende analyses uitgevoerd.

- Een chroma-analyse, waarmee de kwaliteit en potentie van de bodem in beeld wordt gebracht.
- Het bodemvoedselweb. Hierbij wordt de hoeveelheid bodemdierpjes in al haar diversiteit geteld, van bacteriën tot en met miljoenpoten en regenwormen.
- De activiteit van een aantal microbiologische bodemprocessen die een rol speelt bij de recycling van organische stof en de nutriëntopname door planten.

De resultaten die deze analyses hebben opgeleverd, zijn vastgelegd in een tussentijds projectverslag dat via onderstaande link geraadpleegd kan worden.

<https://www.inspilab.nl/wp-content/uploads/2019/01/Tussentijds-verslag-bodemonderzoek-november-2018.pdf>

Statistische analyse

In dit document wordt verslag gedaan van een statistische analyse van de gegevens van 2019. Hierbij is de dataset gebruikt die de verschillen weergeeft tussen de bodemcondities in september 2019 en in maart 2018.

Om de variatie van de bodemparameters tussen de verschillende behandelingen inzichtelijk te maken, is een PCA (Principal Component Analysis) uitgevoerd. Met deze statistische techniek wordt de variatie in de gegevens samengevat en wordt de samenhang tussen de bodemparameters onderling en tussen de bodemparameters en de behandelingen zichtbaar gemaakt.

De methode

De PCA is een veel toegepaste statistische techniek voor het vinden van patronen in gegevens. Met de techniek kan een groot aantal variabelen gereduceerd worden tot een kleiner aantal primaire kenmerken die de variatie tussen de verschillende behandelingen verklaren. Deze kenmerken worden bij PCA de 'componenten' (PC) genoemd. Een voorbeeld is de aanwezigheid van verse organische stof in de bodem, de aanwezigheid van organismen die organische stof afbreken en een hoog zuurstofverbruik. Het zijn drie verschillende variabelen die afzonderlijk zijn gemeten, maar ze geven feitelijk allemaal informatie over dezelfde 'component'. We kunnen dus een nieuwe variabele bedenken die alle 3 deze kenmerken representeert zonder dat er informatie verloren gaat. Dat is de manier waarop de PCA-methode overzicht geeft.

Resultaten en hoe te lezen

De resultaten van de statistische analyses zijn weergegeven in bijlage 1 voor de boomgaard en in bijlage 2 voor de veehouderij. In de paragraaf 'Interpretatie' wordt besproken wat uit de analyses afgeleid kan worden. Als u zelf de PCA-diagrammen in de bijlage wilt bekijken, staat hieronder een kleine leeswijzer om de figuren te kunnen interpreteren.

% variantie

Bij de resultaten van de PCA wordt eerst een tabel getoond, waarin voor elke component (PC) staat weergegeven hoeveel procent van de variatie in de dataset wordt verklaard door de betreffende component. Een component met een hoog percentage representeert dus belangrijke verklarende variabelen.

Eigenwaarde

De Eigenwaarde geeft het gewicht aan dat de betreffende component (PC) in de schaal legt.

Assen

De x- en y-assen van de figuren staan voor de componenten. Bij de as staat weergegeven welke component het betreft. De verticaal geschreven component staat op de verticale as, de horizontaal geschreven component staat op de horizontale as.

Lijnen en punten

Met groene lijnen wordt weergegeven in welke mate de componenten (assen) een bepaalde variabele (meting) representeren. Ofwel: langere groene lijnen in (nagenoeg) dezelfde richting als een component (as) geven weer dat de betreffende variabelen gerepresenteerd wordt door die component. Op dezelfde wijze kunnen de verschillende behandelingen in het diagram worden afgelezen: deze behandelingen worden weergegeven met punten (zonder lijnen) en geven de score van de behandelingen op de componenten weer. Groene lijnen en punten die in dezelfde richting zijn geplot geven dus weer dat de behandelingen (punten) hoog scoren op deze variabelen (groene lijnen).

Interpretatie

Chroma's

Boomgaard

Component 1 verklaart 56% van de variatie in de dataset. In september 2018 was dit 60%. Een hoge score op deze component hangt samen met de mineralenbalans en biobeschikbaarheid van mineralen, humusinhoud, actief bodemleven en doorluchting. Bij de monsternamen in 2018 scoorden alle behandelingen met epsomzout met frequenties hoog op deze parameters. De behandelingen bokashi, slib en de controle scoorden op deze aspecten negatief. De behandeling met frequenties vertoont nu geen correlatie met deze component. Mogelijk wordt dit veroorzaakt doordat dit jaar een ander dragermateriaal is toegepast. De controle scoort nog steeds duidelijk negatief, maar voor de andere behandelingen is er geen eenduidige relatie met component 1.

De tweede component staat voor 22% van de variatie in de dataset in september 2019. Dat was in 2018 17%. Toen stond deze component voor een hoge score op de parameter Algemene bodemvruchtbaarheid Cz-1 (kleur in de chroma) en een lage score op Algemene bodemvruchtbaarheid Cz-2 (maat en vorm van de zone in de chroma). Nu scoren beide parameters hoog op deze component. Vorig jaar zagen we een sterke samenhang met de toepassing van compost, vooral wanneer dit was gecombineerd met slib. De behandeling Bokashi en in mindere mate de behandeling met slib zonder compost lieten juist het tegenovergestelde zien: een goede score op de parameter Algemene bodemvruchtbaarheid Cz-2, maar een mindere score op Algemene bodemvruchtbaarheid Cz-1. Dit jaar is er geen eenduidige relatie tussen de behandelingen en de score aanwezig. De verschillende behandelingen met slib, compost en frequenties liggen verspreid in het diagram.

Veehouderij

Component 1 verklaarde in september 2018 54% van de variatie in de dataset. Net als bij de boomgaard hing een positieve score op deze component samen met de mineralenbalans en biobeschikbaarheid van mineralen, humusinhoud en actief bodemleven. Doorluchting hing hier echter niet samen met de eerste component, zoals bij de boomgaard, maar

humusinhoud en humusvorming toonden wel een correlatie. Ook hier scoorden alle behandelingen met epsomzout met frequenties hoog op deze component. Behandelingen met bokashi en compost scoorden juist laag. Een relatie met slib, zoals we bij de boomgaard zagen, was hier niet evident.

Bij de data van september 2019 verklaart de eerste component slechts 37% van de variatie in de dataset. Dit geeft aan dat er minder samenhang is tussen de data dan vorig jaar. De component hangt nog wel samen met dezelfde variabelen als vorig jaar, maar de onderlinge correlatie tussen deze variabelen is veel kleiner geworden. Slib (+frequenties) scoort nog steeds hoog op deze component en de verschillende behandelingen met compost en bokashi scoren laag. Dit jaar scoren de controle en slib ook hoog op deze component, terwijl de score vorig jaar neutraal was.

De tweede component stond vorig jaar voor 20% van de variatie in de dataset en dit jaar voor 25%. Vorig jaar stond deze component vooral voor een goede doorluchting en actief bodemleven, maar een lage algemene bodemvruchtbaarheid. Dit jaar zien we wederom de goede doorluchting en is er nu een negatieve correlatie met de component actief bodemleven. De variabelen correleren onderling beter. De controle scoort hoog op deze component. Ook de behandelingen met frequenties scoren over het algemeen hoog, maar de combinatie met slib scoort negatief. Voor de overige behandelingen is het beeld wisselend.

