



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2006

Vervolgonderzoek voor de gewassen schorseneer, waspeen en prei

R.P.J.J. Rietra
P.F.A.M. Römken

Alterra-rapport 1422, ISSN 1566-7197



Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2006

Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2006

Vervolgonderzoek voor de gewassen schorseneer, waspeen en prei

**R.P.J.J. Rietra
P.F.A.M. Römken**

Alterra-rapport 1422

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Rietra, R.P.J.J. & P.F.A.M. Römken), 2007. *Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2006; Vervolgonderzoek voor de gewassen schorseneer, waspeen en prei*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1422. 39 blz.; 10 fig.; 6 tab.; 7 ref.

In opdracht van Projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen is een vervolgonderzoek gedaan naar de relatie tussen cadmium en zink in de bodem en in gewassen. In 2003 en 2004 zijn bij dertien bedrijven in de gemeente Cranendonck bodem en gewasmonsters onderzocht bij aardappel, granen, gras, mais en suikerbiet. In 2005 zijn nogmaals locaties met granen bemonsterd. In 2005 en 2006 zijn locaties met schorseneren en wortels bezocht. In 2006 zijn ook locaties met prei, asperge en ui. bezocht. Bepaald zijn de cadmium-, lood en zinkgehalten van de grond en gewasproducten. In combinatie met het werk van voorgaande jaren wordt advies gegeven om te komen tot een situatie zonder overschrijdingen van de gewasnormen.

Trefwoorden: cadmium, lood, zink, de Kempen, Cranendonck, Nederweert, Weert, bodem, gewas, maïs, gras, aardappel, biet, schorseneer, winterwortel, wortel, uit, asperge en prei.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en Methoden	11
2.1 Bemonsteringslocaties	11
2.2 Bemonstering	11
2.2.1 Bodembemonstering	11
2.2.2 Gewasbemonstering	12
2.3 Verloop van bemonsteringen	12
2.4 Analyses	13
3 Resultaten	15
3.1 Gewaskwaliteit	15
3.1.1 Prei	15
3.1.2 Schorseneren	16
3.1.3 Waspeen	17
3.1.4 Asperges en ui	18
3.2 Bodem-gewas relaties	18
3.2.1 prei	18
3.2.2 Schorseneren	20
3.2.3 Wortelen	21
3.2.4 Omgaan met de bodem-gewasrelaties	22
4 Conclusies	25
Literatuur	29
Bijlage 1 Cadmium- en zinkgehalten in bodem en gewas (2005 en 2006)	31
Bijlage 2 Normen voor cadmium- en zinkgehalten in gewassen	33
Bijlage 3 Opzoektabellen	35
Bijlage 4 Overzicht verrichtingen/analysemethoden	39

Samenvatting

In opdracht van Projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen is in het teeltseizoen 2006 vervolgonderzoek gedaan naar de relatie tussen cadmium, lood en zinkgehalten in de bodem en in landbouwgewassen. In gemeenten Bergeijk, Cranendonck, Valkenswaard, Weert zijn in totaal op 31 locaties bij landbouwbedrijven in duplo bodem- en gewasmonsters genomen (4 locaties met asperge, 4 met prei, 7 met prei, 1 met ui, 7 met schorseneren en 8 met waspeen).

Tevens is op 14 experimentele plots (20 a 30 m²) waar prei werd geteeld, grond en gewas in enkelvoud bemonsterd. De locaties van de experimentele plots zijn dusdanig gekozen dat hierdoor de range in bodemeigenschappen (onder andere pH en cadmiumgehalte in de bodem) in de hele dataset voor prei groter wordt. Dit vergroot het toepassingsbereik van de uiteindelijke relatie tussen bodem en gewas. Tevens was het doel om wat meer 'kritische' gronden in het onderzoek te betrekken, dat wil zeggen, gronden waarin de opname door het gewas waarschijnlijk hoger is dan in landbouwgronden. Dit vergroot ook de range aan de gehalten in de gewassen en daarmee de reikwijdte van de bodem-plant relatie.

Van elk grondmonster is het potentieel beschikbare cadmium, lood en zink gehalte in de bodem bepaald via een extractie met HNO₃. Daarnaast zijn ook het organische stofgehalte en de pH gemeten (van de bodemmonsters).

