



**Louis Bolk**  
Instituut

# Micronutriënten

Gezonde grond voor  
een gezond gewas

Leen Janmaat



## Voorwoord

De naoorlogse landbouw stond in het teken van meer voedselproductie en hogere opbrengsten. Door introductie van kunstmest werd de gewasgroei gestimuleerd en door gebruik van gewasbescherming ziekten & plagen onderdrukt. Bij hogere productie is er sprake van een verdunningseffect. Per kilo extra opbrengst worden er verhoudingsgewijs minder mineralen geogost. Ook per kilo droge stof loopt het gehalte aan mineralen iets terug. Voor de consument betekent dit dat hij of zij meer moet eten om een vergelijkbare hoeveelheden mineralen binnen te krijgen. De zorg om deze afname van nutriënten vormde een aanleiding om te verkennen hoe dit werkt. Is er een verband tussen aanwezig micronutriënten in de bodem ten opzichte van gehalten in groenten?

**Veld & Beek** is een bijzonder landbouwbedrijf. Deze boerderij heeft directe verbinding met hun consumenten, maar de boeren en tuinders staan ook open voor onderzoek. In samenspraak hebben we besloten om de praktijk verkenning op het bedrijf te doen met aardappels. Jaarlijks teelt Veld & Beek een halve hectare Agria's die bijna jaarrond aan de consumenten worden aangeboden. Inmiddels ben ik kind aan huis en mede door de inzet van Jelmer Zandbergen hebben we in twee achtereenvolgende jaren demoproeven kunnen doen op het landbouwbedrijf. Nieuwsgierig? Zie: [www.veldenbeek.nl](http://www.veldenbeek.nl)

Vanuit voedingsperspectief heeft **RIVM** ons informatie aangeleverd, met name de literatuurstudie van Carmen Grifioen geeft inzage in de veranderingen in de tijd. Het heeft ons geleerd dat vergelijken van cijfers alleen kan als de onderliggende meetmethoden eenduidig zijn. In veel gevallen is dit niet het geval. Met dank voor de goede samenwerking en uitwisseling.



## Inleiding

Het landbouwbedrijf is een complex productiesysteem waarin mineralen een belangrijke rol vervullen. In de landbouw staat de bodem centraal. De bodemsamenstelling is een gevolg van (hydro)geologische processen; ijs, water en wind brachten het moedermateriaal (sedimenten & mineralen) dat Nederland vormde. Dit moedermateriaal vormt de basis voor bodemprocessen, het fundament voor bodemvruchtbaarheid. Door verwerking van het moedermateriaal (zand en klei) in onze minerale bodems worden (sporen)elementen geleverd voor de groei van bodemleven en gewassen. Het bodemleven op zijn beurt draagt bij aan de opbouw van humus in de bodem. Het klei-humuscomplex speelt een belangrijke rol in de nutriënthuishouding en beïnvloedt de waterkwaliteit door het bufferen van uitspoeling gevoelige nutriënten en restanten van bestrijdingsmiddelen.

Al met al zijn er vele elementen die een rol vervullen in de groei van planten. Deze worden onderverdeeld in macro- en micro elementen. In de landbouw gaat de meeste aandacht uit naar de zogenaamde hoofdelementen ofwel macronutriënten. Bij meststoffen worden vooral de hoeveelheden N-P-K vermeld. Soms worden meststoffen aangevuld met magnesium of zogenaamde sporenelementen. Er bestaat zorg over de afname van

micro-elementen ofwel micronutriënten in voedingsgewassen. Deze zorg vormt de aanleiding om de betekenis en rol van micronutriënten nader te verkennen. Mogelijk beïnvloeden bodembeheer en bemesting de beschikbaarheid van micronutriënten. Om hierin meer inzicht te krijgen hebben we naast literatuuronderzoek ook meerdere praktijkexperimenten gedaan binnen het project Gezonde grond voor gezond gewas.



Bodemprofiel rivierklei met herkenbare wormengangen, het bodemleven zorgt ervoor dat er een homogene goed doorwortelbare teeltlaag ontstaat.



Tabel 1. Overzicht macronutriënten (Bron: Trends in bodem- en gewaskwaliteit)

Zwavel (S)	Onderdeel van verschillende aminozuren en eiwitten.
Fosfor (P)	Onderdeel van het energietransport binnen de plant.
Magnesium (Mg)	Onderdeel van bladgroenkorrels.
Calcium (Ca)	Onderdeel van celwanden, versterkt cellen.
Kalium (K)	Activeert verschillende enzymen, speelt een rol in de zoutbalans van de plant en in het openen van de huidmondjes. Hierdoor kan de plant CO <sub>2</sub> opnemen.
Stikstof (N)	Onderdeel van onder andere aminozuren en bladgroenkorrels.
Zuurstof (O)	Ongeveer 45% van de plant. Nodig voor levensprocessen.
Koolstof (C)	Ongeveer 45% van de plant. Nodig voor veel verschillende processen en het stevig houden van de plant.
Waterstof (H)	Een relatief groot onderdeel van de plant. In verbinding met zuurstof vormt waterstof water. Zonder water droogt de plant uit.

# Elementen

**Macro-elementen** zijn de belangrijkste voedingsstoffen voor planten. De macro-elementen zijn stikstof (N), fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) en zwavel (S).

