

# Micronutriënten in bodem en gewas na toediening van verschillende organische producten

Rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249)

Annette Pronk, Karst Brolsma, Frank de Ruijter





# Micronutriënten in bodem en gewas na toediening van verschillende organische producten

Rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249)

Annette Pronk<sup>1</sup>, Karst Brolsma<sup>2</sup>, Frank de Ruijter<sup>1</sup>

1 Wageningen University & Research

2 Eurofins

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde, en Eurofins als onderdeel van het TKI-project "Micronutriënten in de kringloop" (LWV20.249). Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI'sw) van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

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

Wageningen, maart 2023

---

Rapport WPR-1234

---

Pronk, A.A., K. Brolsma & F.J. de Ruijter, 2023. *Micronutriënten in bodem en gewas na toediening van verschillende organische producten; Rapportage in het kader van het TKI-project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249)*. Wageningen Research, Rapport WPR-1234. 42 blz.; 14 fig.; 10 tab.; 6 ref.

Gereviewd door: Marianna Siegmund-Schulze

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/589533>

Het effect van toediening van tien zeer verschillende organische producten op micronutriënten in bodem en gewas is bekeken in een veldproef met achtereenvolgens aardappelen en suikerbieten. Voor borium, koper, kobalt, magnesium, mangaan en zink is de plantbeschikbaarheid in de bodem en de opname door het gewas bepaald. Bij gelijke aanvoer aan stikstof, fosfaat en kalium met de verschillende producten waren er weinig verschillen in gewasopbrengst en in plantbeschikbaarheid en gewasopname van de micronutriënten. Gemiddelde waarden voor plantbeschikbaarheid in de bodem en voor gehalten in geogoste aardappelen en suikerbieten worden gegeven.

Trefwoorden: aardappel, suikerbiet, organische producten, plantbeschikbaarheid, gewasopname

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research)

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

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

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

Rapport WPR-1234

Foto omslag: Shutterstock

---

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methoden</b>	<b>6</b>
2.1	Proefopzet	6
2.2	Behandelingen en aanvoer (micro)nutriënten	6
2.3	Bepaling van de bruto en netto-opbrengst	7
2.4	Metingen van micronutriënten	7
2.4.1	Nutriëntgehalten in de organische producten	7
2.4.2	Nutriëntbeschikbaarheid in de bodem	8
2.4.3	Nutriëntgehalten in geoogst product	8
2.5	Statistische analyses	9
2.5.1	Bemeste behandelingen versus de onbemeste controle	9
2.5.2	Datacontrole en outliers	9
2.5.3	Variantieanalyse	9
2.5.4	Controle op homogeniteit en normale verdeling residuen	9
2.5.5	Variabelen getoetst met de variantieanalyse	9
2.5.6	Relatie tussen aanvoer, beschikbaarheid bodem, gehalte in oogstbaar product en opbrengstparameters	10
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>11</b>
3.1	Bodemanalyses	11
3.1.1	Aardappelen	11
3.1.2	Suikerbieten	12
3.2	Gewasanalyses	13
3.2.1	Aardappelen	13
3.2.2	Suikerbieten	15
3.3	Relatie aanvoer, beschikbaarheid, gehalte en opbrengst	18
3.3.1	Aardappelen	18
3.3.2	Suikerbieten	21
3.4	Koper en zink bemestingsadvies	22
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>24</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>26</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>R-script voor de standaardprocedure voor de analyse van de parameters</b>	<b>27</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Boxplots voor identificatie outliers bodemanalyses aardappelen zonder behandeling 12</b>	<b>28</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Boxplots voor identificatie outliers bodemanalyses suikerbieten zonder behandeling 12</b>	<b>30</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Boxplots voor identificatie outliers gewasparameters aardappelen knollen zonder behandeling 12</b>	<b>31</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Boxplots voor identificatie outliers gewasparameters suikerbieten zonder behandeling 12</b>	<b>33</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Analyses complete set inclusief onbemeste controle (behandeling 12)</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Relatie aanvoer, beschikbaarheid en gewasparameters</b>	<b>39</b>

---

---

# 1 Inleiding

In 2021 is het TKI Project Micronutriënten in de kringloop (LWV20.249) van start gegaan. Doel van het project is bij te dragen aan het sluiten van de kringloop van essentiële micronutriënten in het Nederlandse voedselsysteem. De focus ligt bij het directe (via de reststromen die micronutriënten bevatten) en indirecte (na behandeling van de reststromen) hergebruik van de micronutriënten. De projectaanpak omvat het in kaart brengen van de nutriëntenstromen en -concentraties in reststromen, de plantbeschikbaarheid van deze micronutriënten en het ontwikkelen van waardeketens voor gerecyclede micronutriënten.

Gegevens over micronutriënten zijn relatief schaars. In 2018 en in 2019 is een veldproef uitgevoerd met de toediening van tien verschillende organische producten voorafgaand aan de teelt van respectievelijk aardappelen en suikerbieten (Postma *et al.*, 2020). Deze proef was gericht op bestudering van het effect van toediening van verschillende organische producten op de bodemweerbaarheid. In dit onderzoek zijn ook micronutriënten gemeten in product, bodem en gewas, en deze gegevens kunnen gebruikt worden voor het verhogen van inzicht in stromen van micronutriënten in de landbouw.

De analyse concentreert zich op het macro-element magnesium (Mg) en de micronutriënten borium (B), koper (Cu), kobalt (Co), mangaan (Mn) en zink (Zn). Het doel van de studie is om meer inzicht te krijgen in aanvoer, bodembeschikbaarheid, gehalten in het gewas en afvoer van micronutriënten. Voor koper en zink zijn iets meer metingen uitgevoerd en wordt een analyse gedaan naar de geschiktheid van de gegevens voor het opstellen van een advies over koper en zink bemesting in aardappelen en suikerbieten.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Proefopzet

In 2018 en in 2019 zijn op zandgrond in Vredepeel veldproeven uitgevoerd met respectievelijk aardappelen en suikerbieten met de toediening van tien verschillende organische producten, een controle met NPK-bemesting met kunstmest, en een volledig onbemeste controle (Postma *et al.*, 2020) (Tabel 1). Gedurende de twee jaren zijn de behandelingen op hetzelfde veldje aangebracht. Voor een uitgebreide beschrijving van de veldproeven zie Postma *et al.* (2020). De proefopzet was een blokkenproef met 5 blokken en een veldgrootte van 6 bij 12 meter waarbinnen op 3 bij 8 meter de waarnemingen zijn verricht.

De volgende verrichte waarnemingen zijn in deze analyse gebruikt:

- Opbrengst (totaal en marktbaar, wortelopbrengst en suikeropbrengst)
- Kwaliteitscriteria (maatsortering, zetmeelgehalte, suikergehalte en winbaarheidsparementen)
- Samenstelling organische producten (ds, Mg, Cu en Zn gehalte)
- Samenstelling netto-opbrengsten (ds, Mg, B, Co, Cu, Mn en Zn gehalten in geoogst product)
- Samenstelling grond (ds, pH, fractie lutum, plantbeschikbaarheid aan Mg, B, Co, Cu, Mn en Zn)

### 2.2 Behandelingen en aanvoer (micro)nutriënten

De dosering van de organische producten was afgestemd op de NPK-bemestingsadviezen voor aardappel of suikerbiet en de verwachte mineralisatie van stikstof uit de producten. Voor aardappelen (2018) is voor alle behandelingen een aanvoer aangehouden van 204 kg werkzame N/ha (bij een gemeten bodemvoorraad van ca. 40 kg N/ha), 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en 300 kg K<sub>2</sub>O/ha. Voor suikerbieten (2019) is voor alle behandelingen een aanvoer aangehouden van 165 kg werkzame N/ha (bij een gemeten bodemvoorraad van ca. 20 kg N/ha in de laag 0-60 cm), 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en 180 kg K<sub>2</sub>O/ha.

De mineralisatie van N uit de organische producten (werkzame N) is geschat, en de aanvoer van elk organisch product is bepaald op basis van maximaal de te bemesten werkzame N of de te bemesten hoeveelheid P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> of K<sub>2</sub>O. Vervolgens is waar nodig de aanvoer aan N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O aangevuld met kunstmest tot de gewenste waarden. De NPK-bemesting is hierdoor voor alle behandelingen gelijk, met uitzondering van de controlebehandeling zonder kunstmest (Tabel 2).

**Tabel 1** Beschrijving en herkomst van de organische producten (Postma *et al.*, 2020).

NR	Behandeling	Hoofdbestanddeel product	Categorie	Bedrijf
1	Kerapro Son	Verenmeel	Keratine	Darling Ingredients
2	Kerapro slow release	Verenmeel, kortere hydrolyse	Keratine	Darling Ingredients
3	Biophosphate	Varkensmest-korrels	Dierlijke mest	Darling Ingredients
4	Keratine mengsel	Veren- en haarmeel met bacterie-inoculum	Keratine	Ecostyle BV
5	GFT-compost	Groente-, fruit- en tuinafval, gecomposteerd	Plantaardig	Vereniging Afvalbedrijven (VA)
6	Groencompost	Groenafval, gecomposteerd	Plantaardig	Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR)
7	Fase-3-eind	Paarden- en kippenmest met gips, gekoloniseerd door <i>Agaricus bisporus</i>	Dierlijke mest	CNC
8	Zaadmeel	Brassica juncea zaad, na oliewinning	Plantaardig	P.H. Peterson Saatsucht Lundsgaard
9 (2016)	Biomassa vers	Slootmaaisel	Plantaardig	Waterschap Vallei en Veluwe
9 (2017)	Biomassa ingekuild	Ingekuild slootmaaisel	Plantaardig	Waterschap Vallei en Veluwe
10	Haarmeel	Varkenshaarmeel	Keratine	Darling Ingredients
11	Controle kunstmest			
12	Controle onbehandeld			



**Tabel 2** Aanvoer van organische producten (vers en droog) en het bijbehorende macro-element magnesium (Mg) en de bijbehorende micronutriënten koper (Cu) en zink (Zn), en de kunstmest N als bijbemesting en fosfaat en kalium als basisbemesting in 2018 en 2019. De aanvoer van borium (B), kobalt (Co) en mangaan (Mn) met organische producten is niet bepaald.

Jaar	Eenheid	Behandeling											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	Dosering product [vers, kg/ha]	1528	1500	1000	1417	21140	35983	10417	2556	40306	1417	0	0
	Dosering product [droog, kg/ha]	1462	1448	899	1346	12261	22813	4260	2280	16485	1380	0	0
	Mg [kg/ha]	1.2	1.0	27.0	1.2	61.3	73.0	24.7	15.5	54.4	1.3	0	0
	Cu [g/ha]	14	14	298	17	797	593	128	30	198	21	0	0
	Zn [g/ha]	180	224	1081	219	2881	2874	588	137	626	241	0	0
	Kunstmest N [kg/ha]	41	41	191	41	189	184	178	143	102	41	204	0
	Kunstmest P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha]	41	41	0	42	0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0	0	12	43	50	0
	Kunstmest K <sub>2</sub> O [kg/ha]	298	298	287	295	126	159	163	281	109	298	300	0
2019	Dosering product [vers, kg/ha]	1219	1213	978	1157	19564	34976	10468	2511	19949	1138	0	0
	Dosering product [droog, kg/ha]	1141	1154	811	1074	12912	22000	4187	2207	8000	1082	0	0
	Mg [kg/ha]	0.9	0.8	29.3	1.0	80.2	87.4	62.8	16.6	95.8	1.4	0	0
	Cu [g/ha]	8	9	274	11	491	396	121	33	88	14	0	0
	Zn [g/ha]	147	153	961	157	2260	2442	645	139	472	170	0	0
	Kunstmest N [kg/ha]	41	34	153	39	141	150	133	109	101	34	163	0
	Kunstmest P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/ha]	42	42	0	43	0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0	0	0	44	50	0
	Kunstmest K <sub>2</sub> O [kg/ha]	178	178	168	178	25	42	32	159	29	178	180	0

<sup>a</sup> Via het organisch product is in totaal 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> toegediend; <sup>b</sup> via het organisch product is in totaal 78 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> toegediend.

## 2.3 Bepaling van de bruto en netto-opbrengst

Bij aardappelen zijn de knolopbrengst, het onderwatergewicht en de maatsortering (0-30 mm; 30-50 mm; 50-70 mm; 70 mm en groter) bepaald per veldje. De bruto-opbrengst is de totale opbrengst; de netto-opbrengst (marktbaar opbrengst) is de som van de maatsorteringen 30 mm en groter. Het zetmeelgehalte is berekend<sup>1</sup> vanuit het gemeten onderwatergewicht (OWG), en met de bruto-opbrengst is de zetmeelopbrengst berekend. Bij suikerbieten zijn de wortelopbrengst (zonder tarra) en het suikergehalte bepaald per veldje. Hiermee is de suikeropbrengst berekend. Ook zijn de kwaliteitsparameters kalium, natrium, AminoN en glucosegehalte (in mmol/kg biet) bepaald. Glucose wordt gebruikt als maat voor invert (invert = 1,76\*glucose). Vanuit de kwaliteitsparameters is de winbaarheid (%) van de suiker berekend.

## 2.4 Metingen van micronutriënten

### 2.4.1 Nutriëntgehalten in de organische producten

In de organische producten zijn de macro-elementen N, P, K en Mg en de micronutriënten Cu en Zn bepaald. Voorafgaand aan de analyses zijn de producten gecutterd, gewogen (vers), gedroogd (105°C voor minimaal 16 uur), gewogen (droog) en gemalen om het materiaal geschikt te maken voor de volgende stappen. Het monstermateriaal is gedestruerd met salpeterzuur in een gesloten systeem met behulp van microgolven (volgens NEN-EN 15621:2017). Door deze behandeling worden de organische verbindingen afgebroken en gaan de te analyseren elementen volledig in oplossing. De bepaling van de elementen wordt gedaan met behulp van ICP-MS (volgens ISO 17294-2). Gehalten in de organische producten waren in alle gevallen boven de ondergrens van de rapportagewaarden. De micronutriënten B, Co en Mn zijn niet gemeten in de organische producten.

<sup>1</sup> Via de formule: zetmeelgehalte = 0.0527\*OWG-5.769.

## 2.4.2 Nutriëntbeschikbaarheid in de bodem

Het macro-element Mg en de micronutriënten B, Co, Cu, Mn en Zn zijn bepaald in een grondmonster in een calciumchloride extract, CaCl<sub>2</sub>-extractie methode. Hierbij wordt een grondmonster gedroogd (40° C, minimaal 16 uur), gemalen (indien nodig) en over 2 mm gezeefd. Het zo bewerkte monster wordt vervolgens geëxtraheerd met een oplossing van 0.01 M CaCl<sub>2</sub> (1/10 m/v) en in het extract worden de nutriënten gemeten via ICP-MS voor de plantbeschikbare nutriënten B, Co, Cu, Mg, Mn en Zn (NEN 5704 en NEN-EN-ISO 17294-2). De ondergrens van de rapportagewaarde staat in Tabel 3.

Grondmonsters voor de bodemanalyses zijn in 2018 en 2019 respectievelijk eind april en begin mei verzameld, dit was 4 (2018) en 8 (2019) weken na toediening van de organische producten. De resultaten van deze analyses geven de plantbeschikbaarheid van de verschillende nutriënten weer.

**Tabel 3** Overzicht van de ondergrens voor de rapportage van de verschillende elementen bij CaCl<sub>2</sub>-extractie van de bodem.

Element	Afkorting	Rapportage grens	Eenheid
Borium	B	75	µg/kg
Kobalt	Co	2.5	µg/kg
Koper	Cu	20.0	µg/kg
Magnesium	Mg	5.0	mg/kg
Mangaan	Mn	250	µg/kg
Zink	Zn	100	µg/kg

## 2.4.3 Nutriëntgehalten in geogst product

De gehalten aan borium, kobalt, koper, magnesium, mangaan en zink zijn bepaald in de geogste producten, bij aardappel het marktbaar product (>30 mm). Voorafgaand aan de analyses zijn de suikerbieten en aardappelen gewassen, gecutted, gewogen (vers), gedroogd (70°C voor minimaal 16 uur) en gewogen (droog) om het materiaal geschikt te maken voor de volgende stappen. Het monstermateriaal is gedestruëerd met salpeterzuur in een gesloten systeem met behulp van microgolven (volgens NEN-EN 15621:2017). Door deze behandeling worden de organische verbindingen afgebroken en gaan de te analyseren elementen volledig in oplossing. De bepaling van de elementen wordt gedaan met behulp van ICP-MS (volgens ISO 17294-2). De ondergrens van de rapportagewaarden staat in Tabel 4.