Wanneer de data uit 2005 en 2006 samen genomen worden blijkt dat op 6 van 10 locaties in de Kempen de norm voor cadmium in schorseneer overschreden wordt. De norm voor lood in schorseneer wordt op 3 van de 11 locaties in de Kempen overschreden. Als referentie is ook op één locatie buiten de Kempen schorseneer bemonsterd. De normen voor cadmium en lood worden daar niet overschreden al is ook hier het lood gehalte hoog. Op één locatie met winterwortel en op één van de 13 locaties met waspeen wordt de norm voor cadmium overschreden.

Bij geen van de locaties op de reguliere landbouwgronden met asperge, prei, of ui wordt de norm voor cadmium of lood overschreden. De cadmium- en loodgehalten in asperge zijn zeer laag ten opzichte van de normen. Het cadmiumgehalte in ui is relatief hoog. In tegenstelling tot de metingen in de landbouwgronden wordt in de experimentele plots met prei op 11 van de 14 locaties de norm voor cadmium en op 3 locaties de norm voor lood overschreden. Dit is grotendeels te verklaren uit de lagere pH en de hogere gehalten aan cadmium (en lood) in de experimentele plots. Uit de relatie tussen bodem en gewas die is gebaseerd op alle data (landbouwgronden en experimentele plots) blijkt ook dat er wat het gedrag en de opname van cadmium door prei geen verschil bestaat tussen landbouwgronden en experimentele plots.

De overschrijdingen van de norm voor cadmium in schorseneer, waspeen winterwortel is aangetroffen op locaties in de gemeente Bergeijk en Weert.

Bodem-gewasrelaties zijn opgesteld voor prei, schorseneer en waspeen. Op basis hiervan zijn opzoektabelen gemaakt waarin te zien is bij welke pH en

cadmiumgehalten in de bodem de normen in de verschillende gewassen overschreden kan worden.

De relatie voor waspeen is echter niet erg betrouwbaar vanwege de relatief kleine spreiding in de gemeten gewasgehalten.

1 Inleiding

Om de effecten van bodemverontreiniging met cadmium in de Kempen op de kwaliteit van landbouwgewassen te toetsen, is in de afgelopen jaren een aantal deelonderzoeken uitgevoerd. Steeds is op meerdere locaties de relatie tussen de bodemkwaliteit en de gewaskwaliteit gemeten om inzicht te krijgen in de mate waarin gewaskwaliteitsnormen al dan niet overschreden worden en de eventuele noodzaak tot het nemen van maatregelen te onderbouwen.

De resultaten daarvan is in een aantal deelrapporten gepubliceerd. In Alterra rapport 974 (Rietra et al., 2004) zijn de problematiek, doelstelling van het onderzoek, en de onderzoeksmethoden beschreven. Daar waar nodig zijn ze hier opnieuw beschreven of aangevuld.

In Alterra rapport 974 is het onderzoek dat in 2003 is uitgevoerd bij aardappel, maïs, suikerbiet en gras beschreven. In Alterra rapport 1167 is vervolgonderzoek beschreven dat in 2004 is uitgevoerd voor graan en aardappel. In Alterra rapport 1298 is additioneel onderzoek uit 2005 beschreven voor granen, waspeen en schorseneren. Ten slotte is in dit rapport (nr 1422) asperge, prei, schorseneer, ui, en waspeen onderzocht.

Aangezien in 2005 het aantal bemonsterde locaties met waspeen en schorseneer zeer beperkt was en er geen locaties met prei bemonsterd zijn, zijn in 2006 extra locaties bemonsterd. Voor prei was de verwachting dat er slechts een beperkt aantal monsterlocaties gevonden kon worden. Daarom is een aantal experimentele velden aangelegd op in totaal 14 locaties. Deze velden zijn geselecteerd door Projectbureau Actief Bodembeheer de Kempen en aangelegd en onderhouden (volgens normaal landbouwkundig gebruik) door loonbedrijf Beerten. In deze rapportage worden de resultaten voor prei, schorseneer en waspeen gepresenteerd en besproken. Daar waar mogelijk worden zgn. 'opzoektabellen' gemaakt die als leidraad kunnen dienen bij de beoordeling van de bodemkwaliteit voor het telen van specifieke gewassen.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Bemonsteringslocaties

Bij in totaal 24 landbouwbedrijven zijn in 2006 bodem- en gewasmonsters genomen. De bedrijven waarbij bemonsterd is, zijn gekozen op basis van suggesties van de plaatselijke afdeling van de ZLTO.

De experimentele preiplots liggen in terreinen van Natuurmonumenten, op percelen van de gemeente Bergeijk en op percelen van enkele agrariërs.

De locaties voor de experimentele preiplots zijn geselecteerd door Projectbureau Actief Bodembeheer.