Microbiologische bodemprocessen

Boomgaard

De eerste component stond vorig jaar voor 45% van de variatie in de dataset en dit jaar voor 41%. In 2018 betekende een positieve score op deze component dat er een grote totale hoeveelheid voedingsstoffen was en er relatief veel voedingsstoffen werden vrijgemaakt door symbiotische micro-organismen in de wortelzone, terwijl het aandeel opgeloste nutriënten relatief laag was. Daarnaast correleerde de component met het vrijkomen van vrij veel voedingsstoffen door afbraak van organisch materiaal, waarbij zuurstofstress dreigde. Met name de behandelingen controle en epsomzout met frequenties scoorden hierop hoog, gevolgd door de behandeling met slib. Compost + slib en frequenties scoorden juist negatief op deze component.

De tweede component stond vorig jaar voor 21% van de variatie in de dataset. Deze component gaf weer dat er veel zuurstof verbruikt werd door afbrekers van organisch materiaal en relatief weinig door symbiotisch microleven dat de planten voedt. Deze component vertoonde enige samenhang met de toediening van compost en mogelijk juist een negatieve relatie met de toediening van bokashi. Er was echter nog veel variatie tussen de verschillende behandelingen met compost en bokashi. Enkele mengsels scoorden ook neutraal op deze component. Een negatieve score stond voor dominantie van oplosbare voedingsstoffen en een zuurstofrijkere omgeving met vooral meer symbiotische micro-organismen.

Dit jaar wordt de samenhang in de dataset door andere kenmerken bepaald. Met name het soort symbionten hangt met de eerste component samen (een hogere score betekent een voor de plant minder optimale populatie), evenals de respiratie van micro-organismen die organische stof omzetten en de totale nutriëntenvoorraad. De respiratie van symbionten heeft een negatieve samenhang met de eerste component. Bokashi vertoont een zeer hoge correlatie met de component, maar niet wanneer het gecombineerd is met slib. Compost correleert ook in enige mate met deze component, maar ook minder wanneer het gecombineerd is met slib. De controle scoort neutraal en de behandelingen met frequenties wisselend.

De tweede component verklaart 27 % van de variatie in de dataset. Deze component correleert zeer sterk met aanwezigheid van veel oplosbare voedingsstoffen en sterk met rottingsprocessen. Ze correleert zeer sterk negatief met voedingsstoffen die worden vrijgemaakt door symbionten en sterk negatief met de respiratie van organismen die organische stof omzetten. Een groot aanbod van oplosbare voedingsstoffen lijkt de activiteit van deze organismen negatief te beïnvloeden. Alle behandelingen met compost scoren hoog tot zeer hoog op deze component. De behandelingen met bokashi laten juist een negatieve correlatie met de component zien, vooral in combinatie met slib.

Veehouderij

De eerste component verklaarde vorig jaar 44% van de variatie in de dataset. De component vertoonde gelijkenissen met het beeld in de appelboomgaard. Een positieve score op deze component gaf weer dat er een grote totale hoeveelheid voedingsstoffen was en er relatief veel voedingsstoffen werden vrijgemaakt door symbiotische micro-organismen in de wortelzone, terwijl het aandeel opgeloste nutriënten relatief laag was. In afwijking op de boomgaard zagen we echter ook dat het aandeel van voedingsstoffen uit afbraak laag was bij de behandelingen die hoog scoorden op deze component. Het waren met name frequenties, bokashi + slib en compost die hoog scoorden.

Een lage score op de eerste component betekende dat er veel oplosbare voedingsstoffen waren en er vrij veel voedingsstoffen vrijkwamen door afbraak van organisch materiaal. Dit zagen we vooral bij compost + slib en compost + frequenties.

De tweede component stond voor 33% van de variatie in de dataset. Een positieve score op deze component gaf weer dat er veel zuurstof verbruikt werd door zowel afbrekers van organisch materiaal als symbiotisch microleven dat de planten voedt, zonder dat er rottingsprocessen plaatsvonden. Dit zagen we met name bij compost + frequenties. Alleen compost en compost + slib scoorden juist opvallend negatief op deze component. Daar zagen we dus wel rottingsprocessen door zuurstofstress en juist relatief lage activiteit van microleven.

Dit jaar verklaart de eerste component 50% van de variatie in de dataset. De betekenis van deze component is hetzelfde als vorig jaar. Opvallend is dat ook dit jaar compost+slib en compost+frequenties sterk negatief scoren op deze component. Dit betekent dat hier veel oplosbare voedingsstoffen aanwezig waren en veel voedingsstoffen vrijkwamen door afbraak van organisch materiaal. De behandelingen die dit jaar hoog scoren op de component, wat een hoge activiteit van symbionten betekent, zijn wel deels anders dan vorig jaar. Frequenties en compost scoren wederom hoog. Bokashi+slib scoort lager dan vorig jaar maar nog wel positief.

De tweede component verklaart dit jaar 19% van de variatie. Een hoge score staat nu ook weer voor afwezigheid van rottingsprocessen en hoge respiratie van micro-organismen die organische stof omzetten. Opvallend is echter dat de hoge respiratie van deze afbrekers, dit jaar ook correleert met 'type symbionten'. Dit betekent dat het samengaat met een populatie symbionten die minder gunstig is voor de planten. Hoewel de sterkte van de correlatie wisselt, is het opvallend dat alle behandelingen met slib (behalve in combinatie met compost en frequenties) positief correleren met deze component en alle behandelingen met compost (zonder slib) negatief. De controle scoort neutraal, evenals de bokashi zonder slib.

Bodemvoedselweb

Bij de gegevens van de analyse van het bodemvoedselweb zien we zowel in 2018 als in 2019 nog geen duidelijke patronen aftekenen op basis van de statistische analyses.