**Tabel 4** Overzicht van de ondergrens voor de rapportage van de verschillende elementen in het gewas.

Element	Afkorting	Rapportage grens	Eenheid
Borium	B	2.0	mg/kg
Kobalt	Co	40	µg/kg
Koper	Cu	1.0	mg/kg
Magnesium	Mg	0.1	g/kg
Mangaan	Mn	3.0	mg/kg
Zink	Zn	4.0	mg/kg

---

## 2.5 Statistische analyses

### 2.5.1 Bemeste behandelingen versus de onbemeste controle

Behandeling 12, de onbemeste behandeling, week sterk af van de overige behandelingen die wel voldoende bemesting ontvangen hadden. Afwezigheid van bemesting gaf een sterk verminderde groei, waardoor in de analyses significantie vaak veroorzaakt werd door behandeling 12. Om effecten van behandelingen beter te analyseren zijn analyses daarom uitgevoerd voor zowel de volledige dataset als de dataset zonder de onbemeste behandeling 12. Resultaten van de analyses **zonder** de onbemeste behandeling 12 worden gegeven in Hoofdstuk 3; resultaten van de volledige dataset worden gegeven in Bijlage 6.

### 2.5.2 Datacontrole en outliers

De resultaten van de gewas- en bodemanalyses zijn vergeleken met de ondergrens van de rapportagewaarden (Tabel 3 & Tabel 4). Resultaten op en onder de rapportagegrens zijn niet meegenomen in de analyse.

Daarnaast zijn de data geanalyseerd op sterk afwijkende waarden (outliers). Een outlier wordt gerelateerd aan de kwantilen van 25% van de verdeling van de waarnemingen (boven- of onderkant van de verdeling). Een waarde wordt als een outlier beschouwd als deze meer dan 1.5 maal afwijkt van het verschil tussen de waarde van het eerste (25%) en derde (75%) kwantiel. Of een outlier in de waargenomen parameter voorkomt wordt bekeken over alle behandelingen heen, d.w.z. voor deze parameter worden de kwantilen van 25% van de verdeling gemaakt zonder rekening te houden met de behandelingen en in een boxplot geplott. Zijn er waarnemingen die aan de kwalificaties voor een outlier voldoen, dan wordt bekeken of deze waarnemingen binnen de behandeling eveneens voldoen aan de kwalificaties voor een outlier. Indien dat zo is worden deze waarnemingen niet meegenomen in de analyse. Indien deze waarnemingen binnen de behandeling geen outlier zijn blijven ze in de dataset voor analyse.

De boxplots waarin outliers worden geïdentificeerd staan in Bijlage 2 en 3 voor de bodemparameters voor respectievelijk aardappelen en suikerbieten, en in Bijlagen 4 en 5 voor de gewasparameters.

### 2.5.3 Variantieanalyse

Een protocol in een R-script waarmee de analyses zijn uitgevoerd staat in Bijlage 1. De variantieanalyse is afzonderlijk uitgevoerd voor aardappelen (jaar 1) en voor suikerbieten (jaar 2). De dataset is gesplitst omdat bij aardappelen de dosering eenmaal was aangebracht en bij suikerbieten tweemaal (voorafgaand aan de aardappelteelt en voorafgaand aan de suikerbietenteelt). Vooral bij behandelingen waarbij in het eerste jaar de aanvoer van nutriënten lager of hoger was dan de afvoer kan in het tweede jaar een groter effect op de parameters verwacht worden.

### 2.5.4 Controle op homogeniteit en normale verdeling residuen

Als er onvoldoende homogeniteit in de residuen was is er een transformatie uitgevoerd en opnieuw gecontroleerd. Ook is een plot gemaakt van de residuen t.o.v. de gefitte data om te controleren of die voldoende op de 1:1 lijn liggen.

### 2.5.5 Variabelen getoetst met de variantieanalyse

Van aardappelen en suikerbieten zijn de totale opbrengsten bepaald, d.w.z. de hoeveelheid biomassa die met geogst product van het land wordt verwijderd, de marktbaar opbrengst bij aardappel, de suikeropbrengst en de kwaliteit. Voor aardappelen wordt kwaliteit bepaald door het onderwatergewicht, zetmeelgehalte en de maatsortering, en voor suikerbieten de hoeveelheid winbare suiker en onderliggende parameters. Al deze variabelen zijn meegenomen in de variantieanalyse met het programma R (Tabel 5).

**Tabel 5**    *Overzicht van de variabelen en de data sets van de variantieanalyses.*

Variabele	Aardappelen	Suikerbieten	Eenheid	Grond	Eenheid
Totale opbrengst	X	X	Ton/ha		
Marktbare opbrengst (>30 mm)	X		Ton/ha		
Suikeropbrengst		X	Ton/ha		
Gehalte B, Co, Cu, Mg, Mn, Zn	X	X	µg of mg/kg	X	µg of mg/kg
Maatsortering	X		mm		
Onderwatergewicht	X		g		
Zetmeelgehalte	X		%		
Zetmeelhoeveelheid	X		Ton/ha		
Kaliumgehalte		X	mmol/kg		
Natriumgehalte		X	mmol/kg		
AminoN-gehalte		X	mmol/kg		
Glucosegehalte		X	mmol/kg		
Winbaarheid		X	%		
pH				X	-
Lutum				X	%

### 2.5.6    Relatie tussen aanvoer, beschikbaarheid bodem, gehalte in oogstbaar product en opbrengstparameters

De correlaties tussen de aanvoer van koper, magnesium en zink met de organische producten enerzijds en de beschikbaarheid, gehalten in oogstbaar product en opbrengstparameters van deze elementen anderzijds zijn berekend. Daarnaast is voor alle nutriënten gekeken naar de correlaties tussen beschikbaarheid in de bodem en gehalten in oogstbaar product en opbrengstparameters, en gehalten in oogstbaar product en opbrengstparameters. Relaties met een correlatiecoëfficiënt > 0.20 en een significante hellingshoek zijn verder uitgewerkt.

# 3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de bodemanalyses, daarna de gewasanalyses en de relaties tussen de aanvoer van Cu, Mg en Zn en de verschillende gemeten variabelen. Tot slot wordt het bemestingsadvies voor zink en koper besproken, voor aardappelen en suikerbieten apart. Dit hoofdstuk geeft de resultaten zonder de onbemeste controle (behandeling 12); een volledig overzicht inclusief behandeling 12 staat in Bijlage 6. De resultaten van de variantieanalyses met een significant effect worden in detail per gewas uitgewerkt.

## 3.1 Bodemanalyses

### 3.1.1 Aardappelen

De gemiddelde resultaten van de bodemanalyses bij aardappelen over alle bemeste behandelingen van pH, lutum en bodembeschikbaarheid van de verschillende micronutriënten bedragen (standaardafwijking tussen haakjes; n=55, m.u.v. koper (54) en kobalt (53) waarvan waarden op of onder de detectiegrens niet zijn meegenomen):

- pH: 5.6 (0.23)
- Lutum: 1.0 (0.13) %
- Borium: 127.3 (30.7) µg/kg
- Kobalt: 4.1 (1.55) µg/kg
- Koper: 31.5 (9.5) µg/kg
- Magnesium: 131.2 (18.1) mg/kg
- Mangaan: 1268.4 (669.6) µg/kg
- Zink: 1406.7 (385.6) µg/kg

In Tabel 6 staat een overzicht van de variantieanalyses voor deze bodemanalyses. Alleen de gevonden significante resultaten worden verder in detail uitgewerkt.

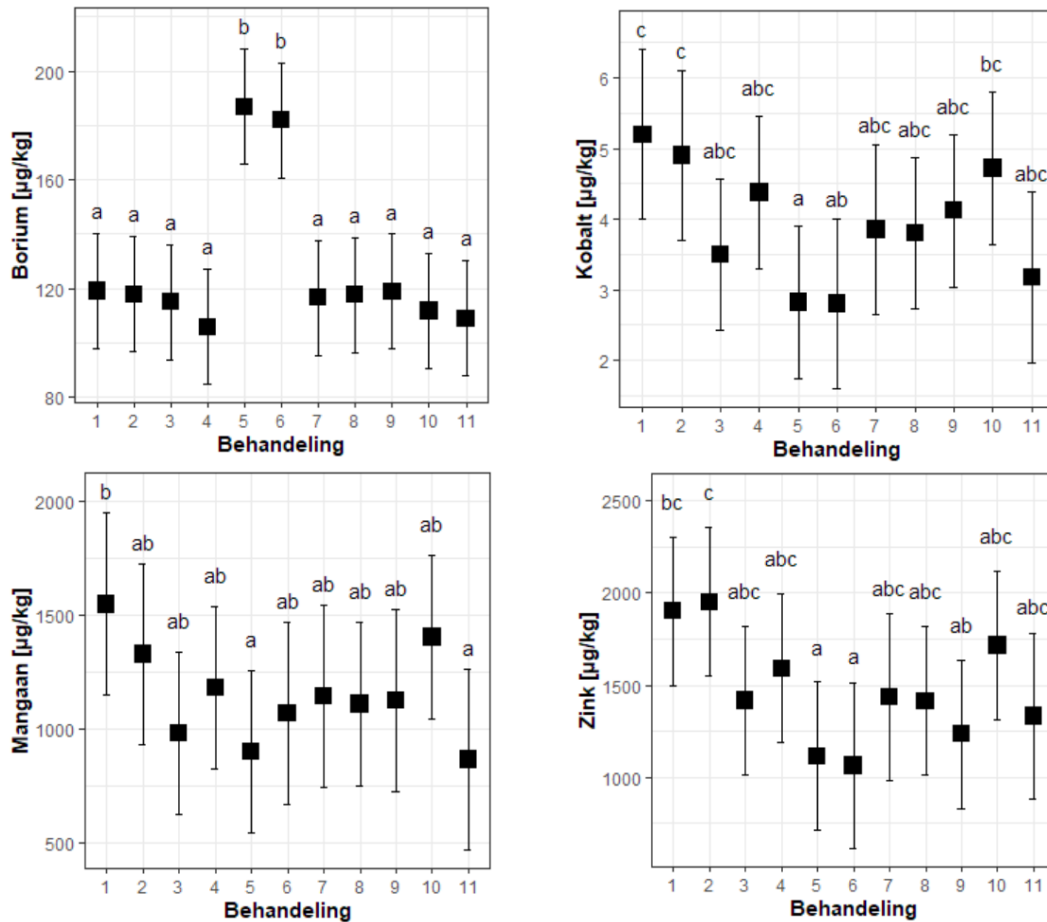
**Tabel 6** Resultaten van de variantieanalyse van pH, lutum en de bodembeschikbaarheid van borium, kobalt, koper, magnesium, mangaan en zink, exclusief behandeling 12 voor aardappelen (zie Bijlage 2 voor boxplots variabelen).

Variabele	Aantal outliers	Outliers mee in analyse	Transformatie	Significantie
pH	1	nee	nee	n.s.
Lutum	1	nee	nee	n.s.
Borium	9	ja (beh. 5 en 6)	nee	***
Kobalt	2	nee	nee	***
Koper	3	nee	nee	n.s.
Magnesium	0	-	nee	n.s.
Mangaan	3	nee	nee	**
Zink	2	ja (beh. 1 en 2)	nee	***

Het aantal outliers per variabele verschilde tussen 0 en 9 (Tabel 6). De meeste outliers zijn niet meegenomen in de analyse. Bij de bodembeschikbaarheid van borium zijn de 9 outliers echter wel meegenomen in de analyse omdat het hierbij om twee volledige behandelingen gaat. De residuen zijn normaal verdeeld zodat er geen transformaties op de data zijn toegepast.

Significante verschillen tussen de behandelingen worden gevonden bij de bodembeschikbaarheid van borium, kobalt, mangaan en zink (Tabel 6). Bij borium is de bodembeschikbaarheid bij behandeling 5 en 6 significant

hoger dan bij alle overige behandelingen (Figuur 3.1). Bij kobalt is de bodembeschikbaarheid bij behandeling 5 significant lager dan bij behandelingen 1, 2 en 10, en is behandeling 6 lager dan behandelingen 1 en 2. Van mangaan is de bodembeschikbaarheid bij behandelingen 5 en 11 lager dan bij behandeling 1. Van zink is de bodembeschikbaarheid bij behandelingen 5 en 6 significant lager dan bij de behandelingen 1, 2 en 10, en gelijk aan de overige behandelingen. Samenvattend komt naar voren dat de bodembeschikbaarheid bij behandeling 5 het meeste afwijkt van de andere behandelingen, naar boven (borium) of naar beneden (koper, mangaan en zink).



**Figuur 3.1** De significante verschillen in de gemeten beschikbaarheid in de bodem bij aardappelen van borium, kobalt, mangaan en zink. Behandelingen met een verschillende letter zijn significant verschillend.

### 3.1.2 Suikerbieten

De gemiddelde resultaten van de bodemanalyses bij suikerbieten over alle bemeste behandelingen van pH, lutum en bodembeschikbaarheid van de verschillende micronutriënten bedragen (standaardafwijking tussen haakjes):

- pH: 5.6 (0.15)
- Lutum: 1.0 (0.13)
- Borium: 142.8 (19.06) µg/kg
- Kobalt: 2.9 (1.03) µg/kg
- Koper: 24.1 (4.1) µg/kg
- Magnesium: 133.5 (14.3) mg/kg
- Mangaan: 578.4 (144.0) µg/kg
- Zink: 1232.5 (277.0) µg/kg

In Tabel 7 staat een overzicht van de variantieanalyses voor de bodemanalyses bij suikerbieten. In dit tweede jaar na toedienen van verschillende organische producten werd er bij geen enkele bodemvariabele een significant effect van de behandelingen gevonden.

**Tabel 7** Resultaten van de variantieanalyse van de pH, lutum en de bodembeschikbaarheid van borium, kobalt, koper, magnesium, mangaan en zink exclusief behandeling 12 voor suikerbieten (zie Bijlage 3 voor boxplots variabelen).

Variabele	Aantal outliers	Outliers mee in analyse	Transformatie	Significantie
pH	0		nee	n.s.
Lutum	1	nee	nee	n.s.
Borium	2	nee	nee	n.s.
Kobalt	8	waarde 10 binnen behandeling eveneens outlier: niet meegenomen	nee, niet normaal verdeeld transformatie geen effect	n.s.
Koper	3	nee	nee, niet normaal verdeeld transformatie geen effect	n.s.
Magnesium	0		nee	n.s.
Mangaan	2	nee	nee	n.s.
Zink	0	nee	nee	n.s.

## 3.2 Gewasanalyses

### 3.2.1 Aardappelen

De gemiddelde resultaten van de analyses bij aardappelen over alle bemeste behandelingen van de opbrengstvariabelen en de kwaliteitsvariabelen en nutriëntengehalten in het marktbaar product (nettopbrengst; >30mm) bedragen (standaardafwijking tussen haakjes):

- Totale opbrengst: 57.1 (6.6) ton/ha
- Marktbaar opbrengst: 56.7 (6.6) ton/ha
- Onderwatergewicht: 368 (10)
- Fractie 0-30 mm: 0.4 (0.09) ton/ha
- Fractie 30-50 mm: 11.0 (2.6) ton/ha
- Fractie 50-70 mm: 39 (5.9) ton/ha
- Fractie >70 mm: 6.8 (3.7) ton/ha
- Zetmeelgehalte: 13.6 (0.53) %
- Zetmeelopbrengst: 7.8 (0.85) ton/ha
- Borium: 6.5 (0.68) mg/kg ds
- Kobalt: 43.4 (0.84) µg/kg ds
- Koper: 5.5 (0.66) mg/kg ds
- Magnesium: 1.1 (0.20) g/kg ds
- Mangaan: 5.5 (3.4) mg/kg ds
- Zink: 21.7 (3.4) mg/kg ds

De gemeten gehalten van alle behandelingen van aardappelen (inclusief behandeling 12) staan in Bijlage 6.