Deze bevinden zich deels van nature in de bodem, en kunnen worden aangevuld via kunstmest, dierlijke mest en/of compost. Maar stikstof komt ook via depositie in de bodem terecht, daarnaast kunnen vlinderbloemigen stikstof binden vanuit de lucht.

**Micro-elementen** worden ook wel sporenelementen genoemd. Sporenelementen zijn voedingsstoffen waar planten geringe hoeveelheden van nodig hebben. De meest bekende sporenelementen zijn boor (B), koper (Cu), mangaan (Mn), kobalt (Co), silicium (Si), zink (Zn), ijzer (Fe) en molybdeen (Mo). Tekorten aan sporenelementen zijn vaak zichtbaar aan de plant. Deze zogenaamde gebrek verschijnselen kunnen optreden wanneer afvoer van sporenelementen via gewassen niet voldoende wordt gecompenseerd door aanvoer via (kunst)mest of compost, of wanneer de opname van bepaalde elementen wordt beperkt bijvoorbeeld door de pH of het fosfaatgehalte. In een kritiek stadium laat de plant zien dat het een tekort heeft. Bij mineralen die zich makkelijk verplaatsen in de plant (mobiel), toont het gebrek zich in de oude bladeren. Bij immobiele mineralen zijn gebreken zichtbaar in het jonge blad of in de vruchten. Zo ontstaat neusrot bij tomaat en paprika als er te weinig calcium voorhanden is in de plant.


Het is lastig om een gebrek aan sporenelementen in de plant te herkennen. Bodem- en gewasanalyses kunnen helpen om tekorten op het spoor te komen.

Om tekorten aan sporenelementen te voorkomen kan er worden bijbemest. Veelal bevatten organische meststoffen ook micronutriënten, via deze weg komen ze in de bodem terecht. Daarnaast zijn er minerale bronnen zoals steenmeel waarin diverse micronutriënten vaak in kleine hoeveelheden aanwezig zijn. Steenmeel is een verzamelnaam, de meeste soorten zijn van vulkanische oorsprong. Na het vermalen ontstaat lavameel, ook wel basaltmeel genoemd.

Bentoniet is een kleisoort die op zandgrond wordt gebruikt ter verbetering van de bewerkbaarheid en bufferend vermogen. Het vraagt wel wat boerenverstand om tot een juiste keuze te komen. De werking van steenmeel wordt deels toegeschreven aan de aanwezige nutriënten inclusief sporenelementen, deels aan verbetering van het bufferend vermogen (CEC) en deels aan het ondersteunen van het bodemleven.

Uit onderzoek zijn de effecten op opbrengst en productkwaliteit (nog) niet eenduidig vastgesteld. Een verkenning naar de effecten van steenmeel op de bodem en gewas vraagt om meerjarig onderzoek. Van oudsher werd er ook steenmeel aan compost toegevoegd, via deze route komen de aanwezige nutriënten in de bodem terecht.

Om tekorten in het gewas te corrigeren zijn er diverse meststoffen beschikbaar die in vaste vorm of vloeibaar aan de bodem of gewas worden toegediend.



In de bodem gaat het niet uitsluitend om “hoeveelheden” aan mineralen, maar vooral om “verhoudingen”. Teveel toevoeging van fosfaat remt de opname door het gewas van ijzer, zink en koper. En omgekeerd remt toevoeging van teveel zink de opname van fosfor, mangaan, ijzer en koper. Ook de opname van kationen is afhankelijk van verhoudingen, een overschot aan kalium en/of natrium remt de opname van calcium. De gebrek verschijnselen zijn dan zichtbaar in de jonge bladeren of vruchten van het gewas.

Door fotosynthese produceert de plant koolhydraten (suikers en zetmeel). Een deel van de bladsuikers vloeit via de wortel weg in de bodem (exudaten). Deze suikers vormen een voedingsbron voor micro-organismen in de bodem. Micro-organismen maken op hun beurt weer mineralen vrij uit de bodem zodat de plant deze kan opnemen. De hoeveelheid exudaten verschilt per plant. Bomen kunnen vele honderden kilo's per jaar uitscheiden. Ook in het vrij maken van micronutriënten speelt het bodemleven een rol van betekenis.

## Micronutriënten in bodem & plant

Voor de groei van het gewas hebben nutriënten specifieke functies. Maar ook in de bodem zelf vervullen nutriënten een rol van betekenis. Zo zorgt calcium ervoor dat er ruimte ontstaat tussen de kleideeltjes. De bodem is dan minder compact. Dezelfde kleideeltjes zorgen voor het adsorptiecomplex, in de bodemanalyses aangeduid als CEC. CEC is een afkorting van Cation Exchange Capacity ofwel kationenuitwisselingscapaciteit. De CEC geeft aan hoeveel kationen aan de grond gebonden kunnen worden. Deze kationen zijn vooral:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  en in mindere mate  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  en  $\text{H}^+$ . Veel calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) aan het adsorptiecomplex is dus belangrijk voor de bodemstructuur. Weinig calcium en veel kalium of magnesium gebonden aan de klei geeft een minder goede structuur. Als er namelijk veel kalium, magnesium of aluminium tussen de kleiplaatjes zit, komen de kleiplaatjes dicht op elkaar te zitten en wordt de grond moeilijker te bewerken.