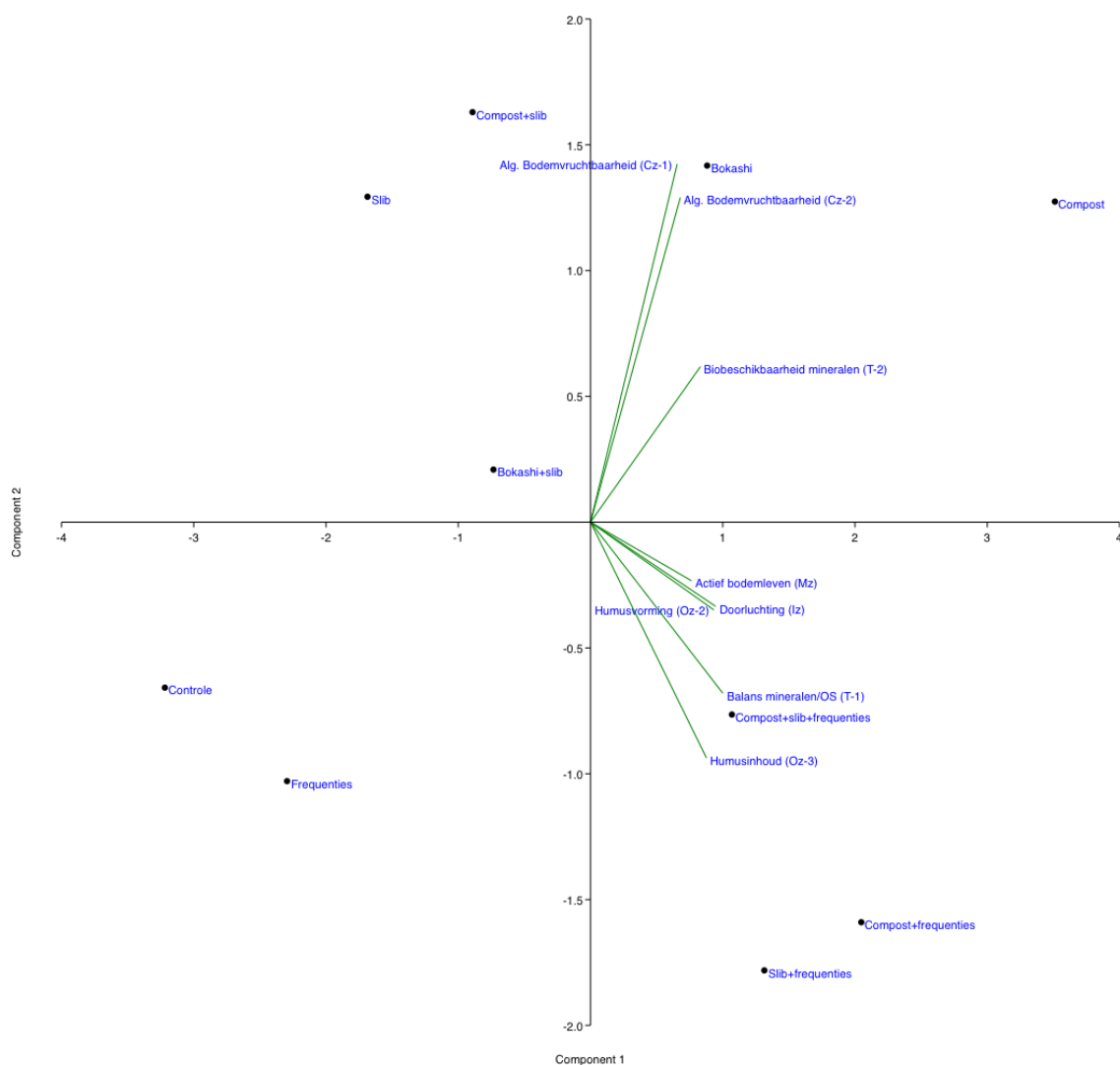
Op de volgende pagina staat een tabel met het overzicht van bovengenoemde PCA-resultaten van 2018 en 2019:

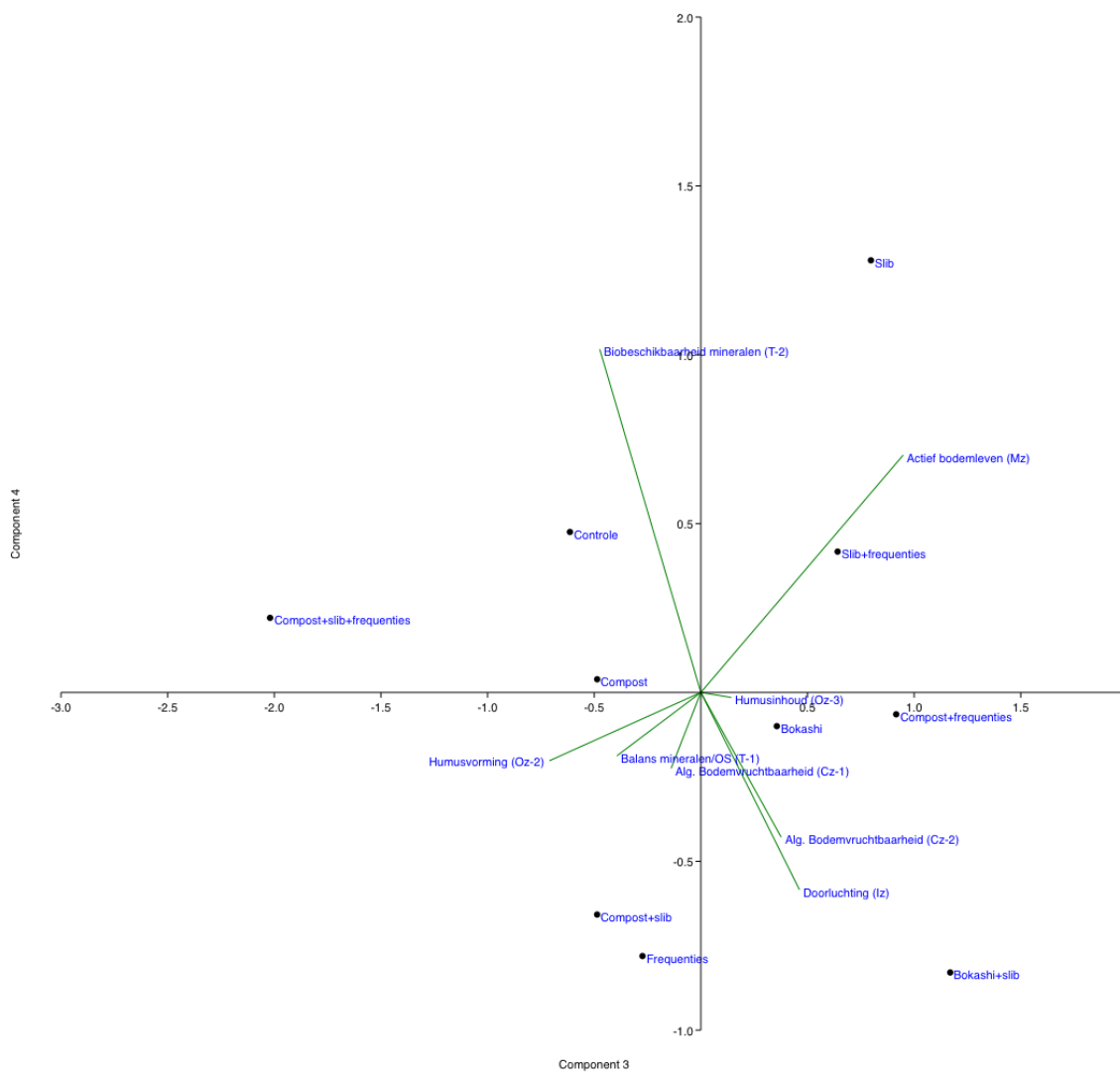
Chroma's	Meetmoment	% variatie en Correlatie met	Component 1	Component 2	Component 1	Component 2
	Sep-18	Percentage van de variatie	60	17	54	20
		Parameters	Balans mineralen/OS, mineralen-biobeschikbaarheid, humusinhoud, actief bodemleven, doorluchting	Algemene bodemvruchtbaarheid Cz-1 en (lager) Cz-2	Balans mineralen/OS, mineralen-biobeschikbaarheid, humusinhoud, actief bodemleven	Hoge score: algemene bodemvruchtbaarheid Cz-1 en goede doorluchting.
		Behandelingen	Positief: alle behandelingen met epsomzout en frequenties. (Negatief: controle en alle behandelingen met Bokashi en slib).	Compost, vooral met slib correleert met Cz-1. Bokashi (negatieve score op component-2) scoort hoog op Cz-2.	Hoge score op component-1: alle behandelingen met epsomzout en frequenties	Hoge positieve score: compost met slib en frequenties.
	Sep-19	Percentage	56	22	37	25
		Parameters	Balans mineralen/OS, mineralen-biobeschikbaarheid, humusinhoud en -vorming, actief bodemleven, doorluchting	Algemene bodemvruchtbaarheid Cz-1 en Cz-2	Balans mineralen/OS, mineralen-biobeschikbaarheid, humusinhoud en -vorming, actief bodemleven	Algemene bodemvruchtbaarheid en goede doorluchting.
		Behandelingen	Compost, Bokashi, de rest geen eenduidige relatie	Geen eenduidige relatie tussen behandelingen en score. (behalve Bokashi met Cz-2?)	Controle, slib en alle behandelingen met zand en frequenties	Behandelingen correleren beter. Compost met slib (en evt. Frequenties) scoren hoog op component 2.
			Boomgaard		Weiland	
Activiteit microbiologie	Meetmoment	% variatie en Correlatie met	Component 1	Component 2	Component 1	Component 2
	Sep-18	Percentage van de variatie	45	21	44	33
		Parameters	Grote totale hoeveelheid voedingsstoffen, relatief veel voedingsstoffen vrijgemaakt door micro-organismen in de wortelzone en vrij veel door afbraak van organisch materiaal waarbij zuurstofstress dreigde.	Veel zuurstof verbruikt door afbrekers van organisch materiaal, weinig door symbiotisch microleven dat de planten voedt.	Grote totale hoeveelheid voedingsstoffen. Relatief veel voedingsstoffen vrijgemaakt door symbiotische micro-organismen in de wortelzone. Aandeel opgeloste nutriënten relatief laag.	Hoge positieve score: Veel zuurstofverbruik door afbrekers van organisch materiaal en door symbiotische microleven dat de planten voedt, zonder rottingsprocessen.
		Behandelingen	Hoge positieve score: controle, frequenties en (lager) slib.	Enige samenhang met compost. Negatieve relatie met Bokashi (= vooral oplosbare voedingsstoffen, zuurstofrijke omgeving, voornamelijk symbiotische micro-organismen. Nog veel variatie tussen de verschillende behandelingen met compost en Bokashi	Frequenties, Bokashi met slib, compost (allemaal hoog). Aandeel voedingsstoffen uit afbraak van organisch materiaal laag voor deze behandelingen. (Sterk negatieve score voor compost met slib en compost met frequenties = veel oplosbare voedingsstoffen en vrij veel voedingsstoffen uit afbraak van organisch materiaal).	Hoge positieve score door compost met frequenties. (Compost en compost met slib: opvallend negatieve score = rottingsprocessen door zuurstofstress en relatief lage activiteit van symbiotisch microleven).
	Sep-19	Percentage	41	27	50	19
		Parameters	Het soort symbionten (hoger = voor de plant minder optimale populatie). Zuurstofverbruik door micro-organismen die OS omzetten. Totale nutriëntenvoorraad. Zuurstofverbruik door symbionten heeft negatieve samenhang.	Aanwezigheid van veel oplosbare voedingsstoffen (zeer sterk correlatie) en rottingsprocessen (sterke correlatie).	Grote totale hoeveelheid voedingsstoffen. Relatief veel voedingsstoffen vrijgemaakt door symbiotische micro-organismen in de wortelzone. Aandeel opgeloste nutriënten relatief laag.	Afwezigheid van rottingsprocessen. Hoog zuurstofverbruik door micro-organismen die OS omzetten. Type symbionten. Betekent: Hoge respiratie door OS-afbrekers gaat samen met een populatie symbionten die minder gunstig is voor de planten.
		Behandelingen	Bokashi zonder slib (zeer hoge correlatie). Compost zonder slib (enige correlatie).	Alle behandelingen met compost (hoog tot zeer hoog) met component 2. Compost (met evt. Frequenties) met oplosbare voedingsstoffen.	Frequenties, compost met slib en frequenties, compost (allemaal hoog). Aandeel voedingsstoffen uit afbraak van organisch materiaal laag en symbionten-activiteit hoog voor deze behandelingen. (Sterk negatieve score voor compost met slib en compost met frequenties = veel oplosbare voedingsstoffen en veel voedingsstoffen uit afbraak	Positief: alle behandelingen met slib, behalve in combinatie met compost en frequenties. (Alle behandelingen met compost zonder slib negatief).
			Boomgaard		Weiland	
Bodem-voedselweb	Meetmoment	% variatie en Correlatie met	Component 1	Component 2	Component 1	Component 2
	Sep-18	Percentage van de variatie	29	20	30	20
		Parameters	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.
		Behandelingen	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.
	Sep-19	Percentage	30	18	27	22
		Parameters	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.
		Behandelingen	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.	Geen duidelijke patronen.