In Tabel 8 staat een overzicht van de resultaten van de variantieanalyses voor aardappelen. Exclusief de onbemeste controle (behandeling 12) zijn er vrijwel geen significante effecten tussen de verschillende producten. Bij de maatsortering 30-50 mm wordt een significant effect gevonden, waarbij het gewicht bij behandeling 1 achterblijft bij de behandelingen 3, 9 en 11 (Figuur 3.2). Er is hierbij echter sprake van uitruil met andere maatsorteringen, vooral het gewicht >70 mm, en effecten van de behandelingen op de totale gewasopbrengst zijn niet significant (Tabel 8).

De gehalten in de aardappelknollen verschillen eveneens niet tussen de behandelingen. Alleen bij zink zijn er significante verschillen tussen de behandelingen (Figuur 3.2 rechts): behandeling 6 heeft een lager

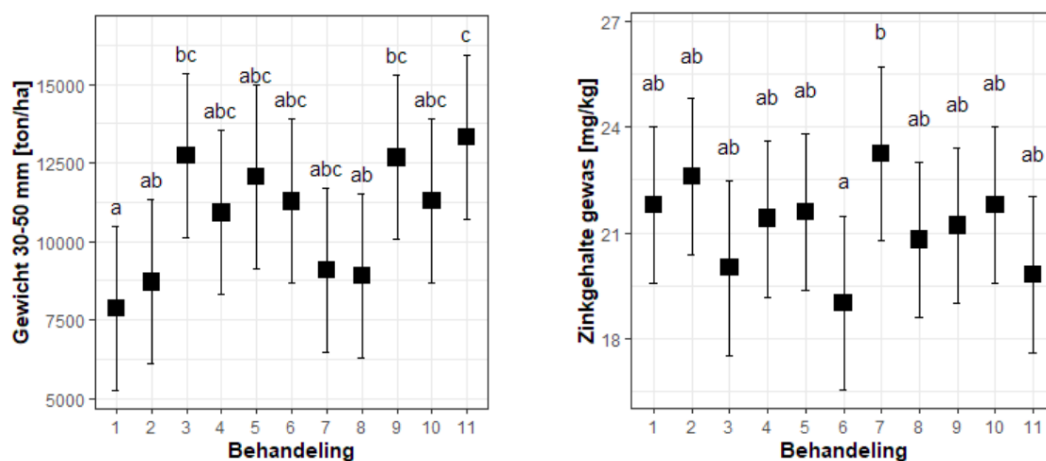
zinkgehalte in de aardappelknollen dan behandeling 7 en beiden verschillend niet van alle andere behandelingen.

De variatie van het mangaangehalte in de aardappelknollen is beperkt: 37 waarnemingen hebben dezelfde waarde waardoor de overige 18 als outliers worden geïdentificeerd. De behandelingen 4 en 9 hebben uitsluitend de waarde 5 mg/kg ds (Figuur 3.3). Volgens de definitie van outliers zouden deze 18 waarnemingen niet moeten worden meegenomen in de analyse. Door de geringe variatie in waarnemingen is het lastig om mangaan verder te analyseren. Voor het verkrijgen van normaal verdeelde residuen is een transformatie uitgevoerd. Het mangaangehalte in de aardappelknollen verschilt niet tussen de behandelingen.

**Tabel 8** Resultaten van de variantieanalyse van de bruto en netto-opbrengst (ton/ha) van aardappelen, verschillende kwaliteitsparameters en gehalten in geoogst product, exclusief behandeling 12 (zie Bijlage 4 voor boxplots variabelen).

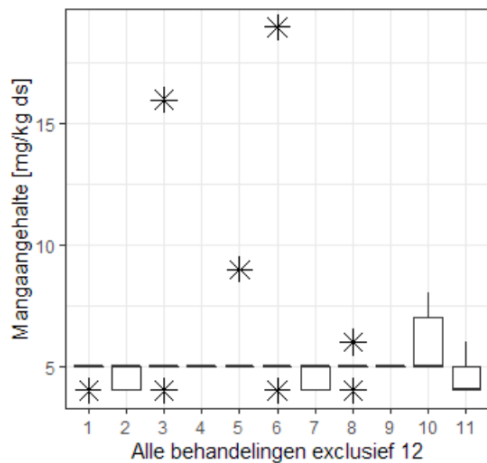
Variabele	Outliers	Outliers mee in analyse	Transformatie	Significantie
Totale opbrengst	0	-	nee	n.s.
Marktbaar opbrengst	0	-	nee	n.s.
Onderwatergewicht	1	nee	nee	n.s.
0-30 mm	2	nee	nee	n.s.
30-50 mm	1	nee	nee	***
50-70 mm	2	nee	nee	n.s.
>70 mm	0	-	nee	n.s.
Zetmeelgehalte	1	nee	nee	n.s.
Zetmeelopbrengst	2	nee	nee	n.s.
Borium	0	-	nee	n.s.
Kobalt	2	nee	nee	n.s.
Koper	0	-	nee	n.s.
Magnesium	3	nee	nee	n.s.
Mangaan	18	ja <sup>1</sup>	1/mangaan	n.s.
Zink	3	nee	nee	*

<sup>1</sup> 37 waarnemingen hebben de waarde 5 waardoor de overige 18 waarnemingen als outliers worden geïdentificeerd.



**Figuur 3.2** De statistische verschillen tussen behandelingen van het gewicht voor de zeeffractie 30-50 mm (links) en het zinkgehalte in de aardappelknollen (rechts). Behandelingen met een verschillende letter zijn significant verschillend.





**Figuur 3.3** De outliers voor het mangaangehalte in de aardappelknollen per behandeling, weergegeven met de sterretjes. De horizontale lijn geeft het gemiddelde weer.

### 3.2.2 Suikerbieten

De gemiddelde resultaten van de analyses bij suikerbieten over alle bemeste behandelingen van de opbrengst- en kwaliteitsvariabelen en nutriëntengehalten in het oogstbaar product (bruto-opbrengst) bedragen (standaardafwijking tussen haakjes):

- Wortelopbrengst: 112 (5.9) ton/ha
- Suikergehalte: 18.1 (0.3) %
- Suikeropbrengst: 20.3 (0.89) ton/ha
- Kaliumgehalte: 26.9 (1.8) mmol/kg
- Natriumgehalte: 4.0 (0.6) mmol/kg
- AminoN-gehalte: 8.2 (1.5) mmol/kg
- Glucosegehalte: 1.5 (0.2) mmol/kg
- Winbaarheid: 92.8 (0.34) %
- Borium: 8.6 (0.60) mg/kg ds
- Kobalt: 41.1 (0.40) µg/kg ds
- Koper: 2.6 (0.18) mg/kg ds
- Magnesium: 1.2 (0.10) g/kg ds
- Mangaan: 8.5 (1.16) mg/kg ds
- Zink: 27.0 (3.4) mg/kg ds

In Tabel 9 staat een overzicht van de resultaten van de variantieanalyse voor suikerbieten van de dataset zonder de onbemeste controle (behandeling 12). Alleen de gevonden significante resultaten worden specifiek uitgewerkt in verschillende figuren.

**Tabel 9** Resultaten van de variantieanalyse van de bruto en netto-opbrengst (ton/ha), en verschillende kwaliteitsparameters van suikerbiet (zie Bijlage 5 voor boxplots variabelen).

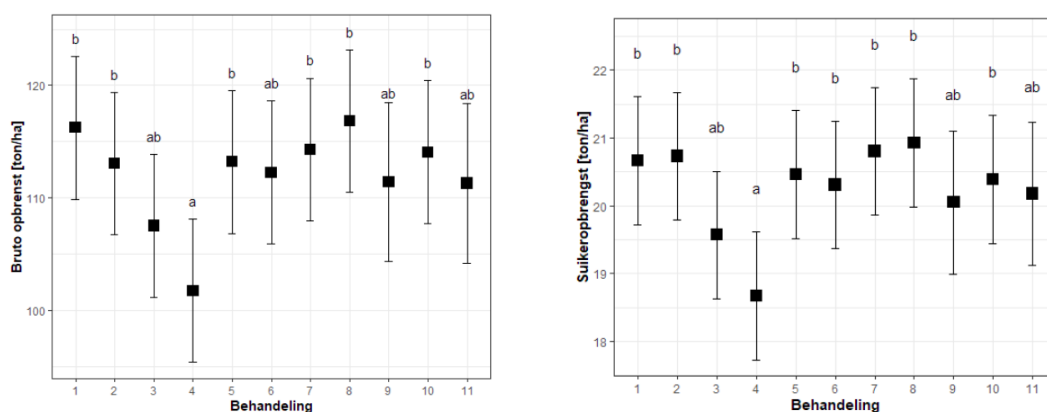
Variabele	Outliers	Outliers mee in analyse	Transformatie	Significantie
Wortelopbrengst	1	nee	nee	**
Suikeropbrengst	2	ja: binnen behandeling	nee	***
Suikergehalte	1	nee	nee	*
Kaliumgehalte	1	nee	nee	***
Natriumgehalte	2	ja. geen outlier voor behandeling	nee	*
AminoN-gehalte	1	ja. geen outlier voor behandeling	nee	***
Glucosegehalte	0	-	nee	**
Winbaarheid	0	-	nee	***
Borium	0	-	nee	n.s.
Kobalt	1	nee	nee	n.s.
Koper	0	-	nee	n.s.
Magnesium	0	-	nee	*
Mangaan	4	ja. Geen outlier voor behandeling	nee	n.s.
Zink	0	-	nee	n.s.

De wortelopbrengst en de suikeropbrengst van behandeling 4 is significant lager dan van behandelingen 1, 2, 5, 7, 8 en 10; voor de suikeropbrengst komt daar behandeling 6 nog bij (Figuur 3.4).

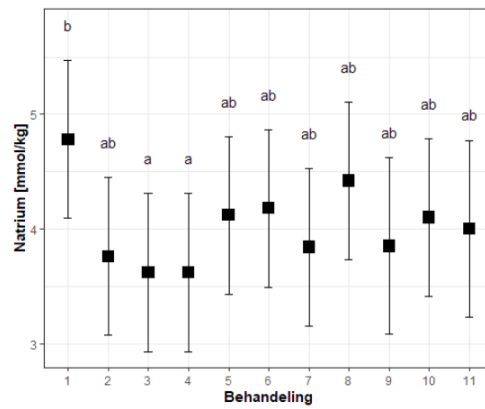
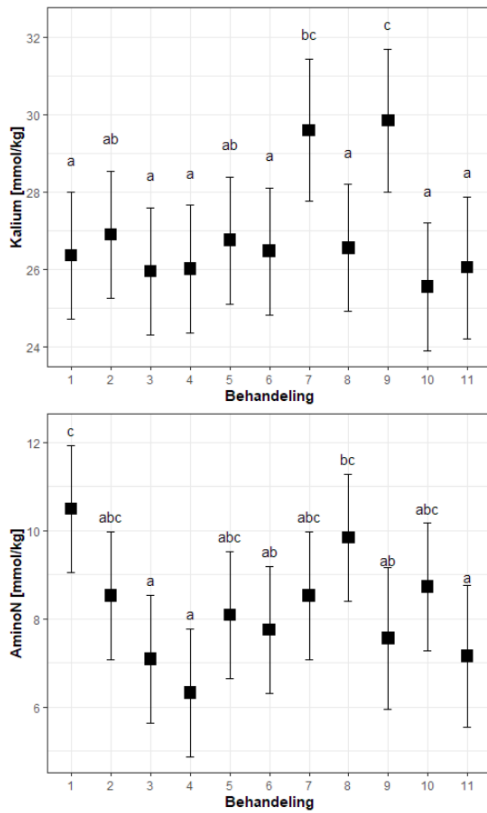
Het kaliumgehalte van behandeling 9 is significant hoger dan van de andere behandelingen behalve behandeling 7 (Figuur 3.5, links boven). Het gehalte van behandeling 7 is ook significant hoger dan de meeste behandelingen, met uitzondering van behandelingen 2 en 5.

Het natriumgehalte van behandeling 1 is significant hoger dan van behandelingen 3 en 4 (Figuur 3.5, rechts). Het AminoN-gehalte van behandeling 1 is significant hoger dan van behandelingen 3, 4, 6, 9 en 11 (Figuur 3.5, links onder).

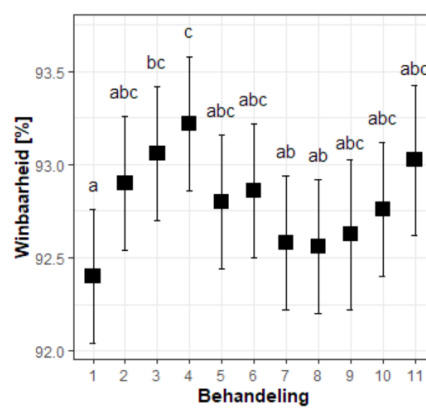
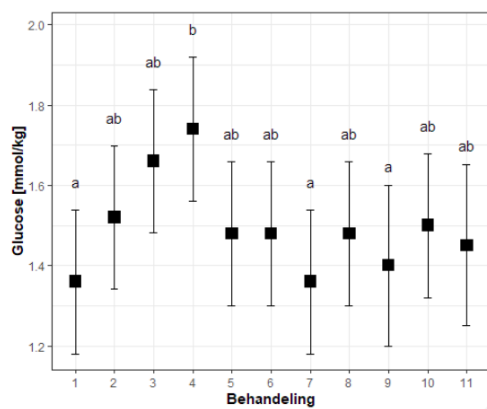
Het glucosegehalte van behandeling 4 is significant hoger dan van behandelingen 1, 7 en 9 (Figuur 3.6, links). Het percentage winbare suiker van behandeling 4 is significant hoger dan dat van behandelingen 1, 7 en 8 (Figuur 3.6, rechts).



**Figuur 3.4** De statistische verschillen tussen behandelingen van de wortelopbrengst (links) en suikeropbrengst (rechts) van suikerbiet. Behandelingen met een verschillende letter zijn significant verschillend.

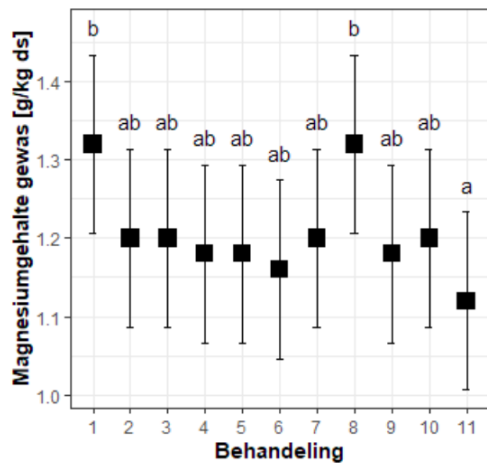


**Figuur 3.5** De statistische verschillen tussen behandelingen voor het kaliumgehalte (linksboven), het natriumgehalte (rechtsboven) en het AminoN-gehalte (onder). Behandelingen met een verschillende letter zijn significant verschillend.



**Figuur 3.6** De statistische verschillen tussen behandelingen voor het glucosegehalte (links) en het percentage winbaarheid (rechts). Behandelingen met een verschillende letter zijn significant verschillend.

De gemeten gehalten in de suikerbieten bij de verschillende behandelingen staan in Bijlage 6. Exclusief de onbemeste controle (behandeling 12) zijn er alleen voor Mg significante effecten tussen de verschillende producten, waarbij het gehalte bij behandeling 1 en 8 hoger is dan die bij behandeling 11 (alleen kunstmest) (Figuur 3.7).



**Figuur 3.7** Magnesiumgehalten in suikerbieten bij de verschillende behandelingen. Verschillende letters geven statistisch significante verschillen weer.

### 3.3 Relatie aanvoer, beschikbaarheid, gehalte en opbrengst

Voor de elementen koper, magnesium en zink is gekeken naar de relaties tussen de aanvoer, de beschikbaarheid in de bodem voor opname, het gehalte in het geoogst product (marktbaar deel bij aardappelen, geoogste suikerbieten) en de verschillende opbrengstvariabelen voor aardappelen en suikerbieten apart. Daarnaast is voor de elementen borium, kobalt en mangaan gekeken naar de relaties tussen de beschikbaarheid in de bodem voor opname, het gehalte in het geoogst product (marktbaar deel bij aardappelen, geoogste suikerbieten) en de verschillende opbrengstvariabelen, eveneens voor aardappelen en suikerbieten apart. De analyses zijn gedaan op de dataset zonder behandeling 12, zonder waarnemingen op of onder de rapportage grens en zonder outliers.