De primaire bron van nutriënten vormt de verwerking van moedermateriaal in de aardkorst. Micronutriënten zijn vaak wel aanwezig in de bodem, maar niet altijd beschikbaar voor de plant. De eigenschappen van de bodem (CEC, zuurgraad) bepalen in welke mate nutriënten zijn gebonden aan het klei-humus complex. Bij bodems met een lage pH zijn magnesium en molybdeen oplosbaar en spoelen dan makkelijk uit. Het tekort aan magnesium kan door een bespuiting met bitterzout worden gecompenseerd. Mangaangebrek komt juist vooral voor op gronden met een hoge pH en/of een hoog organische-stofgehalte. Ook hierbij kan een bladbemesting het tekort compenseren.

In het rapport “Schaarste van micronutriënten in

bodem, voedsel en minerale voorraden” waarschuwen de auteurs voor dreigende tekorten van verschillende micronutriënten. Dergelijke tekorten zijn de laatste decennia vooral aangetoond voor zink, en in mindere mate voor boor en molybdeen. Zinktekorten komen op grote schaal voor in Azië, van Turkije, via India en China tot Indonesië, in Sub-Sahara Afrika en in noordwestelijk Zuid-Amerika. Dergelijke tekorten vertalen zich ook naar tekorten voor dieren en mensen. De hoeveelheid zink die de bodem kan naleveren bepaalt dan of er voldoende van dit nutriënt voor de planten beschikbaar is. De opneembaarheid van zink hangt mede af van de zuurgraad (pH), bij een pH toename van 1 eenheid, bijvoorbeeld van pH 5 naar pH 6, daalt de beschikbaarheid van zink en koper met een factor 100. Planten kunnen rondom het wortelmilieu de pH beïnvloeden. Dit doen ze door uitscheiding van exudaten waarmee micro-organismen worden gevoed. Het bodemleven speelt een belangrijke rol in uitwisseling van voedingsstoffen en nutriënten. Vooral mycorrhiza schimmels zijn hierom bekend, door hun enorm uitgebreide netwerk van schimmeldraden krijgt de plant toegang tot de aanwezige nutriënten in de bodem.

Mycorrhiza is de verzamelnaam van schimmels die een relatie aangaan met het wortelsysteem van planten. In ruil voor plantensuikers uit de wortels maken zij mineralen opneembaar voor planten. Tevens bevordert deze schimmel de wortelvorming van de plant. Mycorrhiza komt van nature voor in de bodem, maar kan ook worden toegevoegd.



Tabel 2. Overzicht Micronutriënten (Bron: Trends in bodem- en gewaskwaliteit)

Molybdeen (Mo)	Dit is een relatief onbekend element. Het is nodig voor stikstof fixatie en nitraatreductie. Kortom, het is nodig om stikstof in de plant te krijgen.
Nikkel (Ni)	Nikkel is nodig enzymen te laten functioneren zodat de stikstofomloop kan blijven plaatsvinden.
Koper (Cu)	Koper is een onderdeel van verschillende enzymen voor oxidatie en reductie reacties in planten. Zonder koper kunnen deze reacties – die nodig zijn voor onder andere fotosynthese – niet door blijven gaan.
Zink (Zn)	Onderdeel van verschillende enzymen.
Mangaan (Mn)	Nodig om de chloroplasten (bladgroenkorrels) stevig te houden en om zuurstof vrij te laten komen.
Borium (B)	Verstevigt membranen.
IJzer (Fe)	Nodig om bladgroenkorrels te maken.
Chloor (Cl)	Nodig om de zoutbalans te handhaven en om andere nutriënten via de wortels op te nemen. Speelt vermoedelijk een rol in de fotosynthese.





## Gebreksverschijnselen

Tekorten aan sporenelementen zijn veelal zichtbaar aan het gewas, het vraagt wel een geoefend oog om het tekort van een specifiek nutriënt af te lezen aan het gewas. Er zijn diverse herkenningkaarten beschikbaar

als hulpmiddel. In de regel zijn gebreken aan mobiele mineralen zichtbaar aan het oude blad en immobiele mineralen aan het jonge blad.



Mobiele mineralen	Immobiele mineralen
Chloor (Cl)	Borium (B)
Magnesium (Mg)	Calcium (Ca)
Molybdeen (Mo)	Koper (Cu)
Stikstof (N)	IJzer (Fe)
Fosfor (P)	Mangaan (Mn)
Kalium (K)	Nikkel (Ni)
	Zwavel (S)
	Zink (Zn)



Tabel 3. mineralen waarvoor een afname wordt beschreven in de bodem, in voedingsmiddelen en/of in de humane voeding (Bron: Trends in bodem- en gewaskwaliteit)

	Afnemend in de bodem	Afnemend in voedingsmiddelen	Tekorten in de humane voeding
Borium	X		
Calcium	X	X	X
IJzer	X	X	X
Fosfor	X		X
Kalium	X	X	
Koper	X	X	
Magnesium		X	X
Mangaan	X		
Molybdeen	X		
Natrium		X	
Selenium	X		X
Zink	X		X
Zwavel	X		

## Nutriënten in voeding

In verschillende landen is onderzoek gedaan waarin dalingen in mineraalgehalten werden geconstateerd in bepaalde groente- en fruitsoorten. Als bronnen voor deze veranderingen worden regelmatig oudere en nieuwere edities van voedingsmiddeltabellen aangehaald. Uit literatuuronderzoek blijkt dat ook de beschikbaarheid in de bodem van verschillende macro- en micronutriënten in de afgelopen decennia is afgenomen (Trends in bodem en gewaskwaliteit, 2016 Hospers Brands et al). Kortom mensen krijgen met hun voeding van een aantal nutriënten in de loop der tijd steeds minder binnen, en in specifieke situaties kan dit leiden tot gezondheidsproblemen.