Bijlage 1 – Resultaten PCA-analyse Fruitteelt

Chroma's

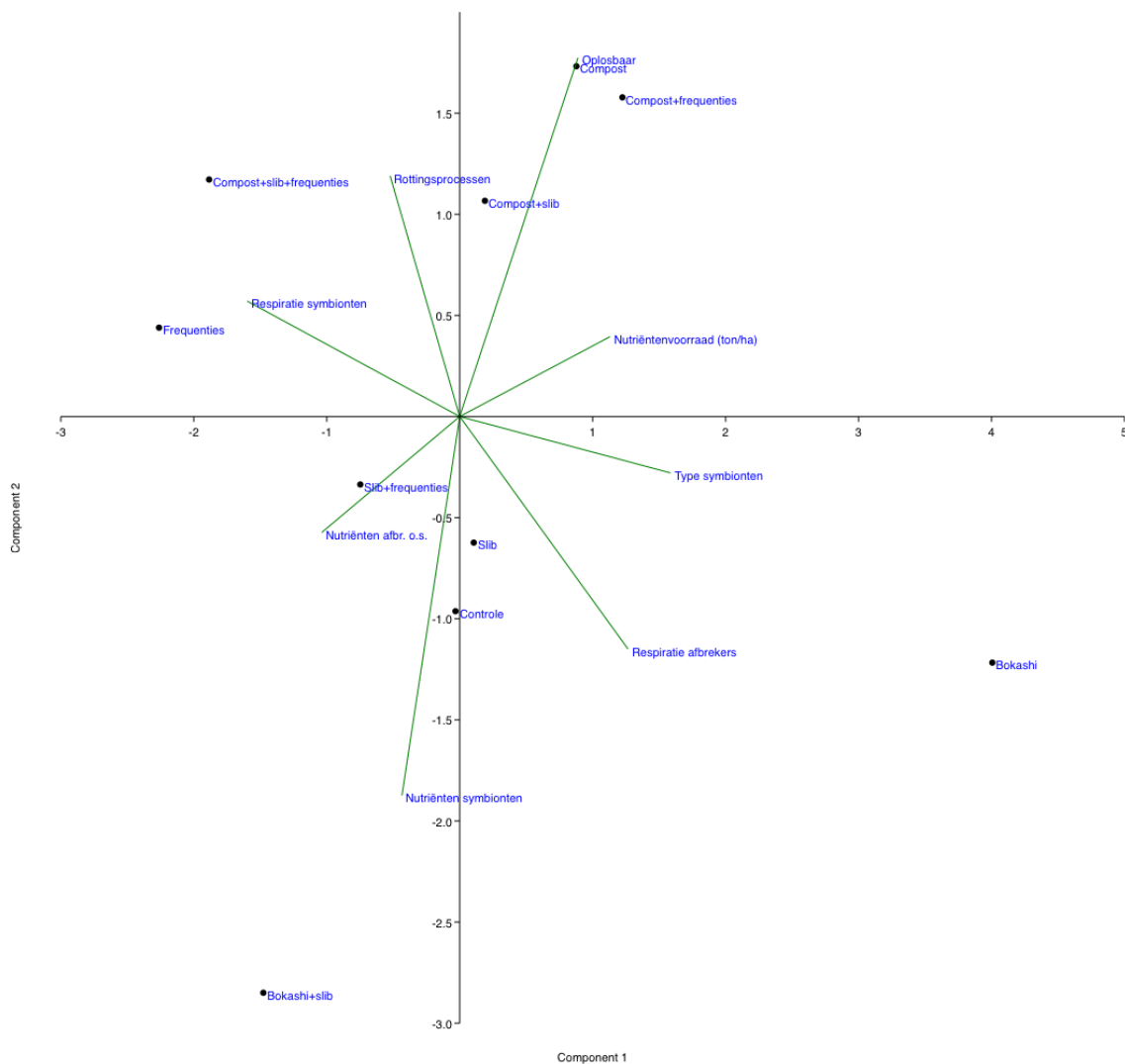
PC	Eigenwaarde	% variantie
1	4,44117	55,515
2	1,75357	21,92
3	0,931505	11,644
4	0,425681	5,321
5	0,223269	2,7909
6	0,203975	2,5497
7	0,0170553	0,21319
8	0,00376951	0,047119