Tabel 1. Aantal in 2006 bemonsterde locaties per gewas en per gemeente

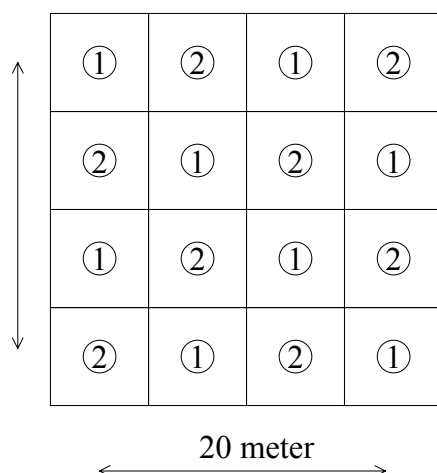
	Postel	Cranen- donck	Bergeijk	Weert	Deurne	Valkens- waard	Someren	totaal
Prei	3	1						4
/landbouw								
Prei/		1	3	5		5		14
Exp.preiplots								
Schorseneer			1	5	1			7
Waspeen			5	3				8
Asperge		2					2	4
Ui			1					1

Om een beeld te krijgen van de opname van cadmium in niet specifiek verontreinigde gronden is tevens een referentie (buiten de Kempen) in het onderzoek meegenomen. Dit betreft een veld in Deurne (betreft schorseneer).

2.2 Bemonstering

2.2.1 Bodembemonstering

Voor landbouwgewassen is steeds de bouwvoor is bemonsterd (0 - 25 cm). Steeds zijn er twee grond- en gewasmonsters per locatie genomen (een duplo bemonstering). Van de grond is een mengmonster gemaakt dat bestaat uit 8 steken (zie Figuur 1). In het geval van asperges is een grondmonster uit het bed genomen.



Figuur 1 Raster dat aangeeft op welke plaatsen is bemonsterd om te komen tot een duplo bemonstering van een locatie van 20 bij 20 meter: een mengmonster is dus samengesteld uit 8 grepen. Mengmonster 1 bestaat bijvoorbeeld uit monsters uit de vakjes met een 1 er in. Lopend door een perceel wordt om- en om mengmonster 1 en mengmonster 2 samengesteld uit resp. 1 en 2. De locaties van 20 m x 20 m zijn willekeurig per perceel gekozen.

Bij de experimentele preiplots in volstaan met 1 grondmonster en 1 gewasmonster (mengmonsters). De gebruikte bemonsteringstrategie is overgenomen uit het onderzoek aan bodem- en gewas in moestuinen (Alterra rapport 1129). Het gewasmonster is samengesteld uit verscheidene preiplanten en het grondmonster uit de daarbij behorende grond (door individuele plant bewortelde grond).

2.2.2 Gewasbemonstering

Asperges, prei, schorseneren, ui en waspeen

Voor asperges, prei, schorseneren, ui en waspeen is het onderzoek gericht op het cadmium- en loodgehalte in het eetbare product (de verdikte wortels van de asperge, schorseneer, en van de waspeen). Het aantal wortels per mengmonster is beperkt tot in totaal 2 kg (versgewicht). De asperges, schorseneren en wortels zijn geschraapt en gewassen alvorens ze te verkleinen, drogen en malen. De met grond bevuilde bladeren van de prei zijn verwijderd in het veld. De prei is na het verkleinen gewassen. Ongewassen submonsters zijn gebruikt voor een vochtbepaling.

2.3 Verloop van bemonsteringen

De bemonsteringen (grond en gewas) zijn uitgevoerd op 31 maart (winterprei), 11 mei (asperge), 21 juni (prei), 17 en 18 juli (waspeen), 11 september (ui), 11 en 12 september (experimentele prei), 23 en 24 oktober (schorseneren).



Figuur 2 Voorbeelden van de bemonsterde gewassen.

2.4 Analyses

De gewasanalyses en de extracties van de bodem zijn uitgevoerd zoals beschreven in Alterra rapport 974, zie ook Bijlage 4. De gebruikte extracties voor de grond zijn:

1. Extractie met 0,43 M HNO_3 de zogenaamde potentieel beschikbare fractie aan cadmium, lood en zink. Dit is een maat voor de hoeveelheid cadmium, lood en zink in de bodem die mogelijk beschikbaar wordt en in het bodemvocht komt en/of door de planten opgenomen kan worden. Deze wordt in de bodem plant relatie gebruikt om de opname te voorspellen.
2. Extractie met 0,01 M CaCl_2 ten behoeve van de pH. In tegenstelling tot eerder uitgevoerd onderzoek is in dit onderzoek niet het actuele beschikbare gehalte cadmium, lood en zink bepaald (meting in het CaCl_2 extract). In het vorige onderzoek (Alterra rapport 974) bleek namelijk dat op basis van de extractie met HNO_3 in combinatie met pH de gewasgehalten goed voorspeld kunnen worden.