Voor Nederland zijn de veranderingen van de Nederlandse voedingsmiddeltabellen (Nevo) uit de periode tussen 1941 en 2016 nagelopen op veranderingen in het mineralengehalte in groente. Op basis van beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de gebruikte bronnen is daarnaast bepaald in hoeverre conclusies kunnen worden getrokken uit deze bevindingen. Op basis van de beschikbare informatie is voor 22 groenten de verandering in de gehalten aan de mineralen calcium, fosfor, ijzer, natrium, kalium, koper en zink en de macronutriënten water, koolhydraten, eiwitten en vetten onderzocht. Hieruit bleek dat de gehalten voor natrium en koper in groente zijn gedaald tussen 1941 en 2016. De overige nutriëntgehalten zijn onveranderd gebleven. De achtergrondinformatie over de gevonden nutriëntgehalten bleek echter maar zeer beperkt aanwezig te zijn. De resultaten geven daarom alleen een indicatie van mogelijke trends en causale

verbanden zijn in deze verkenning niet vastgesteld.

Uit dezelfde verkenning blijkt verder dat de bijdrage van groente aan de dagelijkse mineraalinname relatief klein is. Om meer inzicht te verkrijgen in veranderingen in de tijd is meer systematisch onderzoek noodzakelijk, inclusief chemische analyses en nauwkeurige documentatie van relevante achtergrondgegevens. Op basis van deze verkenning kan de veronderstelde daling in voedingswaarde van agrarische gewassen niet worden bevestigd voor de 22 geselecteerde groenten. Deze bevinding wordt bevestigd door Canadees onderzoek (Robin J. Marles 2017) aan de hand van beschikbare literatuur.

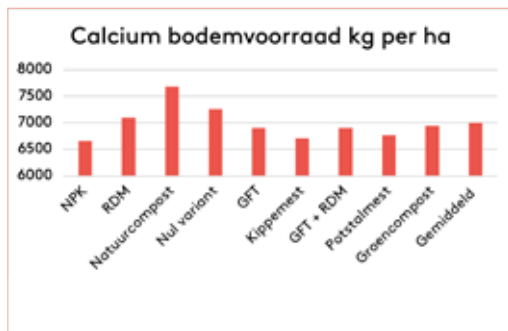
Het Nederlands Voedingsstoffenbestand (NEVO) bevat gegevens over de samenstelling van voedingsmiddelen die in Nederland regelmatig worden gebruikt. Via de website NEVO-online zijn van 2389 voedingsmiddelen de gegevens over energie en 136 voedingsstoffen in te zien. De laatste versie is in september 2016 beschikbaar gesteld. NEVO is eigendom van het ministerie van VWS en wordt beheerd en onderhouden door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). De gegevens in NEVO-online zijn vrij toegankelijk voor bijvoorbeeld wetenschappelijk onderzoek, voedingsonderzoek, de voedingsmiddelenindustrie, diëtetiek en voedingsvoorlichting.



In 1999 is in Lelystad het **Mest als Kans (MAK)** proefveld aangelegd. Op dit proefveld worden 13 verschillende bemestingsstrategieën vergeleken. Daarbij wordt gekeken naar opbrengst en kwaliteit (inhoudsstoffen) van de producten, en naar effecten op bodemkenmerken. De proef is onderdeel van de vruchtwisseling van het groenteteeltbedrijf, met voornamelijk grove groenten en aardappelen. Er wordt in twee van de drie jaar bemest, steeds in mei, onafhankelijk van het gewas dat er staat. De grondbewerking en gewasverzorging op het proefveld draaien mee in de praktijk van het bedrijf. In de afgelopen 18 jaren zijn er vele metingen gedaan aan bodem en gewas. RDM staat voor runderdrijfmest en GFT voor compost uit groenten, fruit en tuinafval.



## Onderzoek & Experimenten Mest als Kans (MAK)



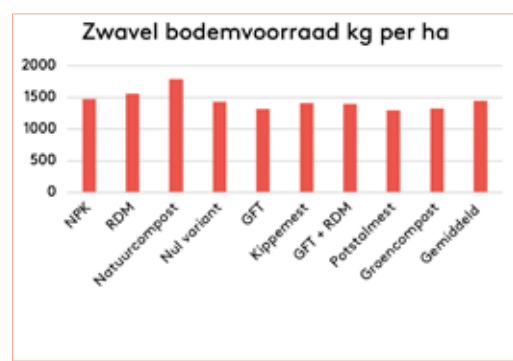
Grafiek 1. Gemeten waarden MAK varianten calcium (Ca) 2018 met natuurcompost als hoogste waarde



Grafiek 2. Gemeten waarden MAK varianten magnesium (Mg) 2018 met GFT+RDM als hoogste waarde



Grafiek 3. Gemeten waarden MAK varianten natrium (Na) 2018 met NPK kunstmest als hoogste waarde



Grafiek 4. Gemeten waarden MAK varianten zwavel (S) 2018 met natuurcompost als hoogste waarde