De aanvoer van de elementen is per product, en daardoor is zowel de hoeveelheid als de vorm waarin het wordt aangevoerd verschillend. Het kan zijn dat daardoor de beschikbaarheid na toediening aan de bodem per product verschilt. In deze analyse gaat het bij een effect van de aanvoer daarom om een combinatie van hoeveelheid en producteigenschappen.

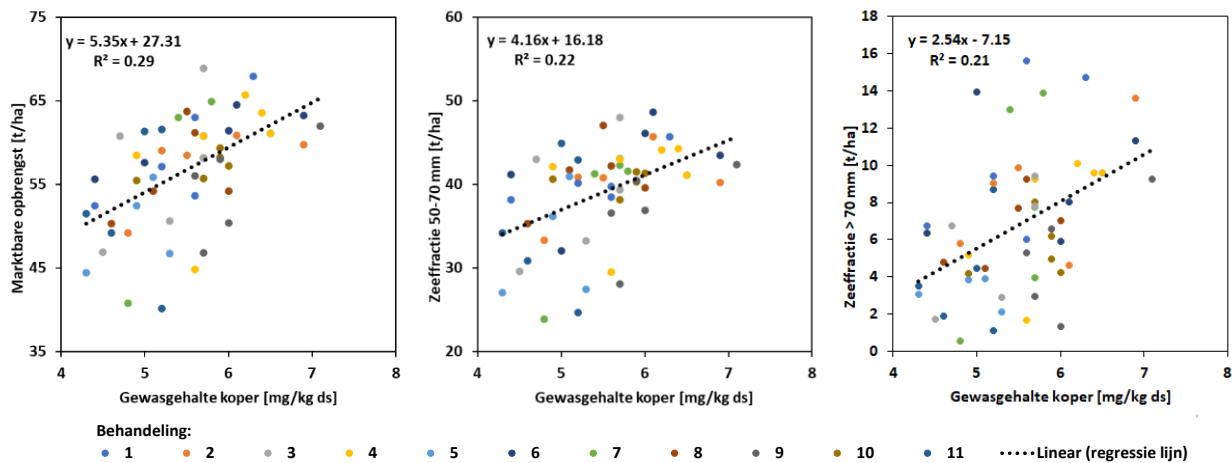
#### 3.3.1 Aardappelen

Relaties met een correlatiecoëfficiënt  $R^2$  groter dan 0.2 en een significante hellingshoek worden hier in detail uitgewerkt. Een volledig overzicht van alle relaties staat in Bijlage 7.

##### **Koper**

Voor koper zijn er drie relaties gevonden met een  $R^2 > 0.2$  en een significante hellingshoek: tussen het gehalte in de aardappelknollen en 1) marktbaar opbrengst en 2) de opbrengst in de zeeffractie 50-70 mm en 3) de opbrengst in de zeeffractie >70 mm (Figuur 3.8).

Alle drie de relaties zijn positief, d.w.z. dat bij een hoger gehalte koper in de aardappelknollen zowel de marktbaar opbrengst als de hoeveelheid in de zeeffracties 50-70 mm en >70 mm toeneemt. De beide zeeffracties zijn onderdeel van de marktbaar opbrengst.

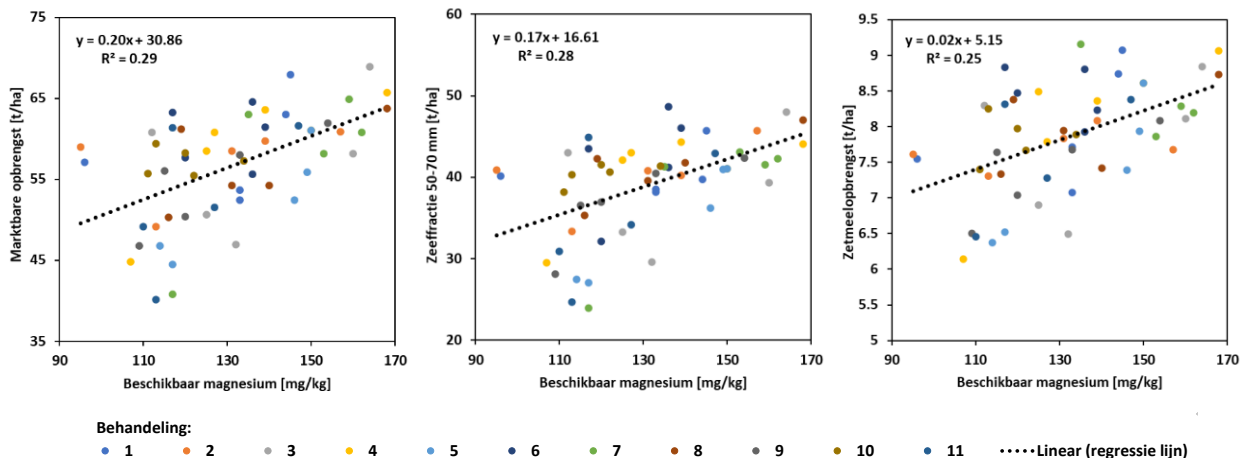


**Figuur 3.8** De correlaties tussen de gehalten koper in de aardappelknollen en de marktbare opbrengst (links), de opbrengst van de zeeffractie 50-70 mm (midden) en van de zeeffractie 70 mm en groter (rechts) van aardappelen.

### Magnesium

Voor magnesium zijn eveneens drie relaties gevonden met een  $R^2 > 0.2$  en een significante hellingshoek: tussen bodembeschikbaar magnesium en 1) marktbaar opbrengst, 2) de opbrengst in de zeeffractie 50-70 mm en 3) de zetmeelopbrengst (Figuur 3.9).

Alle drie de relaties zijn positief, d.w.z. dat bij een hogere beschikbaarheid van magnesium in de bodem er een toename is in de marktbaar opbrengst, de hoeveelheid in de zeeffractie 50-70 mm en de zetmeelopbrengst.

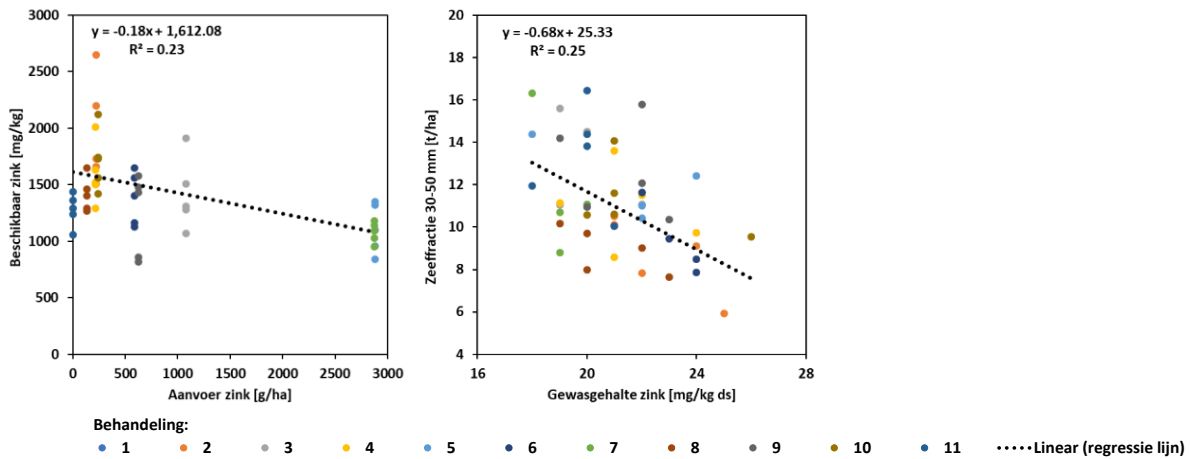


**Figuur 3.9** De correlaties tussen de gehalten magnesium in de aardappelknollen en de marktbaar opbrengst (links), de opbrengst van de zeeffractie 50-70 mm en de zeeffractie 70 mm en groter.

### Zink

Voor zink heeft de relatie tussen de aanvoer van zink en de beschikbaarheid van zink in de bodem een  $R^2$  van 0.23. De hellingshoek is negatief, wat betekent dat bij een hogere aanvoer de beschikbaarheid in de bodem lager was (Figuur 3.10). Deze negatieve relatie wordt sterk gestuurd door de hoge aanvoer van behandelingen 5 en 6 zonder dat daarbij de beschikbaarheid in de bodem toeneemt.

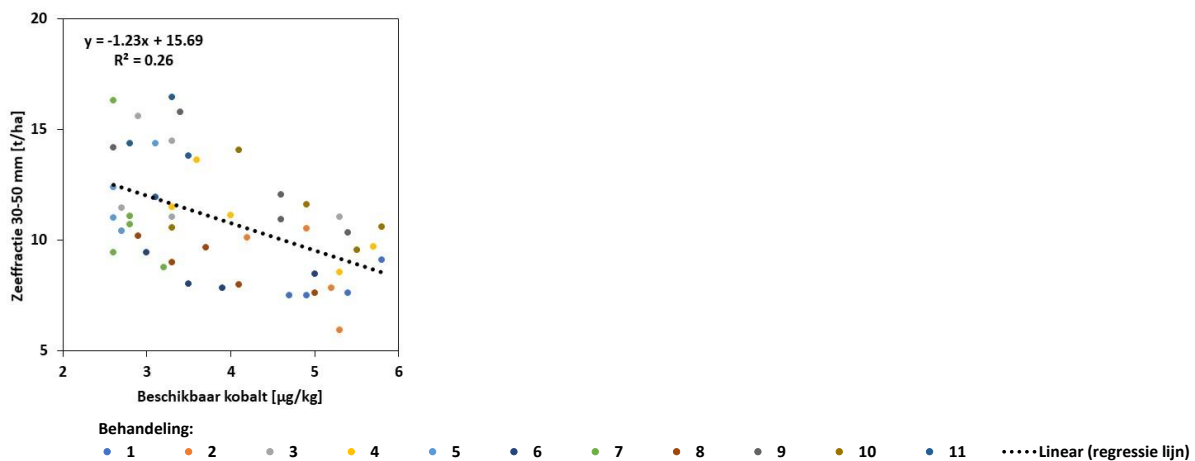
De relatie tussen het zinkgehalte in het gewas (marktbaar product) en de zeeffractie 30-50 mm heeft een  $R^2$  van 0.25 en is negatief: hogere zinkgehalten gaan samen met een lager gewicht in de zeeffractie 30-50 mm. Relaties met andere zeeffracties zijn positief, echter met een lage  $R^2$  (Bijlage 7).



**Figuur 3.10** De correlatie tussen de aanvoer van zink en de beschikbaarheid van zink in de bodem voor aardappelen.

### Kobalt

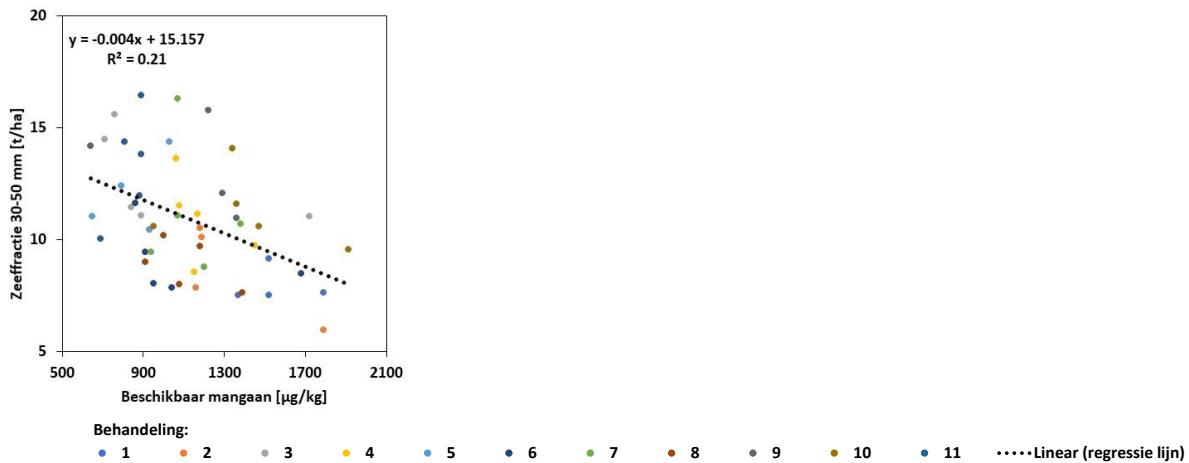
Voor kobalt heeft de relatie tussen de beschikbaarheid van kobalt in de bodem en de opbrengst in de zeeffractie 30-50 mm van de aardappelknollen een  $R^2$  van 0.26. De hellingshoek is negatief, wat betekent dat bij een hogere beschikbaarheid in de bodem de opbrengst in de zeeffractie 30-50 mm afneemt (Figuur 3.11).



**Figuur 3.11** De correlatie tussen de beschikbaarheid in de bodem van kobalt en de opbrengst van de zeeffractie 30-50 mm voor aardappelen.

### Mangaan

Voor mangaan heeft de relatie tussen beschikbaar mangaan in de bodem en de opbrengst van de zeeffractie 30-50 mm een  $R^2$  van 0.21 en een negatieve hellingshoek: bij hogere beschikbaarheid wordt een lagere opbrengst in de zeeffractie 30-50 mm gevonden (Figuur 3.12).



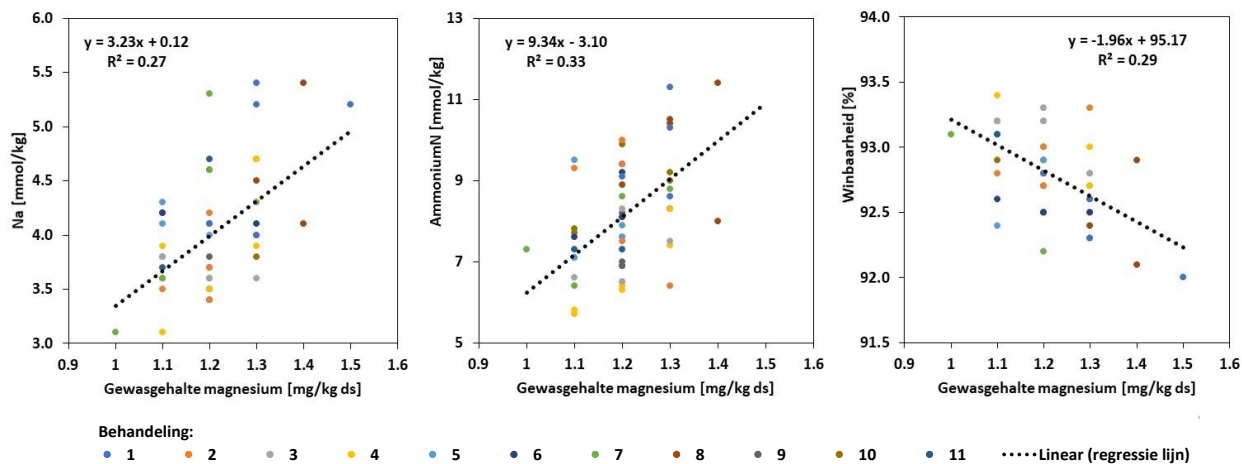
**Figuur 3.12** De correlatie tussen de beschikbaarheid in de bodem van mangaan en de opbrengst van de zee fractie 30-50 mm voor aardappelen.

### 3.3.2 Suikerbieten

Relaties met een correlatiecoëfficiënt  $R^2$  groter dan 0.2 en een significante hellingshoek worden hier in detail uitgewerkt. Een volledig overzicht van alle relaties staat in Bijlage 7.

#### Magnesium

Voor magnesium zijn drie relaties gevonden met een  $R^2 > 0.2$  en een significante hellingshoek: tussen magnesiumgehalte in de suikerbieten en 1) het natriumgehalte in de suikerbieten, 2) het aminoN-gehalte in de suikerbieten en 3) de winbaarheid (Figuur 3.13). Bij een toenemend magnesiumgehalte neemt ook het natrium- en aminoN-gehalte toe. De winbaarheid neemt juist af.



**Figuur 3.13** De correlaties tussen de gehalten magnesium in de suikerbieten en het gehalte Na (links), AminoN (midden) en de winbaarheid (rechts) van suikerbieten.