Om het gehalte in het verse product te kunnen bepalen is het droge stof gehalte gemeten. In het gewas zijn na drogen (70 graden) en verkleinen de gehalten aan Cd, Zn en Pb bepaald na destructie met geconcentreerd HNO_3 .

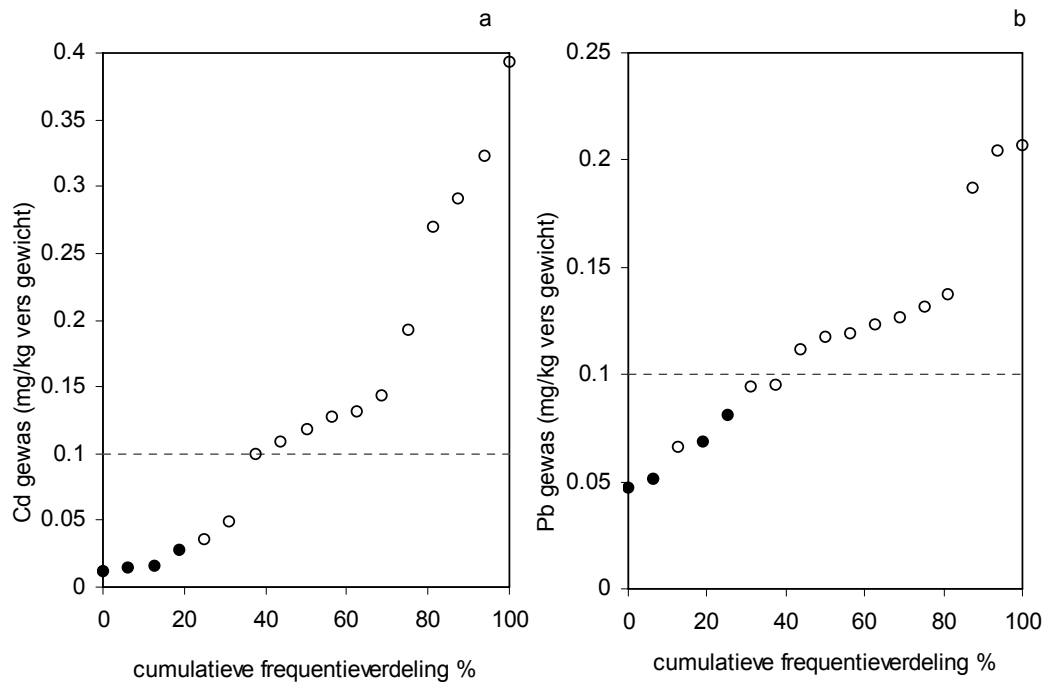
3 Resultaten

3.1 Gewaskwaliteit

In deze paragraaf worden de gemeten gehalten aan cadmium en lood voor de verschillende gewassen besproken.

3.1.1 Prei

In figuur 3 staan de metingen in prei (links cadmium, rechts lood) uitgezet tegen de geldende warenwetnorm. De warenwetnorm voor cadmium en lood in prei is 0.1 mg.kg^{-1} op basis van een versgewicht (zie Bijlage 2).