Tabel 4. Gemeten inhoud stoffen **aardappel** MAK bemestingsvarianten en Nevo tabel in milligram per kilo droge stof

	NPK	RDM	Pot-stal mest	Kip+RDM	GFT+RDM	Pot-stal	VAMna-tuur	Kip	Var-ken	VI com-post	GFT	Groen-com-post	Onbe-mest vanaf 2005	Nevo tabel
DS%	18,17	17,53	16,91	17,45	17,39	17,19	18,33	17,69	17,23	18,09	17,72	18,34	18,24	23,00
K	24,6	24,6	26,2	24,7	25,1	26,3	25,0	24,9	25,0	24,4	24,9	24,3	24,5	19,57
Na	1,02	1,04	1,07	1,00	1,00	1,07	1,05	1,04	1,03	1,03	1,04	0,99	1,00	0,09
Mg	0,97	0,96	1,01	0,97	0,96	1,02	0,99	0,99	0,96	0,97	0,97	0,95	0,96	0,96
Ca	0,84	0,80	0,77	0,81	0,80	0,81	0,80	0,82	0,80	0,82	0,80	0,80	0,79	0,26
Zn	12,16	12,87	13,08	12,32	12,24	12,95	12,85	13,12	12,09	12,99	12,92	12,30	12,06	16,09
Fe	82,37	86,62	82,02	85,33	79,19	87,43	79,10	76,84	76,83	89,67	84,72	80,87	75,09	21,74
Cu	3,52	3,34	3,74	3,63	3,42	3,64	3,61	3,37	3,78	3,63	3,75	3,68	3,56	3,91

Tabel 5. Gemeten inhoud stoffen **pastinaak** MAK bemestingsvarianten en Nevo tabel in milligram per kilo droge stof

	NPK	RDM	Pot-stal mest	Kip+RDM	GFT+RDM	Pot-stal	VAMna-tuur	Kip	Var-ken	VI com-post	GFT	Groen-com-post	Onbe-mest vanaf 2005	Nevo tabel
DS%	22,06	20,47	19,28	19,83	20,34	19,42	21,32	20,50	20,62	21,62	20,49	21,73	22,15	20,70
K	24,51	26,90	29,26	27,99	27,48	29,52	24,83	27,16	26,61	23,91	25,75	23,82	23,61	21,74
Na	0,20	0,21	2,31	0,20	2,06	0,21	0,19	0,21	0,20	0,20	0,21	0,19	0,18	0,48
Mg	1,36	1,34	1,36	1,34	1,36	1,40	1,34	1,38	1,40	1,45	1,38	1,34	1,42	1,11
Ca	2,67	2,70	2,78	2,80	2,74	2,78	2,60	2,71	2,75	2,63	2,73	2,59	2,54	1,98
Zn	13,73	13,75	16,13	14,33	15,02	14,24	13,87	13,80	13,72	13,21	14,50	13,06	12,21	14,49
Fe	78,72	78,89	83,07	81,42	79,33	79,48	69,39	81,96	76,73	74,14	80,48	70,70	73,34	28,99
Cu	3,56	3,68	3,63	3,58	3,68	3,45	3,48	3,50	3,53	3,44	3,78	3,38	3,24	2,42

## Nutriënten in aardappel en pastinaak

Naast de gemeten bodemvoorraden van micronutriënten zijn voor de gewassen aardappel, bloemkool, pastinaak en pompoen de inhoud stoffen inclusief micronutriënten gemeten.

Opvallend zijn de hoge gehalten aan ijzer in zowel aardappel als pastinaak, zie tabellen 4 en 5. Bij aardappel is er aanzienlijk verschil in natrium (Na) gehalte tussen gemeten waarde (1 mg/kg ds) en NEVO tabel (0,09 mg/kg ds). Bij pastinaak ligt de gemeten Na waarde (0,20 mg/kg ds) juist lager ten opzichte van de NEVO tabel (0,48 mg/kg ds). De bemestingsvariant gft + runderdrijfmest geeft een nog hogere waarde van 2,06 mg/kg ds. Met name bij de kationen natrium en kalium zijn uitschieters gemeten. Bij deze mineralen lijkt een effect van bemesting op het gehalte in het product aanwezig te zijn. VI in de tabellen staat voor Van Iersel compost.

Het verband van bodemvoorraad en opname door de plant lijkt bij zink niet aanwezig te zijn. De bodem van Veld & Beek bevat relatief veel zink (plantbeschikbaar), de waarde ligt ruim boven de streefwaarde van Eurofins. De geoogste aardappelen van deze grond bevat echter minder zink dan de Nevo tabellen aangeven. In dit geval leidt een hoger gehalte zink in de bodem niet tot hoge waarden in het gewas.

Zink plant beschikbaar 6050 gram/ha streefwaarde 1710  
Zink in aardappel 11 mg per kg ds, volgens Nevo 16,1 mg per kg ds.

Bij de bodemanalyse worden de gemeten waarden gerelateerd aan streefwaarden. Onderstaande tabellen geven aan dat de gemiddelde gemeten waarden veelal beneden de streefwaarden liggen. Alleen Zwavel (S) en Calcium (Ca) liggen hier boven de streefwaarden.