---

## 3.4 Koper en zink bemestingsadvies

Voor koper en zink is de aanvoer via de verschillende organische producten bekend, waardoor het totale plaatje van aanvoer → bodembeschikbaarheid → gewasopname → gewasopbrengst bekeken kan worden. Deze informatie is mogelijk bruikbaar voor verbetering van het koper en zink bemestingsadvies.

Voor zink is er voor bouwland geen officieel bemestingsadvies op basis van grondonderzoek, en voor grasgroei is er altijd voldoende aanwezig (CBAV, 2022; CBGV, 2022). Voor koper op bouwland is er wel een bemestingsadvies op basis van grondonderzoek; voor grasland zijn er geen aanwijzingen dat er onder Nederlandse omstandigheden onvoldoende koper beschikbaar is voor een optimale gewasgroei (CBAV, 2022). Koperbeschikbaarheid in het voorliggende rapport is bepaald met  $\text{CaCl}_2$ -extractie, terwijl de kopertoestand van de grond in de adviestabel is gebaseerd op extractie met  $\text{HNO}_3$ . Interne beoordeling van de koperbeschikbaarheid geeft aan dat de plantbeschikbare hoeveelheid koper voldoende is voor de teelt van aardappelen en suikerbieten (Eurofins, niet gepubliceerd).

Met de aanvoer van de organische producten zijn verschillende hoeveelheden koper en zink aangevoerd. De al aanwezige beschikbare of totale hoeveelheid koper of zink in de bodem is niet bepaald, en het is daarom niet bekend hoe de aanvoer via de organische producten zich verhoudt tot de al aanwezige bodemvoorraad. De aanvoer varieerde van geen (met kunstmest en onbemeste behandeling) tot bijna 500 g koper en 2300 g zink per ha per jaar (Tabel 2). Tevens moet hier worden opgemerkt dat de aanvoer van deze elementen product gebonden zijn en daardoor is het effect van de aanvoer op de bodembeschikbaarheid, gehalten in oogstbaar product en opbrengstparameters niet alleen gerelateerd aan de aanvoer maar ook aan producteigenschappen.

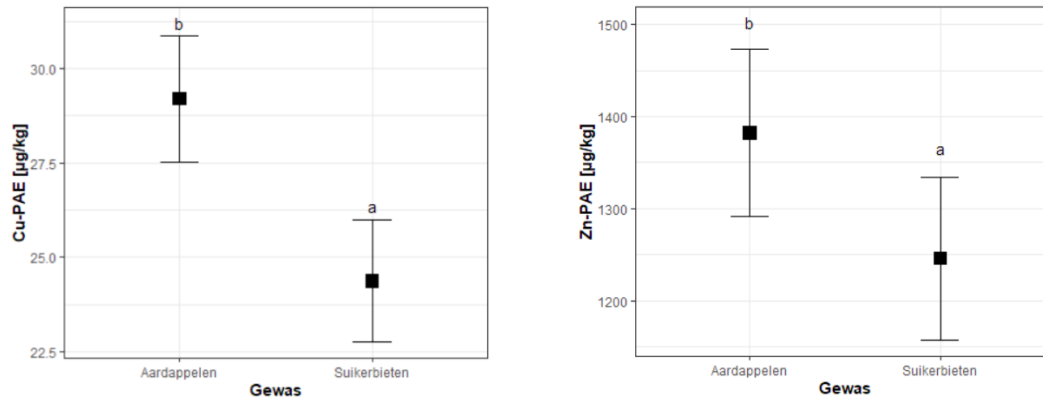
Er werd geen relatie gevonden tussen de aanvoer en plantbeschikbaarheid, met uitzondering van zink bij aardappelen met een  $R^2$  van 0.26 met een significante hellingshoek van -0.16 (Figuur 3.10). Dit betekent dat een hogere aanvoer tot een lagere beschikbaarheid zou leiden, en waarschijnlijk spelen producteigenschappen een rol in deze relatie.

Het gemiddelde zinkgehalte van 21.7 mg/kg ds in aardappelknollen is in overeenstemming met literatuurwaarden voor Nederland van 18 mg/kg ds (de Vries et al, 2004) en 18.4 mg/kg ds (Römkens & Rietra, 2011).

Er werd wel een relatie gevonden tussen het kopergehalte in de knollen en de aardappelopbrengst (Figuur 3.8). Andere relaties met koper waren echter niet significant, en het is de vraag of koper de oorzaak was van opbrengstverschillen. Het kopergehalte van 5.5 mg/kg ds in de aardappelknollen is in overeenstemming met of zelfs iets hoger dan waarden uit de literatuur voor Nederland: 4.2 mg/kg ds (Groenenberg et al, 2006) en 5.2 mg/kg ds (Römkens & Rietra, 2011). Verschillen in opbrengst en in kopergehalte kunnen tegelijkertijd veroorzaakt worden door verschillende eigenschappen van de organische producten zonder dat er een causaal verband tussen koperaanvoer en opbrengst is.

De beschikbaarheid van koper en zink verschilde significant tussen de gewassen, waarbij de beschikbaarheid bij aardappelen hoger was dan bij suikerbieten (Figuur 3.14), dit in tegenstelling tot de verwachting omdat bij suikerbieten de organische producten tweemaal zijn aangebracht. Mogelijk heeft het jaar invloed op de resultaten van de bemonstering. Daarnaast was er verschil in tijdsduur tussen toediening van de organische producten en de bodembemonstering: bij aardappel in het eerste jaar was dat vier weken, bij suikerbiet in het tweede jaar was dat acht weken.





**Figuur 3.14** De gemiddelde beschikbaarheid van koper (links) en zink (rechts) in de bodem voor aardappelen en suikerbieten en de significante verschillen.

Het advies voor de bemesting met koper en zink gaf aan dat een toediening niet nodig was. In overeenstemming met dit advies zijn ook geen verschillen in opbrengst gerelateerd aan de hoeveelheden toegediende koper of zink. Dit geeft aan dat de plantbeschikbaarheid voor koper en zink voldoende was voor deze opbrengsten. Daarmee wordt dit deel van het advies onderschreven, maar voor daadwerkelijke toetsing van het advies zijn situaties nodig waarin een dosering wordt geadviseerd en verschil in bemesting en/of beschikbaarheid ook daadwerkelijk leidt tot verschillen in opbrengst. Deze situaties deden zich niet voor in de huidige dataset.

## 4 Discussie

Het onderzoek van waaruit deze dataset is voortgekomen was opgezet om effecten van organische producten op de bodemweerbaarheid tegen ziekten te onderzoeken. De additionele metingen die aan micronutriënten zijn gedaan gaven de kans om meer zicht te ontwikkelen op bodembeschikbaarheid van micronutriënten, opname door het gewas en mogelijke effecten op gewasproductie en -kwaliteit, en om de micronutriënten in onderlinge samenhang te bekijken. Beperking van de dataset is dat voor een aantal micronutriënten de aanvoer niet is gemeten (B, Co, Mn) en dat het onderzoek niet is opgezet als bemestingsproef. Door de aanvoer via verschillende organische producten kunnen de gemeten verschillen in bodembeschikbaarheid zowel veroorzaakt worden door verschillen in aanvoer als door verschillen in het beschikbaar komen vanuit de producten. Daarnaast kunnen producteigenschappen ook invloed hebben op processen in de bodem (bijv. pH) die de beschikbaarheid bepalen, hoewel er in de analyses geen verschillen gevonden werden in pH tussen de behandelingen.

Ondanks de bovengenoemde nadelen voegt de (analyse van de) dataset nieuwe informatie toe aan de beperkte informatie die rondom micronutriënten beschikbaar is: gemiddelden van bodembeschikbaarheid en van gehalten in de gewassen aardappel en suikerbiet voor de locatie Vredepeel (Tabel 10). Eind 2021 zijn gehalten aan micronutriënten in suikerbiet door Cosun bepaald in een mengmonster van 10 partijen. Gehalten daarin lagen veelal iets hoger dan in het voorliggende onderzoek: borium 9.7 mg/kg ds, koper 3.8 mg/kg ds, magnesium 1.2 g/kg ds, mangaan 24 mg/kg ds en zink 31 mg/kg ds (De Groot, 2022).

**Tabel 10** Gemiddelde gehalten aan micronutriënten in aardappel (marktbaar product) en suikerbiet (wortel). Gemiddelden gebaseerd op metingen aan bemeste behandelingen (dus exclusief onbemeste controle), exclusief outliers.

		Aardappel	Suikerbiet
Borium	mg/kg ds	6.5 (0.68)	8.6 (0.60)
Kobalt	µg/kg ds	43.4 (0.84)	41.1 (0.40)
Koper	mg/kg ds	5.5 (0.66)	2.6 (0.18)
Magnesium	g/kg ds	1.1 (0.20)	1.2 (0.10)
Mangaan	mg/kg ds	5.5 (3.40)	8.5 (1.16)
Zink	mg/kg ds	21.7 (3.40)	27.0 (3.40)

Bemestingsadviezen zijn gericht op de relaties tussen aanvoer, beschikbaarheid, opname en opbrengst. In een aantal gevallen werden in dit onderzoek significante deelrelaties gevonden, maar de dataset is ongeschikt als basis voor bemestingsadviezen omdat er geen situaties voorkwamen waar verschillen in bemesting en/of beschikbaarheid ook daadwerkelijk leiden tot verschillen in opbrengst. Overigens had het achterwege laten van bemesting (behandeling 12: de onbemeste controle) wel een duidelijk effect op gewasopbrengst en nutriëntenopname, en week deze behandeling sterk af van de overige behandelingen. Dit zal voor het belangrijkste deel toe te schrijven zijn aan stikstof. Bij de statistische analyses is daarom de focus gelegd op de dataset zonder behandeling 12 (onbemeste controle) om beter te kunnen zien of er statistisch significante verschillen tussen de organische producten zijn.

Tussen de behandelingen zijn er geen verschillen gevonden in pH en lutumgehalte, zodat deze bodemeigenschappen geen effect hebben gehad op de vastgestelde hoeveelheid plant beschikbaarheid van de verschillend elementen.

In het eerste jaar was de bodembeschikbaarheid van B, Co, Mn en Zn duidelijk afwijkend bij de producten 5 en 6 (gft-compost en Groencompost). Of dit veroorzaakt is door een andere aanvoer is bij B, Co en Mn niet bekend omdat deze niet bepaald zijn in de aangevoerde producten. Zn is wel bepaald, maar de lagere bodembeschikbaarheid ging juist gepaard met een hogere aanvoer (Figuur 3.10), waarschijnlijk omdat de

---

zink organisch gebonden is. Ook een jaar na toediening kwam de hogere aanvoer niet tot uiting in een hogere bodembeschikbaarheid (Bijlage 6). De bodembeschikbaarheid van B was bij producten 5 en 6 hoger dan bij de andere producten, de beschikbaarheid van Co en Zn juist lager. Een mogelijke verklaring hiervoor kunnen verschillen tussen de nutriënten zijn in adsorptie in de bodem.

In het eerste jaar werden verschillende relaties gevonden met een correlatiecoëfficiënt  $> 0.20$  en een significante hellingshoek. De zeeffractie 30-50 mm had een negatieve relatie met zowel beschikbaar kobalt, beschikbaar mangaan en gewasgehalte zink, waarbij met toenemende beschikbaarheid of gehalte een lager aardappengewicht in deze fractie werd gevonden. In alle gevallen was de relatie met andere zeeffracties andersom, allemaal met lage correlatie en niet-statistisch-significante helling, maar kennelijk was hier een kleine verschuiving in zeeffractieverdeling, waarbij de verklaring zowel in genoemde micronutriënten kan liggen als in andere aspecten veroorzaakt voor verschillen tussen de aangevoerde producten.

De marktbaar aardappelopbrengst correleerde positief met de hoeveelheid beschikbaar magnesium in de bodem en met het kopergehalte in het product. Het is de vraag welke causale verbanden hieraan ten grondslag liggen, en dit zou in specifiek ingerichte bemestingsproeven bekeken moeten worden.

Opvallend is dat in het tweede jaar er geen verschillen werden gevonden tussen de producten in bodembeschikbaarheid van de verschillende micronutriënten. De tijdsduur tussen toediening van de organische producten en de bodembemonstering was in het eerste jaar (aardappel) vier weken, in het tweede jaar (suikerbiet) was dat acht weken. Misschien dat in deze langere periode meer tijd was om verschillen in toegediende hoeveelheden te bufferen in het bodemcomplex.

Het achterwege laten van bemesting had een groot effect op gewasgroei en andere parameters. Stikstof zal hier de belangrijkste rol in hebben gespeeld. In dit onderzoek is vooral gekeken naar verschillen tussen organische producten, en niet naar het verschil met de onbemeste controle. Er zijn echter ook effecten op micronutriënten, zoals bijvoorbeeld een lager Cu gehalte in het gewas (Bijlage 6). Dit geeft aan dat verschillende aspecten een rol spelen rondom micronutriënten, en er ook onderlinge interacties zijn met effecten op gewasopname.

---

# Literatuur

- CBAV, 2022. Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollegrondsgroenteteelt, Handboek Bodem en Bemesting. <https://www.handboekbodemenbemesting.nl>.
- CBGV, 2022. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. Bemestingsadvies, versie 2022 (laatste wijziging: September 2022). <https://edepot.wur.nl/413891>.
- De Vries, W., P.F.A.M. Römkens, J.C.H. Voogd, 2004. Prediction of the long term accumulation and leaching of zinc in Dutch agricultural soils: a risk assessment study. Wageningen, Alterra-report 1030.
- Groenenberg, J.E., P.F.A.M. Römkens, W. de Vries, 2006. Prediction of the long term accumulation and leaching of copper in Dutch agricultural soils: a risk assessment study. Wageningen, Alterra-report 1278.
- Postma, J., M. Schilder, J. Bloem, J. Visser, G. van Os, K. Brolsma, M. Hoogmoed, R. Postma en G. Korthals, 2020. Sturen op bodemweerbaarheid door toediening van organische materialen; TKI-AF-15261. Wageningen Research, Rapport WPR-1024.
- Römkens, P.F.A.M. en Rietra, 2011. Locatiespecifiek onderzoek naar de risico's van lood in moestuinen: gehalten aan lood in de bodem en moestuingewassen in het volkstuincomplex 'Aan het Meer' te Heerenveen. Wageningen, Alterra-rapport 2107.