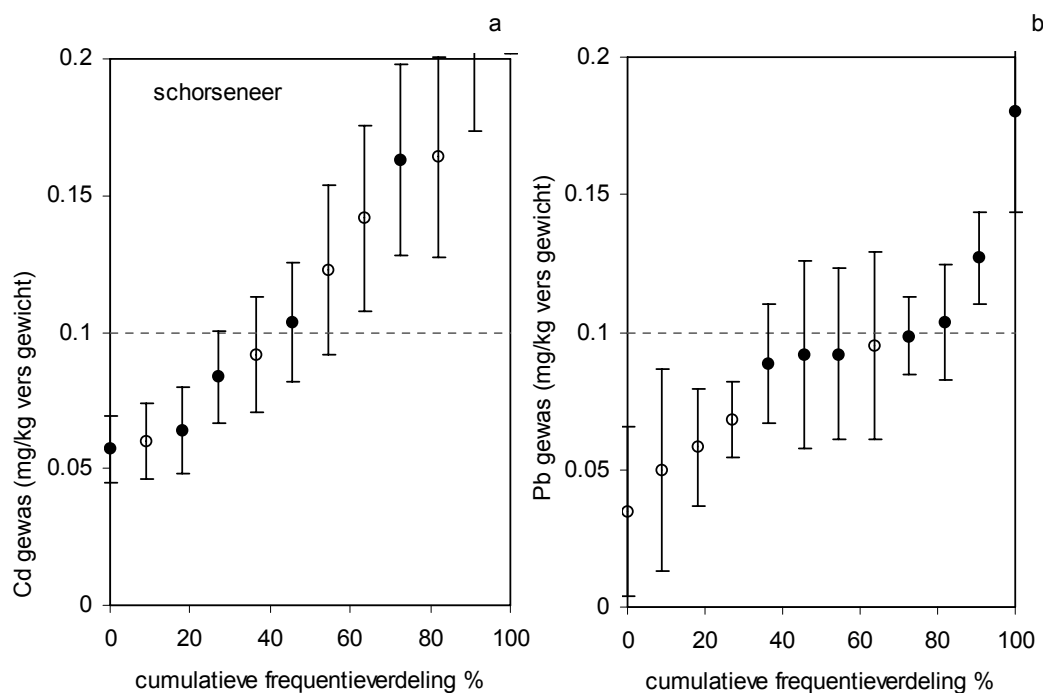
Figuur 3 Cumulatieve frequentieverdeling van cadmium en lood in prei; de monsters komen uit experimentele plots (○) en reguliere landbouwbedrijven (●). De stippellijn geeft de voor prei geldende normen weer.

In de experimentele plots wordt de norm voor cadmium en lood vaak overschreden. Deze overschrijdingen zijn echter vooral op de aangelegde velden (van Natuurmonumenten) gevonden en veel minder op de reguliere landbouwgronden. Het verschil tussen de landbouwbedrijven en de experimentele plots wordt in paragraaf 3.2 besproken aan de hand van de relatie tussen cadmium in prei en de cadmiumgehalten in de bodem. Hier volstaat de opmerking dat de hogere opname in

de aangelegde velden vooral verklaard kan worden uit de combinatie van een lagere pH en hogere cadmium gehalten in de bodem.

3.1.2 Schorseneren

In Figuur 4 zijn de in de schorseneren aangetroffen cadmium- en loodgehalten op basis van versgewicht weergegeven. De schorseneren zijn in 2005 en 2006 bemonsterd in de gemeenten Weert, Nederweert, Bergeijk en één locatie buiten de Kempen (in Deurne).



Figuur 4 Cumulatieve frequentieverdeling van cadmium (a) en lood in schorseneren (b). Het laagste cadmiumgehalte in schorseneer is aangetroffen op de referentielocatie te Deurne. De bemonstering in 2005 (○) en 2006 (●) zijn apart aangeduid. Gegeven wordt het gemiddelde gehalte +/- stdev.

De cadmium- en loodgehalten in de bemonsterde schorseneer overschrijden de gewasnorm voor cadmium en lood in consumptiegewassen in ruime mate. De loodgehalten in de bemonsterde schorseneren variëren van 0.03 tot en met 0.17 mg.kg^{-1} vers gewicht (de norm is 0.1 mg.kg^{-1}). Overschrijdingen van de normen traden ook op in de proeftuin (0.2-0.6 mg Pb.kg^{-1} vers gewicht) evenals bij het ene monster uit het moestuinonderzoek (0.27 mg.kg^{-1} vers gewicht).

Het gemiddelde cadmiumgehalte van de bemonsterde schorseneren bij landbouwbedrijven overschrijdt de norm. Het gemiddelde loodgehalte (0.09) ligt echter net beneden de norm.