Tabel 6. Meetresultaten bodemanalyses door Eurofins proefveld MAK 2018

	S	Ca	Mg	Na					
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha					
Plantbeschikbaar	4 tot 10	340	147	33					
Bodemvoorraad	1.448	6.994	238	78					

	Si	Fe	Zn	Mn	Cu	Co	B	Mo	Se
	gram/ha	gram/ha	gram/ha	gram/ha	gram/ha	gram/ha	gram/ha	gram/ha	gram/ha
Plantbeschikbaar	88.034	<8.600	51	809	<90	<10	626	<20 tot 40	0 tot 10

		beneden de streefwaarde
		boven de streefwaarde



Bij de Demoproef zijn twee soorten steenmeel gebruikt, Actimin en Eifelgold. Daarnaast is in 2018 Keltisch zeezout gestrooid en in 2019 zeewiermeel.



## Experimenten Veld & Beek

In 2018 en 2019 zijn er experimenten gedaan op het landbouwbedrijf Veld & beek in Renkum. De aardappelen (Agria) worden na het scheuren van grasland geteeld. Na het inwerken van het zesjarige grasland is er een voorjaarsbemesting uitgevoerd met runderdrijfmest van eigen bedrijf, naar schatting ca. 12 ton per ha. Vervolgens is de grond bewerkt met een schijveneg en daarna met de kopeg voor het poten van de aardappelen. De stroken ter breedte van 4 aardappelruggen zijn uitgezet waarna het steenmeel en Keltisch Zeezout handmatig over de stroken zijn verdeeld. Tussen de varianten zijn steeds minimaal twee aardappelruggen als tussenrijen aangehouden. De lengte van de stroken bedroeg het eerste jaar 280 meter. In 2019 terug gebracht naar 140 meter. De aardappels zijn de derde week van april gepoot.

De varianten van 2018 waren:

- Steenmeel Eifelgold 2 ton per ha
- Keltisch Zeezout 500 kg per ha
- Steenmeel Actimin 2 ton per ha
- Controleveld onbehandeld

De varianten van 2019 waren:

- Steenmeel Eifelgold 2 ton per ha
- Zeewier 500 kg per ha
- Steenmeel Actimin 2 ton per ha
- Controleveld onbehandeld

Na opkomst is de gewasontwikkeling gevolgd. Vanwege de droogte zijn de aardappelen meerdere keren beregend met bronwater.



Jonge plant na opkomst behandeling Keltisch zeezout



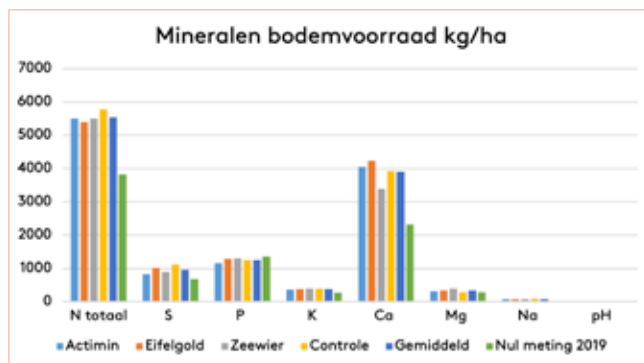
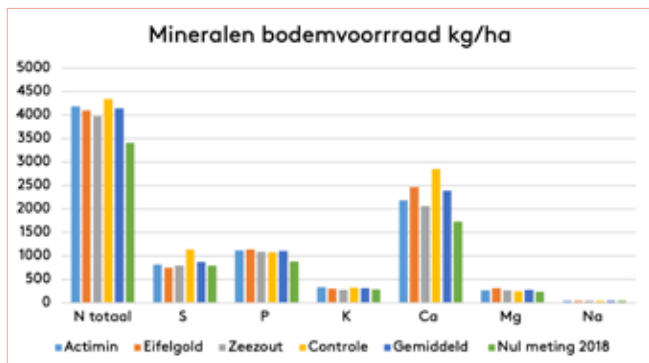
Jonge plant na opkomst onbehandeld



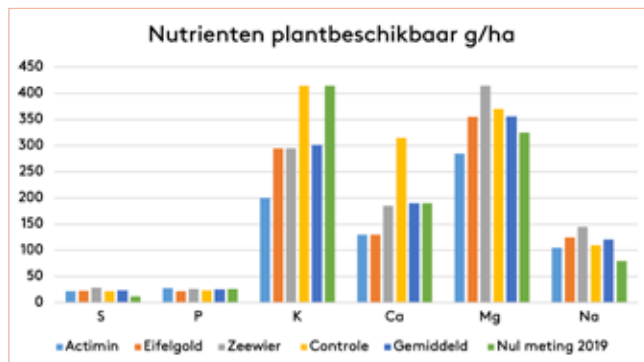
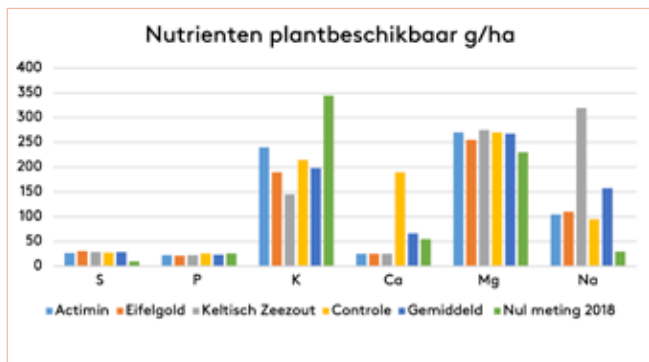
Op de boerderij Veld & Beek worden jaarlijks aardappelen geteeld op gescheurd grasland. In de Demoproef zijn stroken behandeld met verschillende steenmelen en Keltisch zeezout. In 2019 is de variant zeezout vervangen voor zeewiermeel.