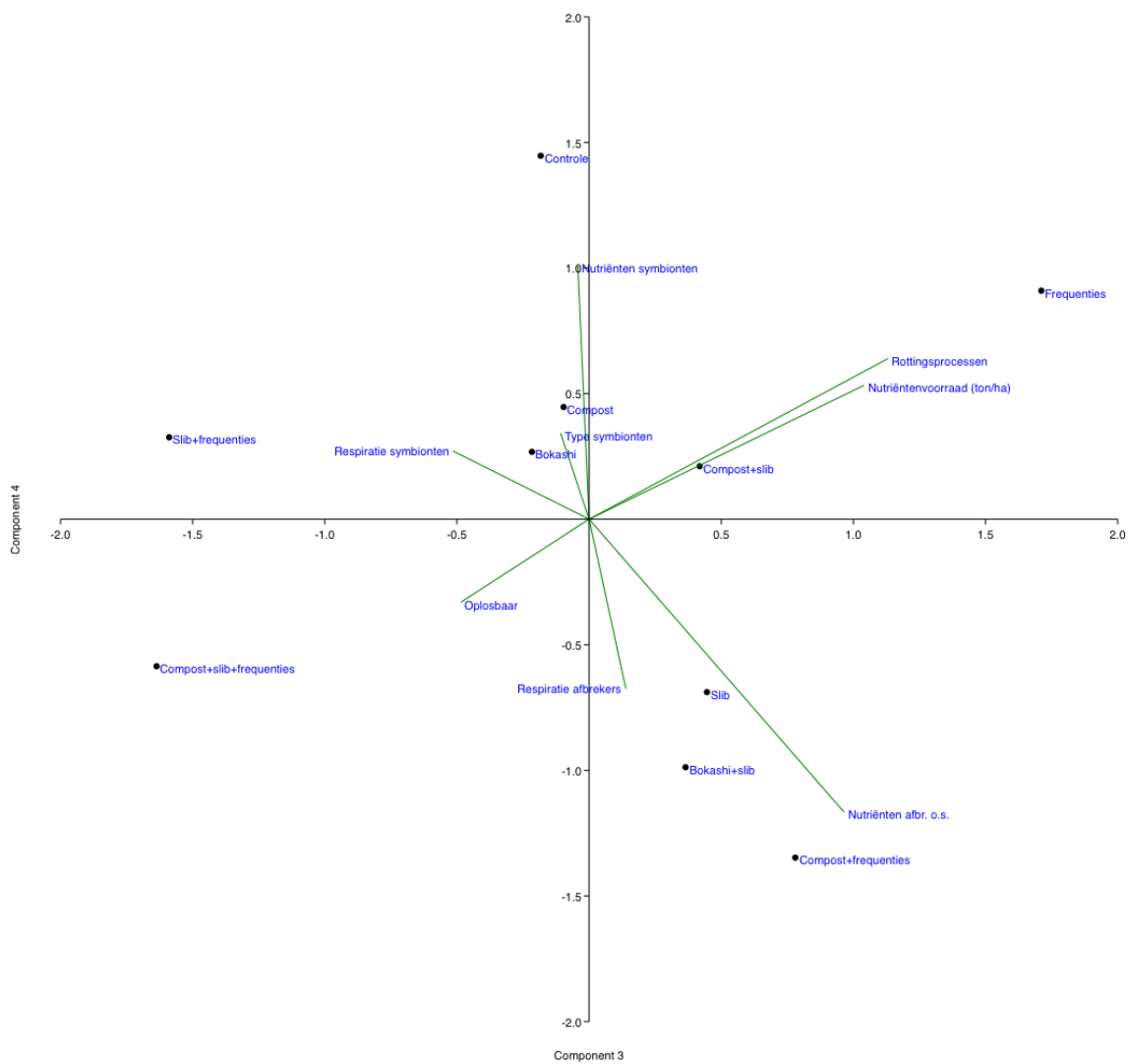




Activiteit microbiologie

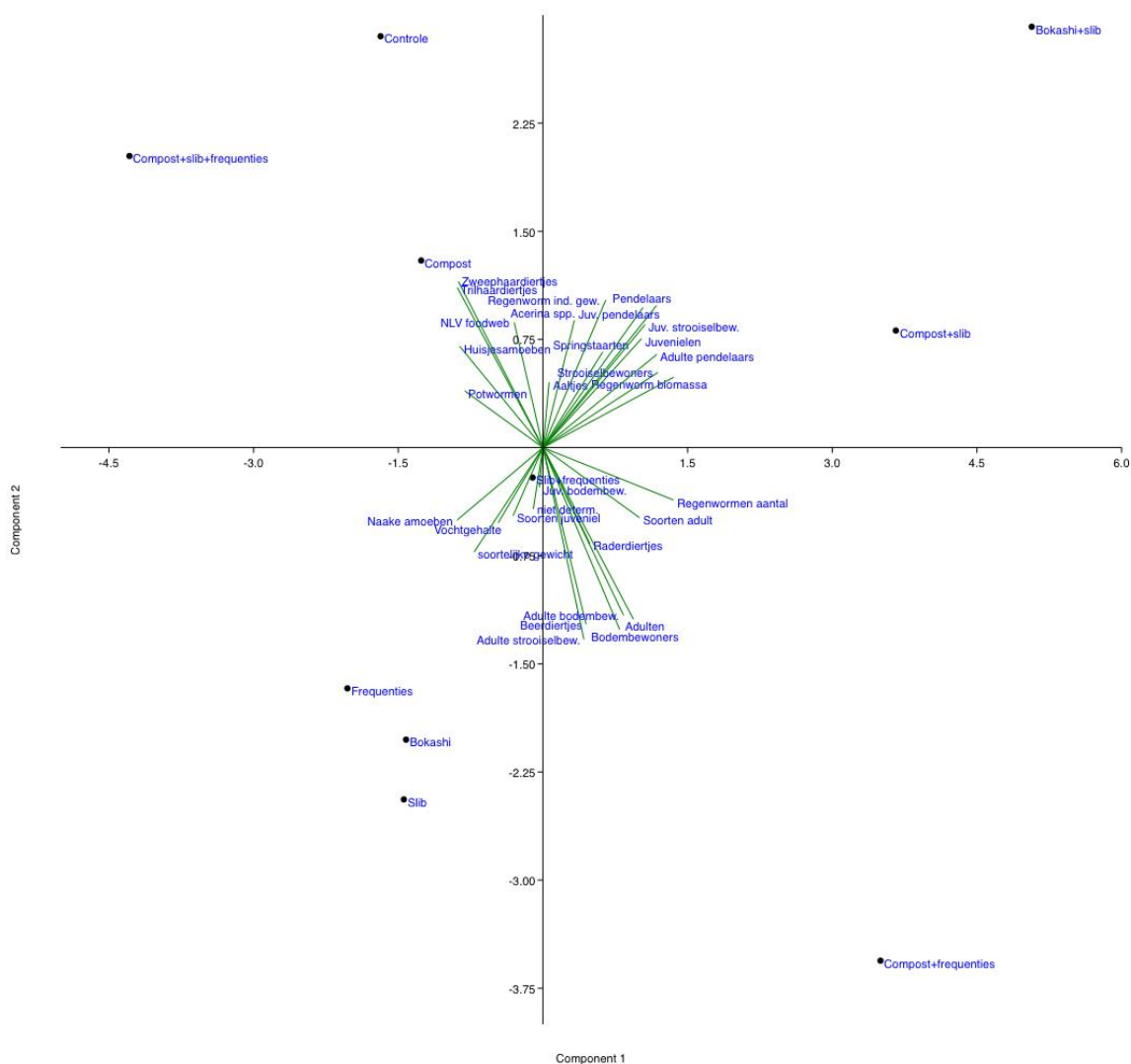
PC	Eigenwaarde	% variantie
1	3,30787	41,348
2	2,13598	26,7
3	1,0372	12,965
4	0,77244	9,6555
5	0,514923	6,4365
6	0,21893	2,7366
7	0,0101427	0,12678
8	0,00250885	0,031361