---

# Bijlage 1 R-script voor de standaardprocedure voor de analyse van de parameters

```
# 1. Verwijderen van outliers.
# plot gegevens van desbetreffende parameter in boxplot
ggplot(df_correlations, mapping = aes(x = behandeling, y = PARAMETER, fill = Gewas)) +
  geom_boxplot(outlier.colour = "red", outlier.shape = 5, outlier.size = 4, na.rm = T) + facet_wrap(~Gewas)

# identificeer en verwijder outliers:
df_correlations$PARAMETER_cleaned = as.numeric(outlier_replace(df_correlations$PARAMETER)) #outliers
are replaced with value 0 must be converted to NA
df_correlations$PARAMETER_cleaned[df_correlations$ PARAMETER_cleaned == 0]<- NA

#controleer boxplot:
ggplot(df_correlations, mapping = aes(x = behandeling, y = PARAMETER_cleaned, fill = Gewas)) +
  geom_boxplot(outlier.colour = "red", outlier.shape = 8, outlier.size = 4) + facet_wrap(~Gewas)

# anova: zonder en met interactie
PARAMETER.aov2 <- aov(PARAMETER_cleaned ~ Gewas + behandeling, data = df_correlations)
summary(PARAMETER.aov2)
PARAMETER.aov3 <- aov(PARAMETER_cleaned ~ Gewas * behandeling, data = df_correlations)
summary(PARAMETER.aov3)

# 2. Controleer homogeniteit van de variantie
plot(PARAMETER.aov3, 1)
leveneTest(PARAMETER_cleaned ~ Gewas * behandeling, data = df_correlations) # evalueer p-waarde,
indien significant voer transformatie uit
# transform data dmv: log of 1/PARAMETER_cleaned of andere transformatie
df_correlations$transPARAMETER <- 1/(df_correlations$PARAMETER_cleaned)
PARAMETER.aov4 <- aov(transPARAMETER ~ Gewas * behandeling, data = df_correlations)
summary(transPARAMETER.aov4)
plot(transPARAMETER.aov4, 1)
leveneTest(transPARAMETER ~ Gewas*behandeling, data = df_correlations) # evalueer p-waarde, kies zo
nodig een andere transformatie

# 3. Normaliteit
plot(PARAMETER.aov3, 2) # van ongetransformeerde data
plot(PARAMETER.aov4, 2) # van getransformeerde data

#4.1 Situatie zonder interactie: test pairwise differences between objects
TukeyHSD(PARAMETER.aov4, which = "behandeling")
summary(glht(PARAMETER.aov4, linfct = mcp(behandeling = "Tukey"))))

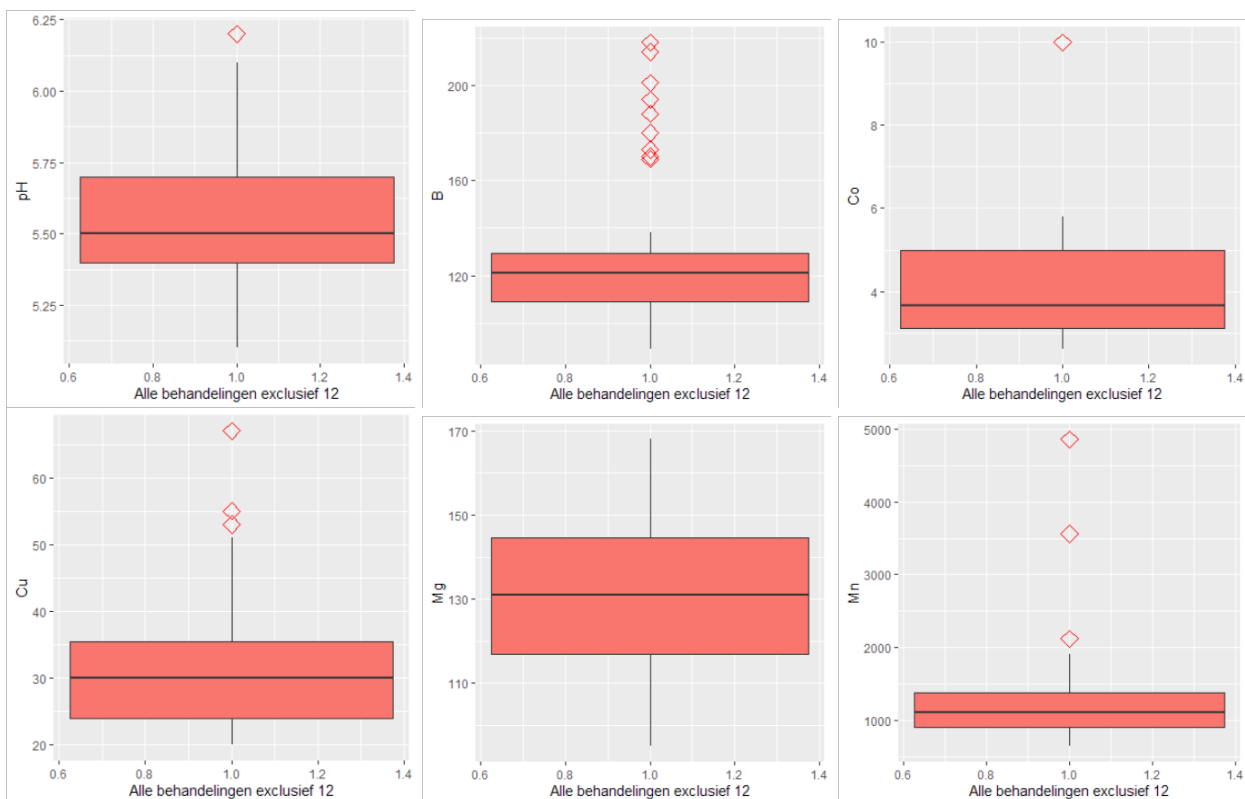
# Pairwise test met indicatie van significantie:
pairwise.t.test(df_correlations$transPARAMETER, df_correlations$behandeling, p.adjust.method = "BH")

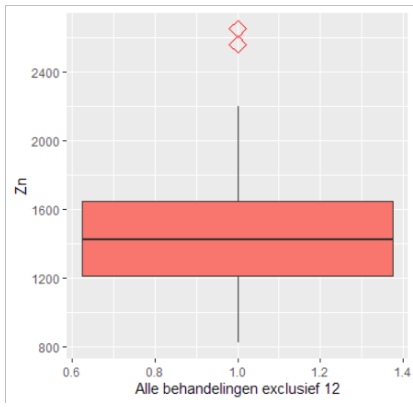
#4.2 Situatie met interactie: test pairwise differences between objects within groups
diff4 <- glm(transPARAMETER ~ Gewas * behandeling, data = df_correlations)
summary(diff4)
```

## Bijlage 2 Boxplots voor identificatie outliers bodemanalyses aardappelen zonder behandeling 12

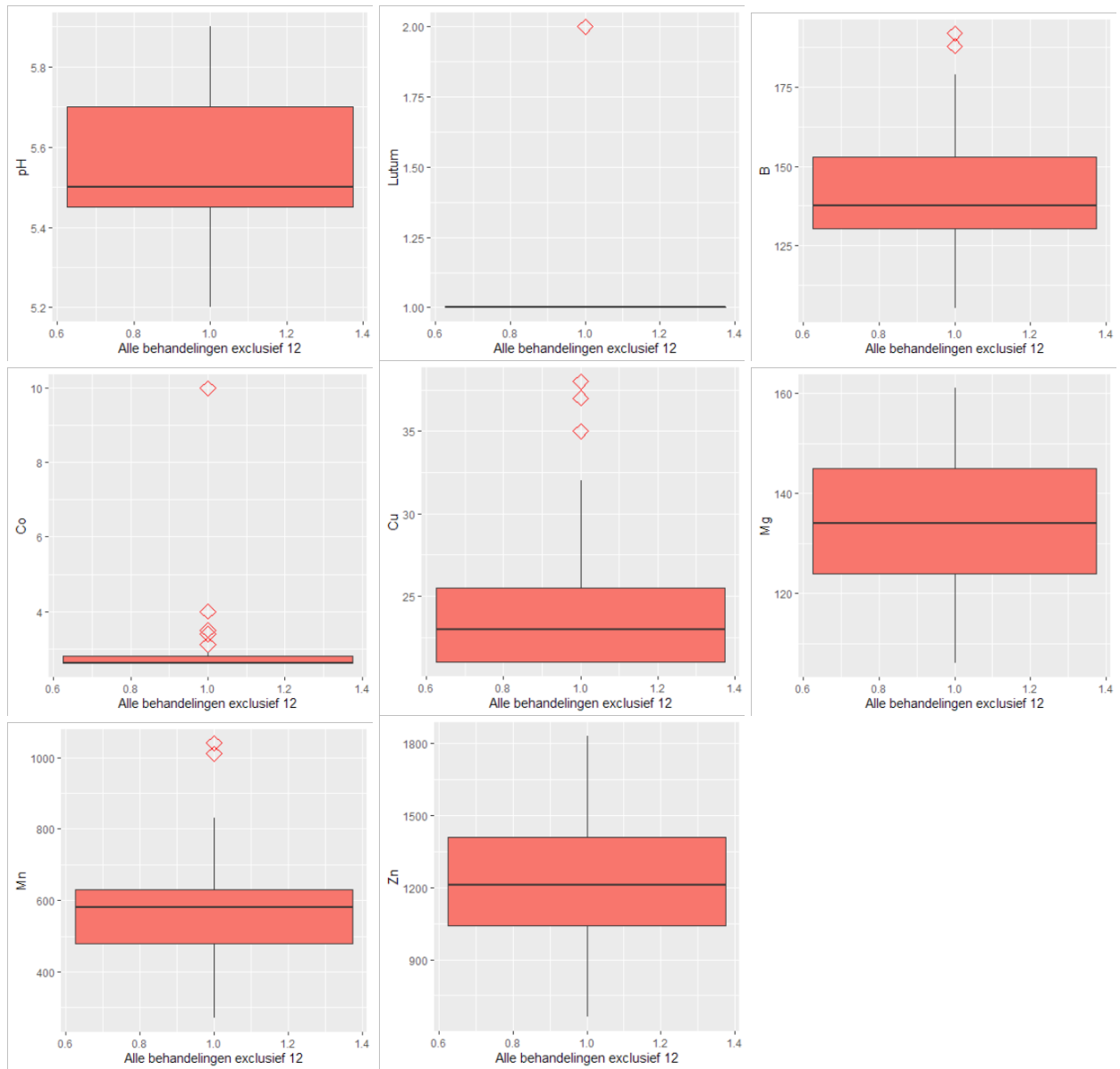
De resultaten van de bodemanalyses zijn beoordeeld op het voorkomen van outliers (zie ook 2.5.1). Van ieder element is een boxplot gemaakt zonder rekening te houden met de behandelingen en waarbij de outliers als een rode ruit boven of onder de box herkenbaar zijn. In de boxplot wordt de mediaan van de waarnemingen aangegeven (zwarte, horizontale lijn in rode box) en het bereik van het eerste en derde kwantiel (zwarte, horizontale lijn aan boven- (kwantiel 3, Q3) en onderkant box (kwantiel 1, Q1)). De verticale zwarte lijnen lopen van de laagste tot de hoogste waarneming of tot maximaal een waarde die 1.5 maal het verschil is van Q3 - Q1 (box hoogte). Voor iedere rode ruit wordt vervolgens bekeken of de waarde binnen de boxplot van de behandeling past of eveneens als een outlier beoordeeld wordt. Outliers worden niet in de analyse meegenomen, wanneer de waarde binnen de boxplot van de behandeling past wordt de waarneming wel meegenomen.

Voorbeeld: voor borium (B) worden 9 waarnemingen als outlier geïdentificeerd, zie rode ruiten in figuur. Dit is een volledige behandeling (behandeling 5) en enkele andere waarnemingen in andere behandelingen. De waarnemingen zoals hier geïdentificeerd als "outliers" worden niet verwijderd, immers alle waarnemingen van behandeling 5 zijn geen outliers. De overig geïdentificeerde "outliers" vallen eveneens binnen de boxplot hun behandeling zodat deze waarnemingen ook in de analyse mee blijven doen (zie Tabel 6).



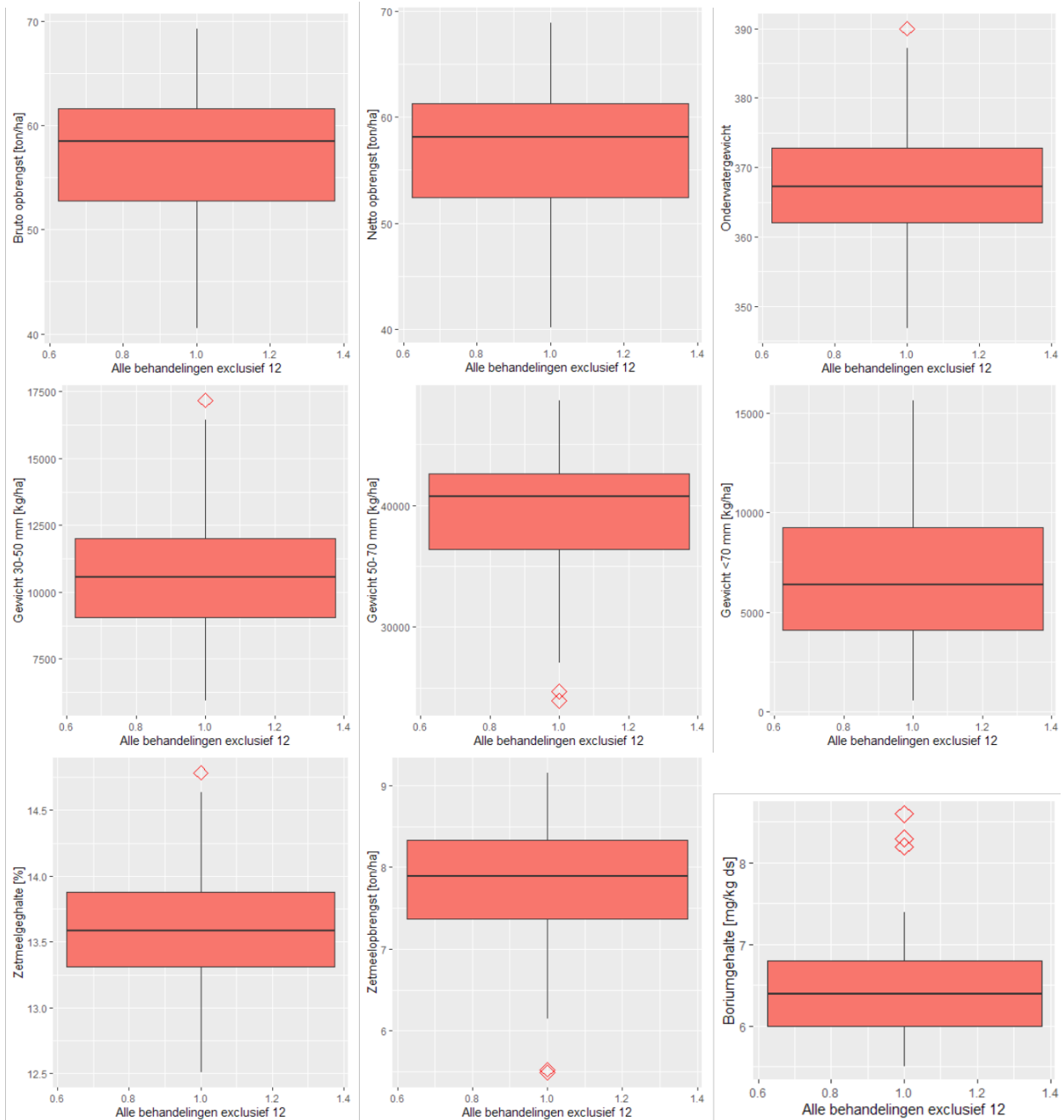


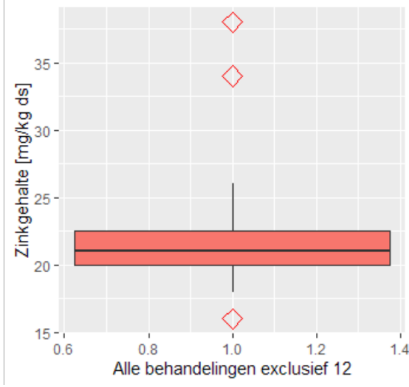
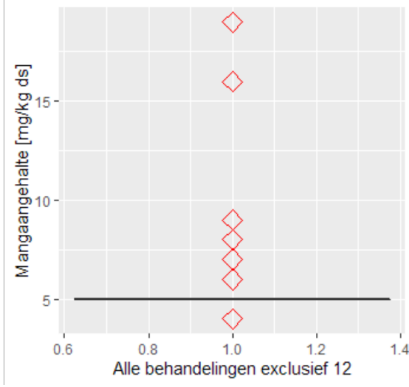
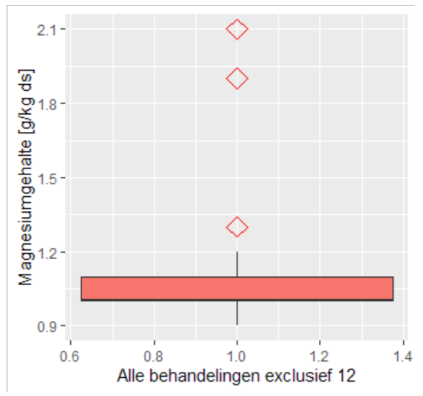
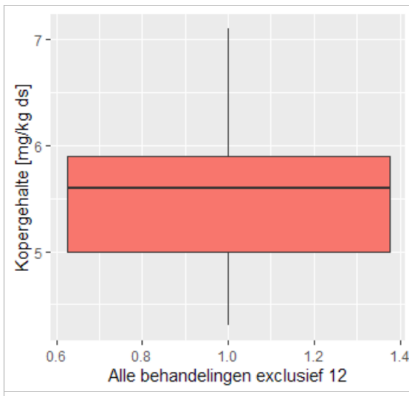
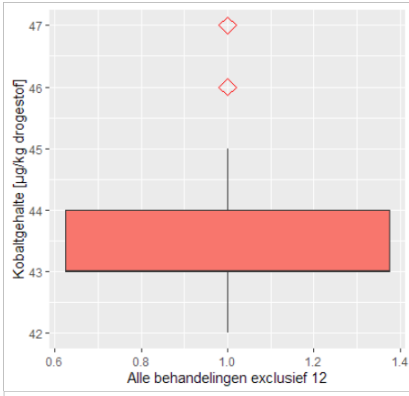
# Bijlage 3 Boxplots voor identificatie outliers bodemanalyses suikerbieten zonder behandeling 12