Grafiek 5. en 6. Overzicht gemeten waarden bodemvoorraad (Eurofins) 2018 (links) en 2019 (rechts).



Grafiek 7. en 8. Overzicht micronutriënten plantbeschikbaar (Eurofins) 2018 (links) en 2019 (rechts)



Grafiek 9. Uitslag onder watergewichten na oogst



In 2018 vertoonde de variant Keltisch zeezout zoutschade direct na opkomst. De strook herstelde zich later in het groeiseizoen. Bij de oogst is de opbrengst gewogen waarna het onderwatergewicht bepaald. Het onderwatergewicht is een methode om de (bak) kwaliteit van aardappelen te bepalen en dit bepaalt ook mede het oogsttijdstip van de aardappelen. Het onderwatergewicht is een representatie van het zetmeelgehalte en droge stofgehalte van de aardappel en geeft dus aan hoeveel zetmeel de aardappel bevat. Voor vastkokende aardappels is een OWG rondom 350 gram gewenst, voor frietverwerking hoger dan 380 gram.



## Agria pootgoed

De opbrengstbepaling voor 2018 is gedaan op 14 augustus. Dit ruim twee weken nadat het loof is gebrand. Vanwege het warme weer en bodemtemperatuur is het rooien van de aardappelen in dit jaar uitgesteld. Bij de oogstbepaling zijn per variant 4 x 1,5 meter van de binnenste rijen handmatig geogost. Na het wegen zijn de maten gesorteerd en apart gewogen. De gemeten gewichten staan op de Y-as vermeld. In 2019 zijn de aardappelen gerooid op 30 juli, ruim een week na het loofbranden.

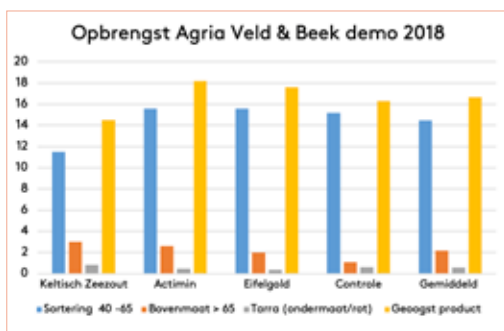
Bij de beoordeling moet rekening worden gehouden met het feit dat er geen herhalingen zijn aangelegd. Qua opbrengst blijft Keltisch Zeezout (32 ton/ha) achter ten opzichte van de andere varianten (40 ton/ha) en controle (36 ton/ha). In 2018 lijken de steenmeelvarianten iets meer opbrengst te geven ten opzichte van de controle. In 2019 gaven Eifelgold en Zeewier (43 ton/ha) een iets ho-

gere opbrengst ten opzichte van Actimin en de Controle (40 ton/ha).

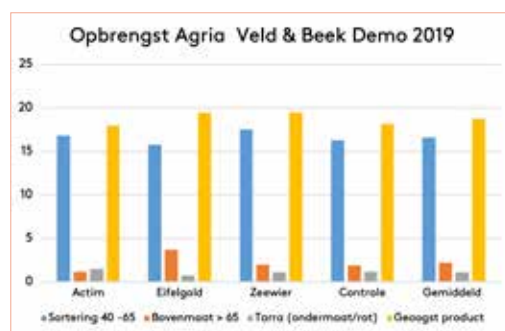
Na de oogst zijn de varianten bemonsterd en geanalyseerd op mineralen en micronutriënten. Hiernaast enkele grafieken die de opbrengstverschillen en sorteringen zichtbaar maken.

De nul meting (bemonstering in april) is gedaan voordat de behandelingen zijn toegepast. Bij de eindbemonstering valt op vooral het hoge gehalte natrium in de variant Keltisch Zeezout op. Opmerkelijk is het hogere gehalte Ca in het controle veld, mogelijk is hier sprake van interactie met kationen.

Na oogst zijn ook de onder watergewichten (OWG) bepaald, deze geven een indicatie geschiktheid industriële verwerking (friet & chips), zie Grafiek 9.



Grafiek 10. Gewogen gewichten bij opbrengstbepalingen 2018



Grafiek 11. Gewogen gewichten bij opbrengstbepalingen 2019

## Aanbevelingen voor beleid & praktijk

Deze verkenning naar micronutriënten geeft inzicht in de rol en betekenis van mineralen in bodem en voeding. De verontrustende berichten over afname van micronutriënten in groenten, wordt voor Nederland niet bevestigd. Uit de literatuurstudie blijkt dat voor natrium en koper de gehalten in groente zijn gedaald tussen 1941 en 2016. Tekorten aan micronutriënten bij Nederlandse consumenten wordt eerder veroorzaakt door het eetpatroon inclusief de dagelijkse hoeveelheid geconsumeerde groenten & fruit, dan de verminderde gehalten in de versproducten zelf. Naast vermindering van vleesconsumptie vanwege CO2 footprint, zal de overheid het eten van vers groenten en fruit blijvend kunnen stimuleren.