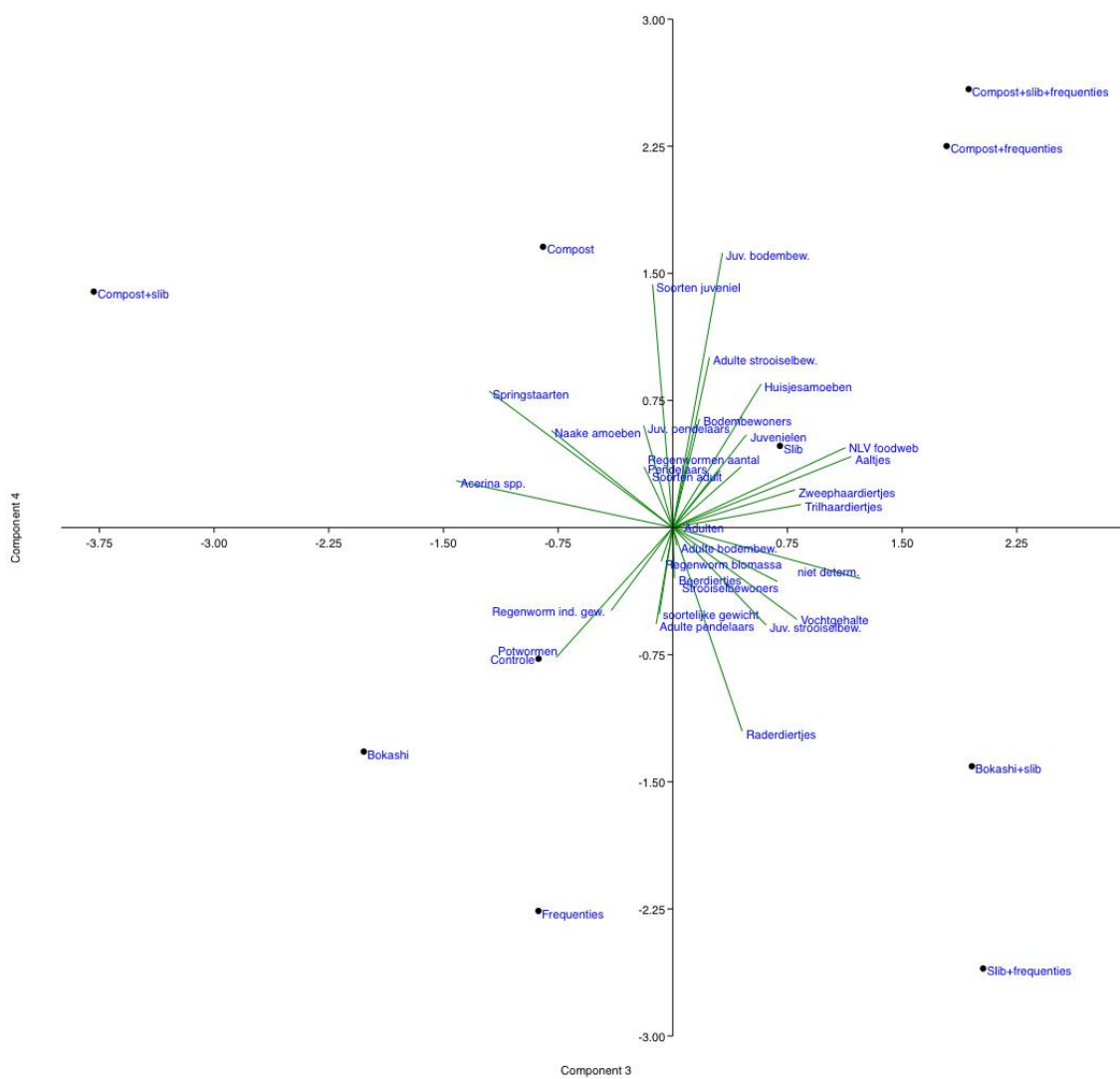




Bodemvoedselweb

PC	Eigenwaarde	% variantie
1	9,14931	30,498
2	5,40559	18,019
3	4,0087	13,362
4	3,65429	12,181
5	2,75162	9,1721
6	2,16591	7,2197
7	1,38205	4,6068
8	1,1935	3,9783
9	0,289049	0,9635