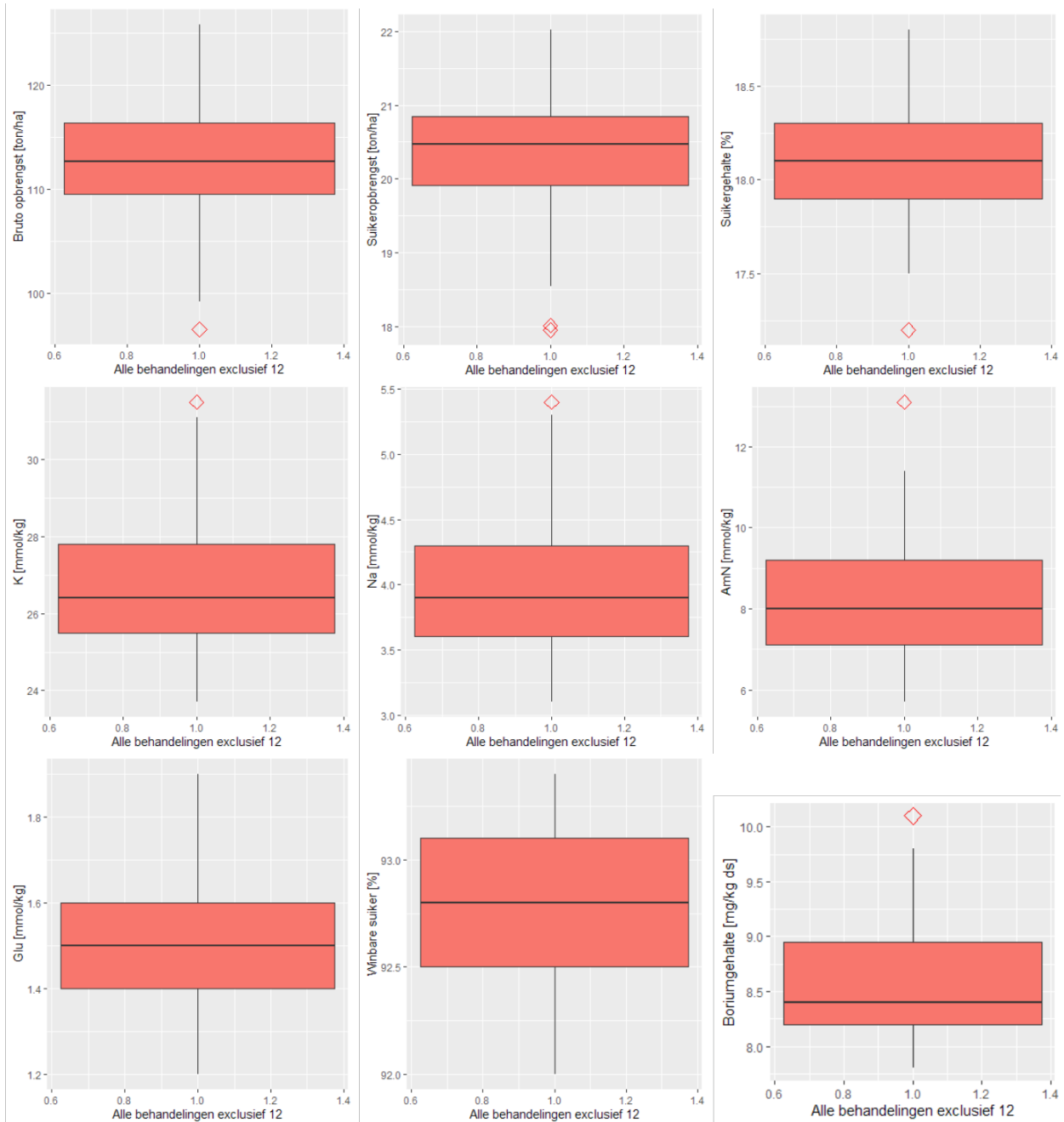


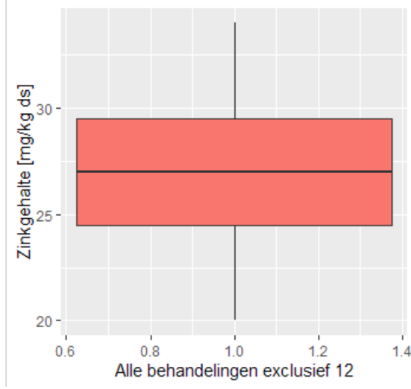
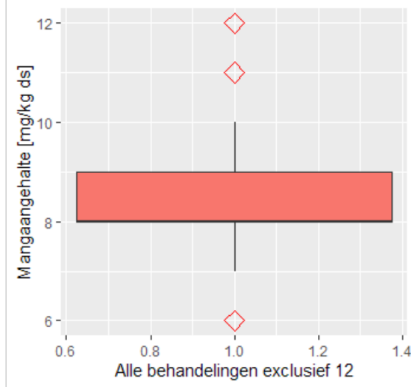
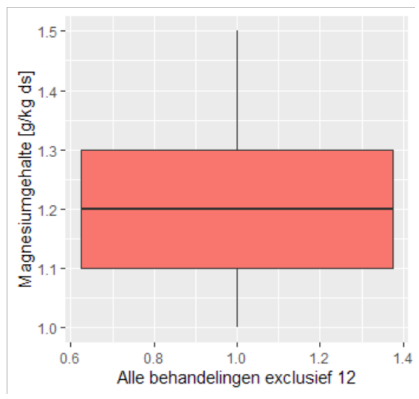
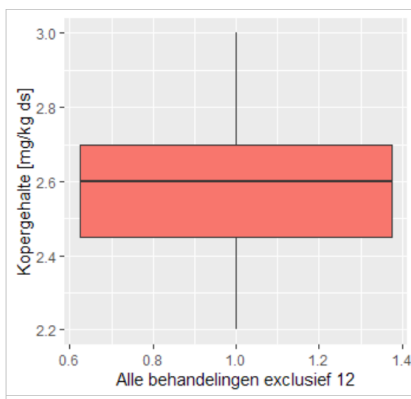
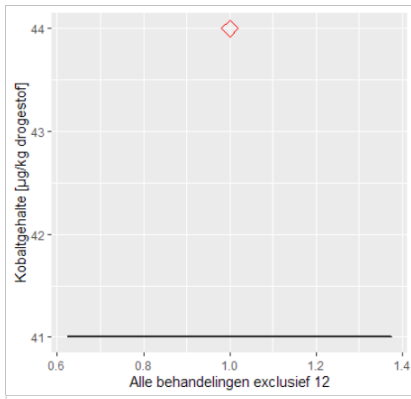
# Bijlage 4    Boxplots voor identificatie outliers gewasparameters aardappelen knollen zonder behandeling 12





# Bijlage 5    Boxplots voor identificatie outliers gewasparameters suikerbieten zonder behandeling 12





# Bijlage 6 Analyses complete set inclusief onbemeste controle (behandeling 12)

## Bodemanalyses

Resultaten van de variantieanalyse van pH, lutum en de bodembeschikbaarheid van borium, kobalt, koper, magnesium, mangaan en zink voor de totale dataset inclusief behandeling 12.

Gewas	Variabele	Aantal outliers	Outliers mee in analyse	Transformatie	Significantie
Aardappelen	pH	1	nee	nee	n.s.
	Lutum	1	nee	nee	n.s.
	Borium	9	ja (beh. 5 en 6)	nee	***
	Kobalt	2	nee	nee	***
	Koper	3	nee	nee	*
	Magnesium	0		nee	n.s.
	Mangaan	3	nee	nee	***
	Zink	2	ja (beh. 1 en 2)	nee	***
	Suikerbieten	pH	0		nee
Lutum		1	nee	nee	n.s.
Borium		2	nee	nee	n.s.
Kobalt		8	waarneming met waarde 10 is verwijderd	nee, niet normaal verdeeld transformatie geen effect	n.s.
Koper		4	nee	nee, niet normaal verdeeld transformatie geen effect	n.s.
Magnesium		0		-	n.s.
Mangaan		3	nee	nee	n.s.
Zink		0		nee	n.s.

Gemiddelde waarden per behandeling van de verschillende bodemparameters bij aardappelen. Verschillende letters geven significante verschillen tussen behandelingen aan.

Behandeling	pH	Lutum [%]	B [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Co [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Cu [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Mg [mg/kg]	Mn [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Zn [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]
1	5.4	1.0	119.0	a 5.2 c	34.4 ab	130.2	1550 c	1900 bc
2	5.5	1.0	117.8	a 4.9 bc	28.2 ab	127.0	1330 bc	1950 c
3	5.5	1.0	115.0	a 3.5 abc	26.8 ab	138.6	984 abc	1416 abc
4	5.5	1.0	105.8	a 4.4 abc	28.8 ab	133.2	1182 abc	1590 abc
5	5.7	1.0	186.8	b 2.8 a	24.5 a	135.2	902 ab	1114 a
6	5.6	1.0	182.0	b 2.8 a	29.3 ab	145.2	1132 abc	1078 a
7	5.7	1.0	116.6	a 3.9 abc	33.8 ab	129.6	1088 abc	1380 abc
8	5.6	1.0	117.6	a 3.8 abc	29.5 ab	134.8	1112 abc	1414 abc
9	5.6	1.2	118.8	a 4.1 abc	28.5 ab	126.2	1128 abc	1234 a
10	5.4	1.0	111.8	a 4.7 bc	39.0 b	120.0	1406 bc	1714 abc
11	5.6	1.0	109.0	a 3.2 ab	25.2 a	122.8	832 ab	1278 ab
12	5.6	1.0	107.0	a 2.8 a	27.6 ab	131.2	640 a	1168 a
Gemiddelde	5.6	1.0	125.6	3.8	29.8	131.2	1095	1436

Gemiddelde waarden per behandeling van de verschillende bodemparameters van suikerbieten. Verschillen tussen de behandelingen zijn niet significant.

Behandeling	pH	Lutum [%]	B [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Co [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Cu [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Mg [mg/kg]	Mn [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	Zn [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]
1	5.5	1.0	137.4	2.7	24.6	125.8	548	1166
2	5.6	1.2	131.8	4.2	26.8	134.4	636	1398
3	5.7	1.0	136.8	2.9	24.2	140.4	468	992
4	5.6	1.0	141.4	2.6	23.4	126.2	598	1226
5	5.5	1.0	133.2	2.8	22.0	129.4	612	1234
6	5.6	1.0	155.0	2.8	23.8	132.6	638	1304
7	5.6	1.0	132.0	2.7	27.8	129.8	566	1248
8	5.5	1.0	148.2	2.7	25.0	131.6	702	1436
9	5.5	1.0	153.4	3.0	23.2	137.4	616	1344
10	5.5	1.0	147.6	2.6	23.2	137.4	502	1210
11	5.6	1.0	153.6	2.7	21.6	144.0	476	1000
12	5.5	1.0	126.4	2.7	26.8	121.4	576	1386
Gemiddelde	5.5	1.0	141.4	2.9	24.4	132.5	578	1245

### Gewasanalyses

Resultaten van de variantieanalyse van de bruto en netto-opbrengst (ton/ha) van aardappelen, verschillende kwaliteitsparameters en gehalten in geogst product, inclusief behandeling 12.

Gewas	Variabele	Outliers	Outliers mee in analyse	Transformatie	Significantie
Aardappelen	Totale opbrengst	5	ja: is behandeling 12	nee	***
	Marktbaar opbrengst	5	ja: is behandeling 12	nee	***
	Onderwatergewicht	5	ja: is behandeling 12	nee	***
	0-30 mm	2	nee	nee	n.s.
	30-50 mm	2	ja: is behandeling 12	nee	***
	50-70 mm	4	ja: is behandeling 12	nee	***
	>70 mm	0	-	nee	**
	Zetmeelgehalte	5	ja: is behandeling 12	nee	***
	Zetmeelopbrengst	4	ja: is behandeling 12	nee	*
	Borium	0	-	nee	n.s.
	Kobalt	2	nee	nee	n.s.
	Koper	0	-	nee	*
	Magnesium	3	nee	nee	n.s.
	Mangaan	21	ja	nee	n.s.
Zink	3	nee	nee	***	
Suikerbieten	Wortelopbrengst	5	niet verwijderd: is behandeling 12	nee	***
	Suikeropbrengst	5	niet verwijderd: is behandeling 12	nee	***
	Suikergehalte	1	behandeling 4 & 1 verschillen bij 10%	nee	*
	Kaliumgehalte	3	niet verwijderd: valt binnen behandeling	nee	***
	Natriumgehalte	0	-	nee	**
	AminoN-gehalte	1	niet verwijderd: binnen behandeling	nee	***
	Glucosegehalte	2	niet verwijderd: is behandeling 12	nee	***
	Winbaarheid	0	-	nee	***
	Borium	0	-	nee	n.s.
	Kobalt	1	verwijderd	nee	n.s.
	Koper	0	-	nee	***
	Magnesium	1	niet verwijderd: binnen behandeling	nee	*
	Mangaan	4	niet verwijderd: binnen behandeling	nee	n.s.
	Zink	0	-	nee	n.s.

Gemiddelde waarden per behandeling van de bruto en netto-opbrengst (ton/ha) en verschillende kwaliteitsparameters, inclusief behandeling 12, voor het gewas aardappelen. Verschillende letters geven significante verschillen tussen behandelingen aan.

Beh	Bruto [t/ha]		Netto [t/ha]		OWG	0-30 mm	30-50 mm		50-70 mm		70 op mm		Zetmeel-gehalte [%]		Zetmeel-Opbrengst [t/ha]		
1	59.2	b	58.8	b	367.1	a	0.4	7.9	a	40.5	b	10.5	b	13.6	a	8.0	b
2	57.8	b	57.5	b	363.3	a	0.4	8.7	ab	40.2	b	8.6	b	13.4	a	7.7	ab
3	57.4	b	57.1	b	365.5	a	0.3	12.7	b	38.6	b	5.7	ab	13.5	a	7.7	ab
4	59.1	b	58.7	b	365.7	a	0.4	10.9	ab	40.6	b	7.2	ab	13.5	a	8.0	ab
5	52.5	b	52.1	b	375.7	a	0.4	13.1	b	34.5	b	4.5	ab	14.0	a	7.4	ab
6	58.0	b	57.5	b	364.9	a	0.4	11.3	ab	38.4	b	7.8	ab	13.5	a	7.8	ab
7	60.8	b	60.5	b	373.4	a	0.3	9.1	ab	42.3	b	9.1	b	13.9	a	8.5	b
8	57.1	b	56.7	b	374.7	a	0.3	8.9	ab	41.2	b	6.7	ab	14.0	a	8.0	ab
9	55.1	b	54.6	b	364.4	a	0.5	12.7	b	36.9	b	5.1	ab	13.4	a	7.4	ab
10	57.6	b	57.2	b	367.5	a	0.4	11.3	ab	40.4	b	5.5	ab	13.6	a	7.8	ab
11	53.1	b	52.8	b	366.0	a	0.4	13.3	b	35.5	b	3.9	ab	13.5	a	7.2	ab
12	36.0	a	35.5	a	413.9	b	0.5	19.8	c	15.1	a	0.6	a	16.0	b	5.8	a
Gem	55.3		54.9		371.8		0.4	11.6		37.0		6.3		13.8		7.6	

Beh	Borium [mg/kg ds]	Kobalt [µg/kg ds]	Koper [mg/kg ds]		Magnesium [g/kg ds]	Mangaan [mg/kg ds]	Zink [mg/kg ds]	
1	6.3	43.4	5.4	ab	1.0	4.8	21.8	b
2	6.4	43.2	5.7	ab	1.0	4.6	22.6	b
3	6.8	44.2	5.2	ab	1.2	7.0	20.0	ab
4	6.1	43.4	5.8	ab	1.0	5.0	21.4	b
5	6.8	43.4	5.2	ab	1.1	5.8	21.6	b
6	6.6	43.2	5.5	ab	1.2	7.6	19.0	ab
7	6.9	43.6	5.7	ab	1.0	4.6	21.8	b
8	6.2	43.0	5.4	ab	1.0	5.0	20.8	b
9	6.8	43.8	6.1	b	1.0	5.0	21.2	b
10	6.2	43.0	5.7	ab	1.1	6.0	21.8	b
11	6.7	43.2	4.9	ab	1.0	4.6	19.8	ab
12	6.7	43.4	4.5	a	1.0	4.4	15.8	a
Gem	6.5	43.4	5.4		1.1	5.4	20.8	

Gemiddelde waarden per behandeling van de bruto en netto-opbrengst (ton/ha) en verschillende kwaliteitsparameters, inclusief behandeling 12, voor het gewas suikerbieten. Verschillende letters geven significante verschillen tussen behandelingen aan.