De gehalten van micronutriënten in de bodem, uitgedrukt in plantbeschikbaar, van het proefveld Mest als Kans zijn lager dan de streefwaarden van Eurofins. Deze lagere waarden lijken niet direct effect te hebben op de groei van de gewassen. Door gebruik van organische mest komen er naast macronutriënten ook micronutriënten in de bodem. Deze aanvoer samen met de aanwezig voorraad in de bodem lijkt voldoende om de gewassen te voorzien van noodzakelijke nutriënten. Ter aanvulling kan ook steenmeel of zeewiermeel worden toegepast, maar het directe effect op opbrengst lijkt gering. Toch gaven de steenmeel varianten in 2018 een iets hogere productie van aardappels. Om meer inzicht te verkrijgen van steen- en zeewiermeel toepassing in relatie tot bodemkwaliteit en gewasopbrengsten is meerjarig bodemonderzoek noodzakelijk. Het proefveld Mest als Kans wijst uit dat effecten van specifieke bemesting strategieën pas op langere termijn aantoonbaar worden. Onderzoek naar bodemkwaliteit en bemesting vraagt altijd om meerjarige experimenten.

Goede bodemkwaliteit vraagt meer dan alleen maar toevoegen van mineralen, ook het bodemleven speelt hierin een rol. Bodemprocessen worden in gang gezet door het bodemleven. Het voeden en verzorgen van dit bodemleven is een belangrijke ondersteuning. Bij deze ondersteuning vormt organische stof een sleutelrol. Het gebruik van organische meststoffen, het telen van groenbemesters en beperkte grondbewerking dragen in belangrijke mate bij in de opbouw van een gezonde bodem en een veerkrachtig landbouwsysteem. Het verhogen van organische stof in de bodem draagt tevens bij in de vastlegging van koolstof. Het gebruik van reststromen heeft doorgaans een positief effect op bodemkwaliteit. Daarnaast kan gebruik van organische mest kunstmest vervangen. Aanvoer van organische meststoffen en bodemverbeteraars geeft tevens input van micronutriënten. Het vervangen van kunstmest door meer inzet van organische meststoffen is goed voor de bodem en draagt bij in opslag van koolstof in de vorm van organische stof.

## Literatuur

Trends in bodem- en gewaskwaliteit. 2016 Monique Hospers-Brands, Sjef Staps, Peter Voshol Louis Bolk Instituut

Mest als kans StaVaZa 2016. Chris koopmans Louis Bolk Instituut

Schaarste van micronutriënten in bodem, voedsel en minerale voorraden – Urgentie en opties voor beleid, 2012 prof.dr. Helias A. Udo de Haes dr. Roelf L. Voortman dr. Ton Bastein dr.ir. D.W. (Wim) Bussink dr.ir. Carin W. Rougoor drs. Wouter J. van der Weijden

Verkenning mogelijke schaarste aan micronutriënten in het voedselsysteem, 2013 W.J. Chardon en O. Oenema Alterra

Evaluation of changes between 1941-2016 in mineral compositions of vegetables consumed by the Dutch population, 20, 2018 Carmen Griffioen

Beoordeling bodemkwaliteit zandgrond, 2009 Nick van Eekeren, Jan Bokhorst Louis Bolk Instituut

Ontwikkeling van opbrengst en bodemkwaliteit van grasland op een zandgrond bij bemesten met organische mest of kunstmest, 2007 H.C. de Boer, N. van Eekeren en M.C. Hanegraaf WUR ASG, NMI en LBI

Monitoring steenmeelstroken in de Veenkoloniën, 2016 Harm Jan Russchen en Janjo de Haan WUR

Mest als Kans proefveld stand van zaken 2015 Chris Koopmans Louis Bolk Instituut

Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: The context of reports of apparent historical declines 2016 Robin J. Marles

Declining fruit and vegetable nutrient composition: what is evidence? 2009 Davis D.R. Have Fruits and Vegetables Become Less Nutritious? 2011 Scheer. R. Moss, D.

Deze publicatie is tot stand gekomen met financiering van het Ministerie van Economische Zaken en het Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling: Europa investeert in zijn platteland.



Europees Landbouwfonds  
voor Plattelandsontwikkeling:

Europa investeert  
in zijn platteland.

© 2019

Dit is een uitgave van het Louis Bolk Instituut in samenwerking met Veld & Beek.

Tekst en redactie: Leen Janmaat

Foto's: Louis Bolk Instituut

Publicatienummer: 2019-027 LbP

Bestelwijze: Deze publicatie is te downloaden op:  
[www.louisbolk.nl/publicaties](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

twitter: @LouisBolk

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5  
3981 AJ Bunnik

Het Louis Bolk Instituut is een onafhankelijk kennisinstituut. Al ruim 40 jaar ontwikkelen wij kennis voor duurzame landbouw, voeding en gezondheid, drie schakels die in onze visie samenhangen. Belangrijke opdrachtgevers zijn onder meer het Ministerie van LNV, de Europese Commissie, Provincies, waterschappen, natuurorganisaties en het bedrijfsleven. Zij waarderen onze integrale visie en onze oplossingen, die praktisch en goed toepasbaar zijn. Kijk voor meer informatie op [www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

Financiers: Provincie Gelderland Toplaag Bodem  
Provincie Flevoland