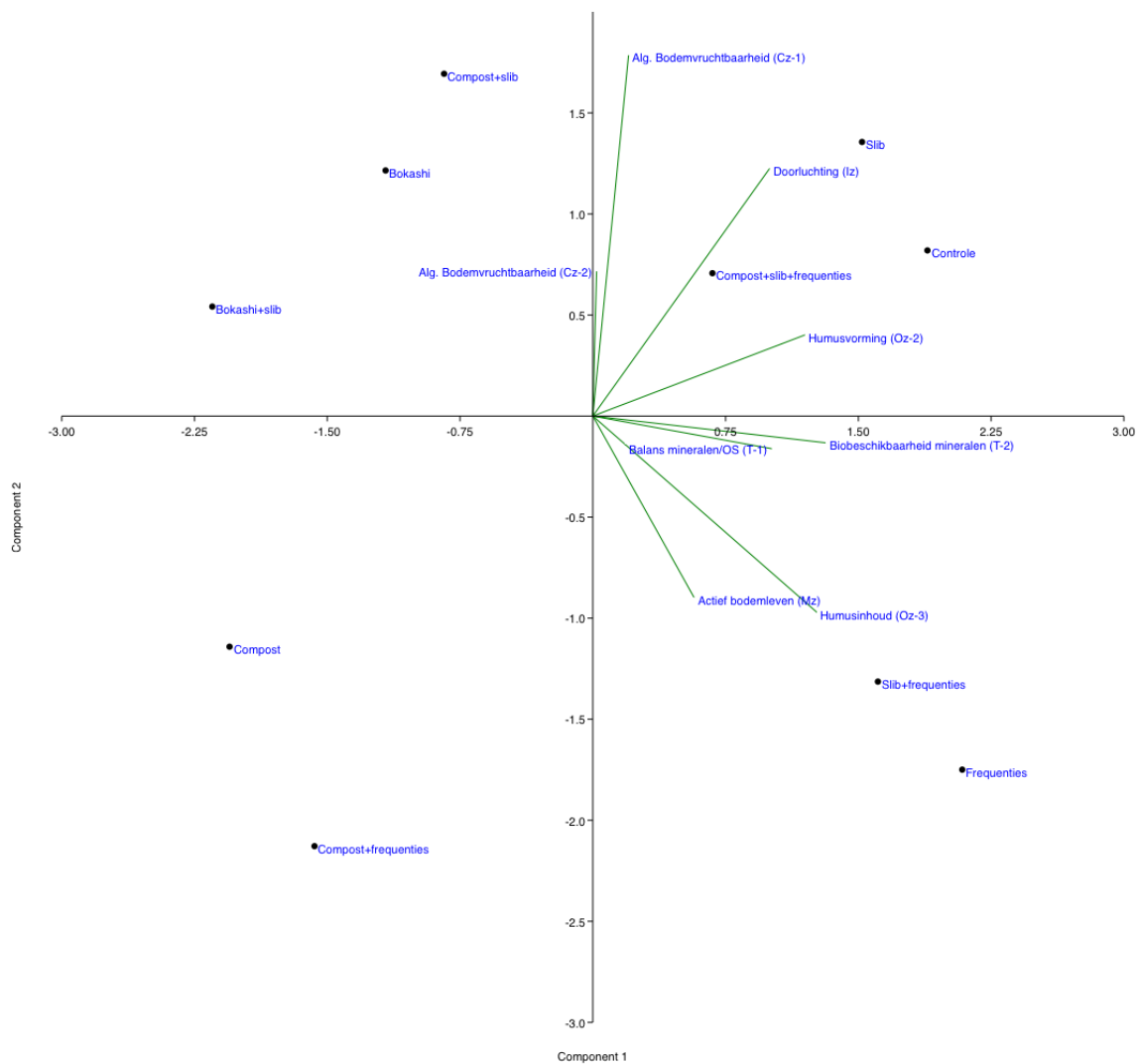


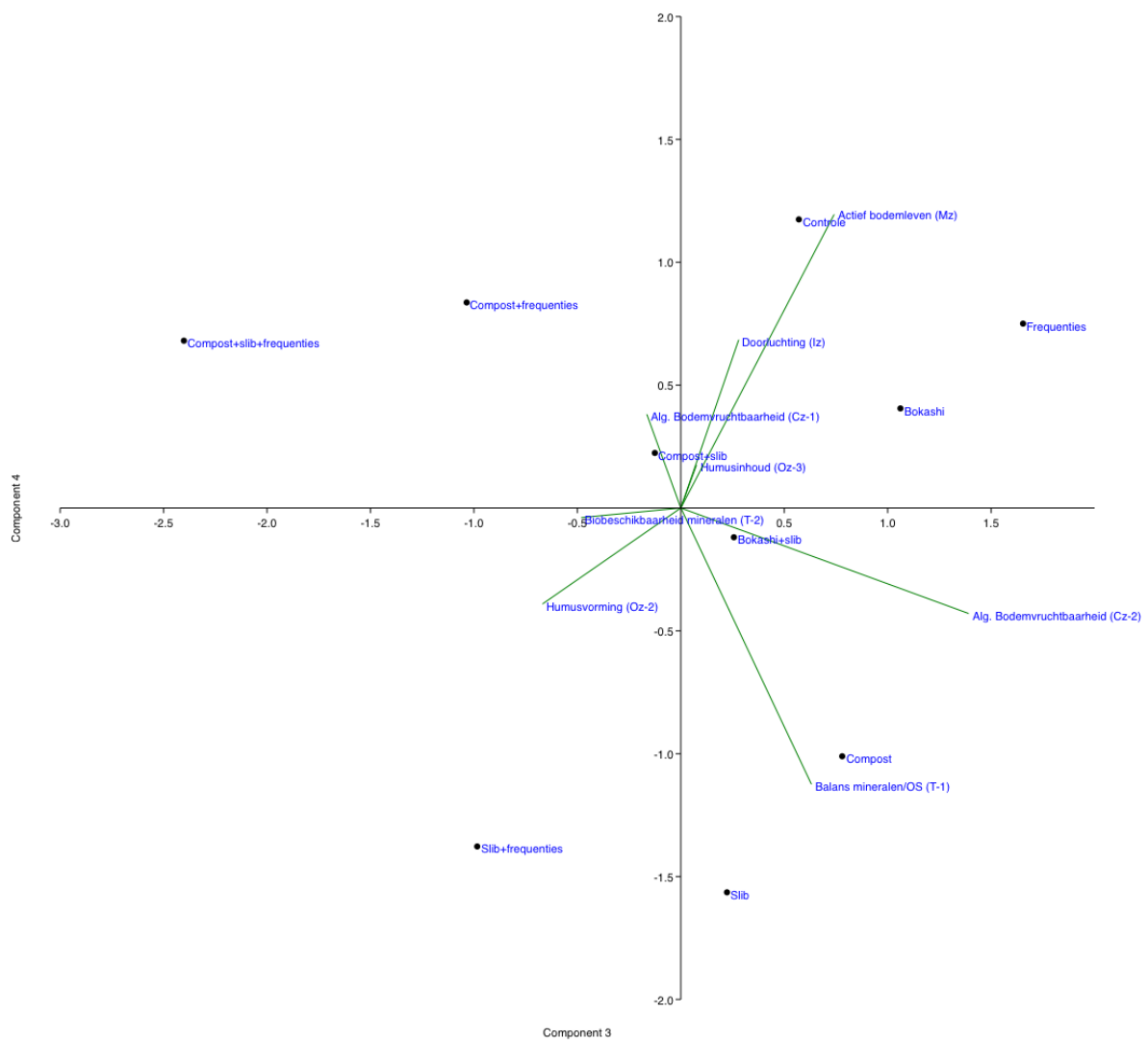


Bijlage 2 – Resultaten PCA-analyse Veeteelt

Chroma's

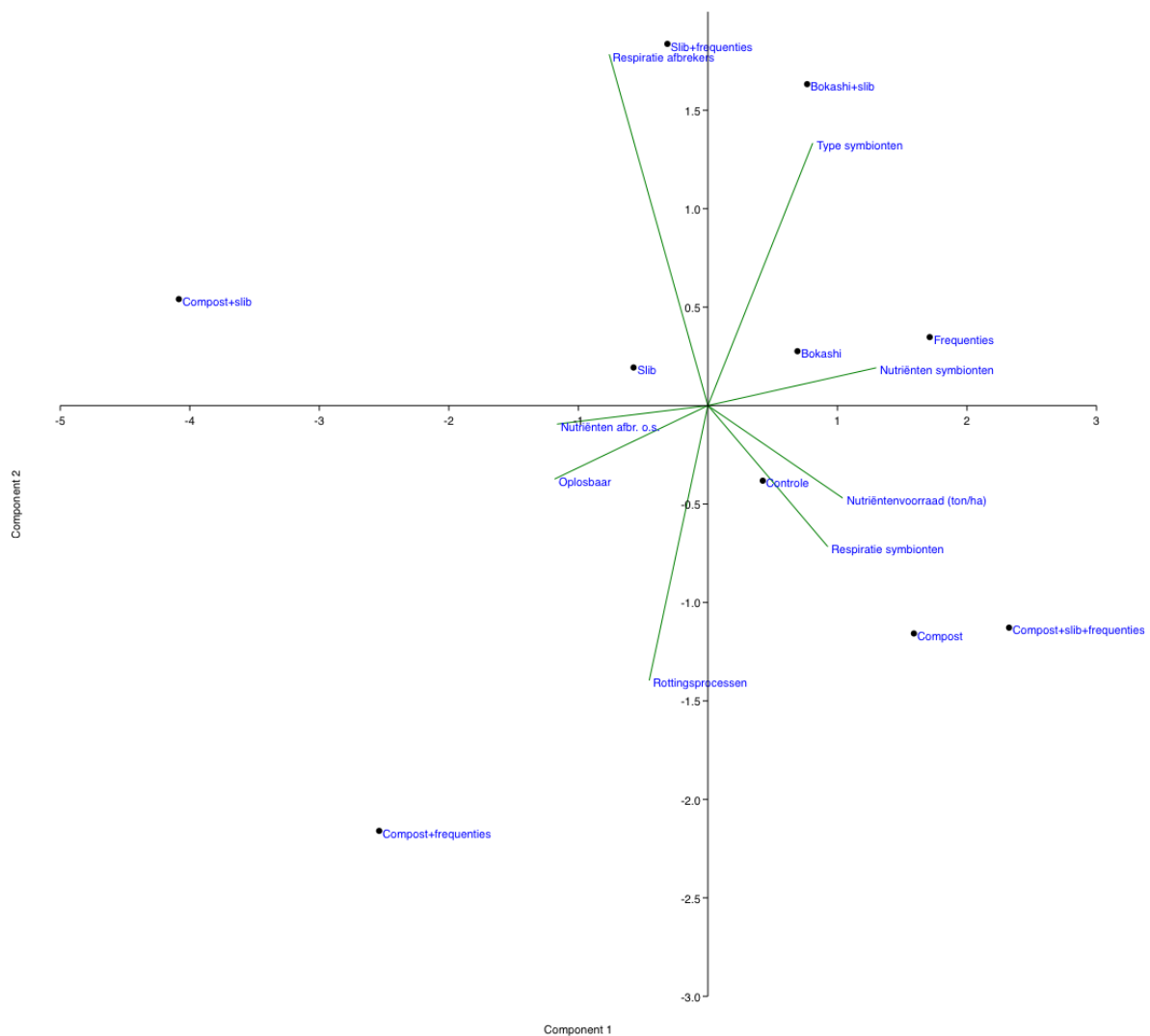
PC	Eigenwaarde	% variantie
1	2,96331	37,041
2	2,02971	25,371
3	1,41525	17,691
4	0,96647	12,081
5	0,332355	4,1544
6	0,21562	2,6952
7	0,0713284	0,89161
8	0,00595534	0,074442

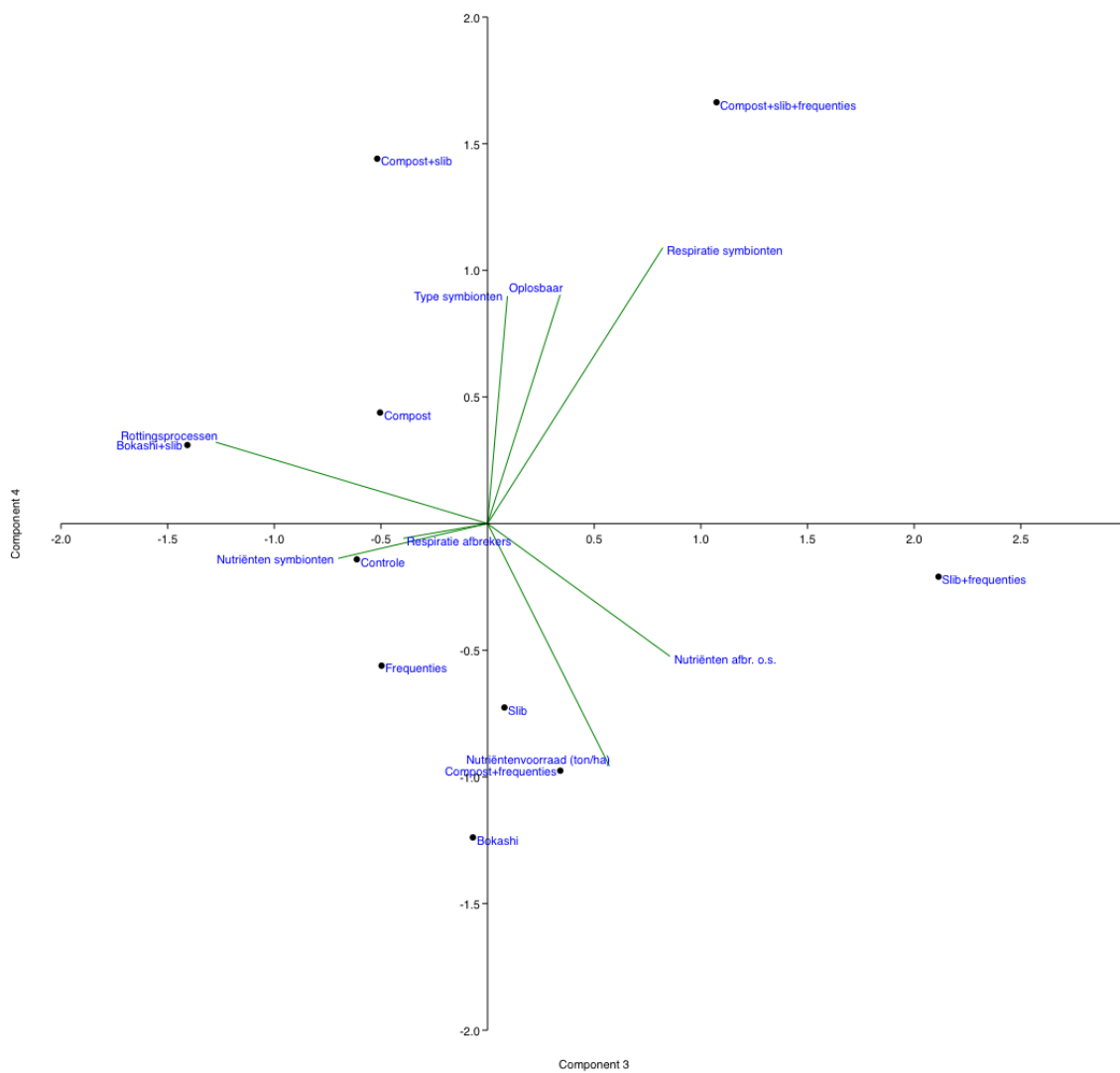




Activiteit microbiologie

PC	Eigenwaarde	% variantie
1	3,96243	49,53
2	1,55424	19,428
3	0,986216	12,328
4	0,947063	11,838
5	0,353538	4,4192
6	0,126969	1,5871
7	0,06665	0,83313
8	0,00289563	0,036195





Bodemvoedselweb

PC	Eigenwaarde	% variantie
1	7,23182	26,785
2	5,87682	21,766
3	5,48598	20,318
4	3,1164	11,542
5	2,21561	8,206
6	1,09854	4,0687
7	0,86196	3,1924
8	0,721729	2,6731
9	0,391141	1,4487