Beh	Wortel- opbrengst [t/ha]	Suiker- opbrengst [t/ha]	Suiker- gehalte[%]	Kalium- gehalte[%]	Natrium- gehalte [%]	AminoN- gehalte [%]	Glucose- gehalte [%]	Winbaar- heid [%]
1	116 c	21 c	17.8	26.4 b	4.8 b	10.5 e	1.4 a	92.4 a
2	113 c	21 c	18.3	26.9 bc	3.8 ab	8.5 bcde	1.5 ab	92.9 abc
3	108 bc	20 bc	18.2	26.0 b	3.6 a	7.1 bcde	1.7 ab	93.1 bcd
4	102 b	19 b	18.4	26.0 b	3.6 a	6.3 ab	1.7 b	93.2 cd
5	113 c	20 c	18.1	26.8 bc	4.1 ab	8.1 bcd	1.5 ab	92.8 abc
6	112 bc	20 bc	18.1	26.5 b	4.2 ab	7.7 bcd	1.5 ab	92.9 abc
7	114 c	21 c	18.2	30.0 d	3.8 ab	8.5 bcde	1.4 ab	92.6 ab
8	117 c	21 c	17.9	26.6 b	4.4 ab	9.8 de	1.5 ab	92.6 ab
9	111 c	20 c	18.0	29.9 cd	3.9 ab	7.6 bcd	1.4 ab	92.6 abc
10	114 bc	20 c	17.9	25.6 b	4.1 ab	8.7 cde	1.5 ab	92.8 abc
11	111 c	20 c	18.2	26.1 b	4.0 ab	7.2 bc	1.5 ab	93.0 abcd
12	63 a	12 a	18.3	22.2 a	4.7 ab	4.3 a	2.2 c	93.6 d
Gem	108	20	18.1	26.5	4.1	7.9	1.6	92.9

Beh	Borium [mg/kg ds]	Kobalt [µg/kg ds]	Koper [mg/kg ds]	Magnesium [g/kg ds]	Mangaan [mg/kg ds]	Zink [mg/kg ds]
1	8.3	41.0	2.6 b	1.3 ab	8.2 b	29.4
2	8.5	41.0	2.6 b	1.2 ab	8.8 ab	28.0
3	9.2	41.0	2.6 b	1.2 ab	9.4 ab	28.6
4	8.9	41.0	2.4 ab	1.2 ab	8.4 ab	27.0
5	8.6	41.0	2.6 b	1.2 ab	7.8 ab	24.6
6	8.4	41.0	2.5 ab	1.2 ab	8.4 ab	25.2
7	8.9	41.0	2.7 b	1.2 ab	9.2 ab	26.8
8	8.4	41.6	2.6 b	1.3 b	8.4 b	29.2
9	8.6	41.0	2.5 b	1.2 ab	8.8 ab	26.6
10	8.5	41.0	2.6 b	1.2 ab	8.2 ab	27.0
11	8.4	41.0	2.5 b	1.1 a	8.2 ab	25.0
12	9.1	41.0	2.1 a	1.2 ab	8.0 a	23.8
Gem	8.6	41.1	2.5	1.2	8.5	26.8



# Bijlage 7 Relatie aanvoer, beschikbaarheid en gewasparameters

Relaties tussen twee parameters, beschreven met correlatiecoëfficiënt ( $R^2$ ), hellingshoek (a) en significantie van de hellingshoek (p) voor borium, kobalt, koper, magnesium, mangaan en zink bij aardappelen.

Parameter 1	Parameter 2	Borium			Kobalt			Koper			Magnesium			Mangaan			Zink		
		R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P
Aanvoer	Bodembeschikbaarheid							0.06	-0.01	0.0808	0.05	0.27	0.0879				0.23	-0.18	0.0002
Aanvoer	Gewasgehalte							0.01	0.00	0.5042	0.00	0.00	0.7502				0.04	0.00	0.1755
Aanvoer	Marktbaar opbr.							0.02	0.00	0.2639	0.01	-0.05	0.3997				0.01	0.00	0.4131
Aanvoer	Onderwatergewicht							0.03	0.01	0.2438	0.01	0.07	0.4138				0.02	0.00	0.3735
Aanvoer	0-30 mm							0.01	0.00	0.5306	0.01	0.00	0.3895				0.01	0.00	0.5659
Aanvoer	30-50 mm							0.07	0.00	0.0561	0.07	0.04	0.0609				0.04	0.00	0.1260
Aanvoer	50-70 mm							0.05	-0.01	0.0875	0.04	-0.07	0.1620				0.04	0.00	0.1490
Aanvoer	70 op mm							0.02	0.00	0.2969	0.01	-0.03	0.3966				0.01	0.00	0.5280
Aanvoer	zetmeelgehalte							0.03	0.00	0.2438	0.01	0.00	0.4138				0.02	0.00	0.3735
Aanvoer	zetmeelopbengst							0.01	0.00	0.5139	0.00	0.00	0.7021				0.00	0.00	0.8373
Gewasgehalte	Marktbaar opbr.	0.00	0.09	0.95	0.01	-0.91	0.56	0.29	5.35	0.0000	0.10	26.45	0.0203	0.09	0.80	0.02	0.11	1.14	0.0167
Gewasgehalte	Onderwatergewicht	0.12	-4.93	0.01	0.02	2.54	0.27	0.14	-5.51	0.0051	0.02	-19.17	0.2679	0.12	-1.30	0.01	0.03	-0.89	0.2046
Gewasgehalte	0-30 mm	0.03	0.02	0.19	0.07	-0.03	0.05	0.08	0.03	0.0388	0.03	0.18	0.2190	0.04	0.01	0.17	0.01	0.00	0.4606
Gewasgehalte	30-50 mm	0.05	0.85	0.09	0.00	0.03	0.96	0.12	-1.30	0.0107	0.07	-8.65	0.0601	0.00	-0.03	0.82	0.25	-0.68	0.0002
Gewasgehalte	50-70 mm	0.00	-0.54	0.65	0.00	-0.58	0.68	0.22	4.16	0.0003	0.06	18.49	0.0809	0.04	0.46	0.15	0.09	0.96	0.0292
Gewasgehalte	70 op mm	0.01	-0.40	0.59	0.00	-0.26	0.77	0.21	2.54	0.0005	0.13	16.95	0.0081	0.07	0.38	0.06	0.18	0.84	0.0016
Gewasgehalte	zetmeelgehalte	0.12	-0.26	0.01	0.02	0.13	0.27	0.14	-0.29	0.0051	0.02	-1.01	0.2679	0.12	-0.07	0.01	0.03	-0.05	0.2046
Gewasgehalte	zetmeelopbengst	0.03	-0.19	0.19	0.00	0.01	0.97	0.18	0.47	0.0017	0.04	1.94	0.1577	0.03	0.05	0.21	0.03	0.08	0.1984
Bodembeschikbaarheid	Gewasgehalte	0.00	0.00	0.96	0.01	0.04	0.61	0.00	0.00	0.9782	0.06	0.00	0.4164	0.01	0.00	0.00	0.16	0.00	0.0036
Bodembeschikbaarheid	Marktbaar opbr.	0.03	-0.04	0.22	0.06	1.58	0.09	0.00	0.01	0.9552	0.29	0.20	0.0000	0.04	0.07	0.51	0.01	0.00	0.5636
Bodembeschikbaarheid	Onderwatergewicht	0.02	0.05	0.29	0.04	-1.66	0.19	0.02	0.18	0.3553	0.01	-0.05	0.4658	0.00	0.00	0.68	0.06	-0.01	0.0716
Bodembeschikbaarheid	0-30 mm	0.03	0.00	0.21	0.01	0.01	0.53	0.00	0.00	0.9603	0.02	0.00	0.3618	0.02	0.00	0.29	0.02	0.00	0.2834
Bodembeschikbaarheid	30-50 mm	0.01	0.01	0.61	0.26	-1.23	0.00	0.06	-0.08	0.0969	0.07	-0.04	0.0479	0.21	0.00	0.00	0.13	0.00	0.0063
Bodembeschikbaarheid	50-70 mm	0.07	-0.05	0.06	0.09	1.68	0.04	0.01	0.10	0.4142	0.28	0.17	0.0000	0.03	0.00	0.19	0.02	0.00	0.3571
Bodembeschikbaarheid	70 op mm	0.00	0.00	0.87	0.12	1.21	0.01	0.00	0.00	0.9707	0.11	0.07	0.0116	0.12	0.00	0.01	0.04	0.00	0.1521
Bodembeschikbaarheid	zetmeelgehalte	0.02	0.00	0.29	0.04	-0.09	0.19	0.02	0.01	0.3553	0.01	0.00	0.4658	0.00	0.00	0.68	0.06	0.00	0.0716
Bodembeschikbaarheid	zetmeelopbengst	0.01	0.00	0.44	0.01	0.07	0.51	0.00	-0.01	0.6818	0.25	0.02	0.0001	0.02	0.00	0.33	0.01	0.00	0.5501

Relaties tussen twee parameters, beschreven met correlatiecoëfficiënt ( $R^2$ ), hellingshoek (a) en significantie van de hellingshoek (P) voor borium, kobalt, koper, magnesium, mangaan en zink bij suikerbieten.

Parameter 1	Parameter 2	Borium			Kobalt			Koper			Magnesium			Mangaan			Zink		
		R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P	R <sup>2</sup>	a	P
Aanvoer	Bodembeschikbaarheid							0.03	0.00	0.2279	0.01	-0.06	0.4009				0.00	0.01	0.8900
Aanvoer	Gewasgehalte							0.00	0.00	0.8519	0.01	0.00	0.4768				0.07	0.00	0.0527
Aanvoer	Wortelgewicht							0.00	0.00	0.6709	0.01	0.02	0.5622				0.00	0.00	0.8452
Aanvoer	Suikerpercentage							0.00	0.00	0.7286	0.00	0.00	0.7193				0.00	0.00	0.7994
Aanvoer	Suikeropbrengst							0.00	0.00	0.9894	0.01	0.00	0.4507				0.00	0.00	0.8531
Aanvoer	Tarra							0.00	0.00	0.8129	0.00	0.00	0.9019				0.00	0.00	0.6178
Aanvoer	Kaliumgehalte							0.00	0.00	0.9324	0.00	0.00	0.7704				0.00	0.00	0.8855
Aanvoer	Natriumgehalte							0.00	0.00	0.8265	0.03	0.00	0.1916				0.00	0.00	0.9388
Aanvoer	AminoN-gehalte							0.04	0.00	0.1776	0.00	0.00	0.9961				0.03	0.00	0.2424
Aanvoer	Glucosegehalte							0.00	0.00	0.8396	0.02	0.00	0.3626				0.00	0.00	0.9109
Aanvoer	Winbaarheid							0.01	0.00	0.5367	0.00	0.00	0.7391				0.00	0.00	0.6601
Gewasgehalte	Wortelgewicht	0.45	41.00	0.0000	0.08	-0.03	0.0438	0.06	7.73	0.0766	0.15	23.24	0.0041	0.00	0.00	0.7711	0.00	-0.01	0.9698
Gewasgehalte	Suikerpercentage	0.12	0.69	0.0135	0.00	-0.02	0.7328	0.06	-0.46	0.0759	0.14	-1.38	0.0050	0.03	0.00	0.1997	0.00	0.00	0.9559
Gewasgehalte	Suikeropbrengst	0.00	-0.01	0.6596	0.00	0.00	0.7930	0.06	1.26	0.0666	0.08	2.68	0.0445	0.01	0.00	0.5985	0.00	0.00	0.9304
Gewasgehalte	Tarra	0.08	0.09	0.0445	0.00	0.00	0.8812	0.02	0.64	0.3159	0.11	2.99	0.0130	0.03	0.00	0.1824	0.03	0.04	0.2494
Gewasgehalte	Kaliumgehalte	0.01	0.03	0.4087	0.01	0.01	0.4109	0.07	2.47	0.0572	0.01	1.91	0.4567	0.00	0.00	0.6989	0.04	0.10	0.1353
Gewasgehalte	Natriumgehalte	0.04	0.12	0.1756	0.00	0.00	0.9205	0.00	0.05	0.9048	0.27	3.23	0.0001	0.02	0.00	0.3479	0.00	0.01	0.7896
Gewasgehalte	AminoN-gehalte	0.03	0.03	0.2571	0.01	0.00	0.4375	0.06	2.02	0.0838	0.33	9.34	0.0000	0.00	0.00	0.7018	0.08	0.13	0.0374
Gewasgehalte	Glucosegehalte	0.12	0.19	0.0141	0.01	-0.01	0.3837	0.19	-0.39	0.0012	0.02	-0.24	0.3376	0.02	0.00	0.3361	0.01	0.00	0.5331
Gewasgehalte	Winbaarheid	0.03	-0.01	0.1993	0.00	0.00	0.6252	0.11	-0.61	0.0161	0.29	-1.96	0.0000	0.00	0.00	0.7552	0.06	-0.02	0.0775
Bodembeschikbaarheid	Gewasgehalte	0.00	7.30	0.8955	0.03	2.29	0.2713	0.00	4.80	0.8976	0.01	31.92	0.4834	0.01	91.70	0.4666	0.00	4.86	0.7625
Bodembeschikbaarheid	Wortelgewicht	0.01	0.04	0.4543	0.01	7.11	0.4444	0.12	0.69	0.0135	0.00	-0.02	0.7328	0.00	0.00	0.6583	0.03	0.00	0.1997
Bodembeschikbaarheid	Suikerpercentage	0.00	0.00	0.7619	0.02	0.46	0.4117	0.00	-0.01	0.6596	0.00	0.00	0.7930	0.06	0.00	0.0901	0.01	0.00	0.5985
Bodembeschikbaarheid	Suikeropbrengst	0.03	0.01	0.2046	0.05	2.30	0.1344	0.08	0.09	0.0445	0.00	0.00	0.8812	0.00	0.00	0.9614	0.03	0.00	0.1824
Bodembeschikbaarheid	Tarra	0.02	0.01	0.3725	0.00	-0.19	0.8976	0.01	0.03	0.4087	0.01	0.01	0.4109	0.04	0.00	0.1740	0.00	0.00	0.6989
Bodembeschikbaarheid	Kaliumgehalte	0.00	0.00	0.7848	0.01	-1.97	0.4834	0.04	0.12	0.1756	0.00	0.00	0.9205	0.00	0.00	0.6465	0.02	0.00	0.3479
Bodembeschikbaarheid	Natriumgehalte	0.01	0.00	0.6083	0.00	-0.30	0.7625	0.03	0.03	0.2571	0.01	0.00	0.4375	0.01	0.00	0.4755	0.00	0.00	0.7018
Bodembeschikbaarheid	AminoN-gehalte	0.00	0.00	0.9147	0.00	0.34	0.8955	0.12	0.19	0.0141	0.01	-0.01	0.3837	0.00	0.00	0.8357	0.02	0.00	0.3361
Bodembeschikbaarheid	Glucosegehalte	0.05	0.00	0.1067	0.03	-0.30	0.2713	0.03	-0.01	0.1993	0.00	0.00	0.6252	0.01	0.00	0.4485	0.00	0.00	0.7552
Bodembeschikbaarheid	Winbaarheid	0.00	0.00	0.9656	0.01	0.42	0.4666	0.08	-0.03	0.0438	0.00	0.00	0.7711	0.01	0.00	0.4460	0.01	0.00	0.4498



---

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-1234



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---



To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Correspondentieadres voor dit rapport:  
Postbus 16  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/plant-research](http://wur.nl/plant-research)

Rapport WPR-1234

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