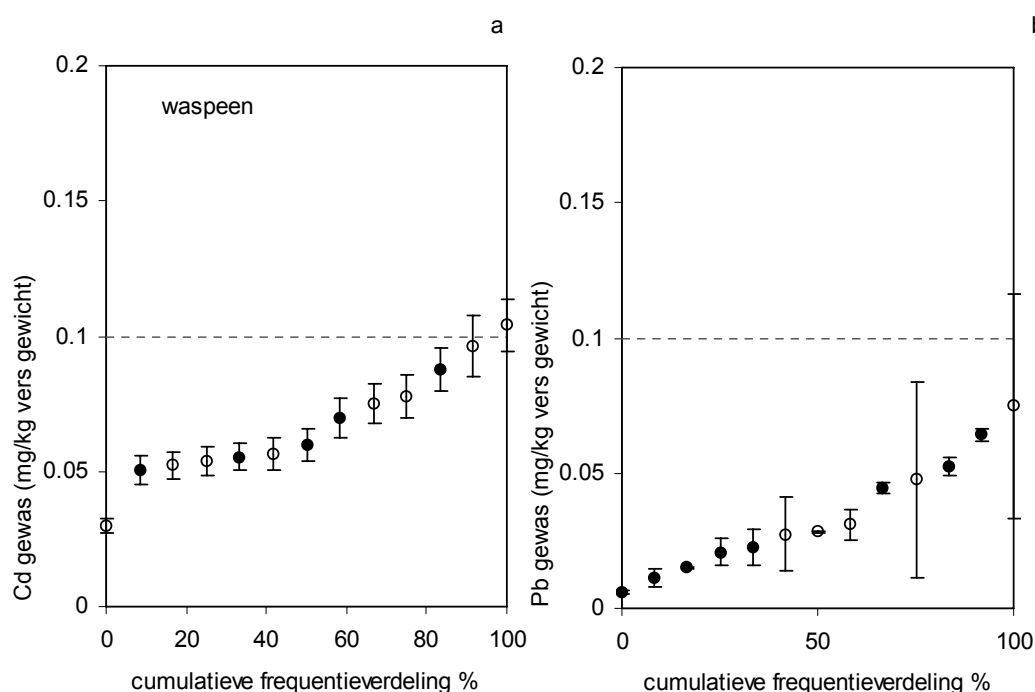
In de proeftuin aan de Kempenseweg is al eerder gebleken dat de cadmiumgehalten in schorseneren hoog (0,2-0,8 mg Cd/kg vers gewicht) kunnen zijn (Alterra-rapport

1297). In het onderzoek in de moestuinen is maar op 1 locatie schorseneer bemonsterd (Alterra rapport 1129). Dit monster (gemeente Valkenswaard) had een cadmiumgehalte van 0,67 mg Cd/kg op basis van vers gewicht (t.o.v. de norm van 0,1 mg Cd/kg) bij een gehalte van 0,4 mg Cd/kg in de bodem en een pH van 5,1.

Er is één locatie bemonsterd buiten de Kempen (in Deurne). De aangetroffen cadmium- en loodgehalten zijn resp. 0,06 en 0,09 mg.kg⁻¹ fw. Het loodgehalte in schorseneer is dus buiten de Kempen ook relatief hoog.

3.1.3 Waspeen

In Figuur 5 zijn de in waspeen aangetroffen cadmium- en loodgehalten op basis van versgewicht te zien. De cadmium- en loodgehalten in de bemonsterde waspeen voldoen, op één monster na, aan de gewasnorm voor cadmium en lood.



Figuur 5 Cumulatieve frequentieverdeling van cadmium (a) en lood in waspeen (b). De bemonstering in 2005 (○) en 2006 (●) zijn apart aangeduid. Gegeven wordt het gemiddelde gehalte +/- stdev.

Op één locatie is in 2005 in de gemeente Weert is winterwortel bemonsterd. In dit monster ligt het cadmiumgehalte net boven de norm (niet te zien in figuur 3.3). Bij een onderzoek door het VWA aan 50 groente en fruitmonsters bleken twee monsters, waarvan 1 winterwortel, de norm voor cadmium te overschrijden, (VWA, 2005). Het loodgehalte in de wortels varieert van 0,03 tot en met 0,09 mg.kg⁻¹ vers gewicht (waarbij het hoogste gehalte ook is aangetroffen bij de winterwortel).

In de regio kunnen de normen van Cd en Pb overschreden worden zoals bleek in het moestuinonderzoek (2004): 3 van de 24 monsters hadden een gehalte boven de norm van Cd en 3 voor Pb. De omstandigheden in moestuinen zijn echter niet direct vergelijkbaar met landbouw, o.a. vanwege verschillen in rassen, bekalking- en bemestingniveaus.

3.1.4 Asperges en ui

In 2006 is een beperkt aantal locaties met asperges (4 locaties) en ui (1 locatie) bemonsterd. De aangetroffen cadmium- en loodgehalten in de asperge zijn relatief laag ten opzichte van de andere gewassen: met 0,02 mg Cd.kg⁻¹ en 0,01 mg Pb.kg⁻¹ liggen deze beduidend beneden de daarvoor geldende normen (0,1 mg.kg⁻¹ Pb en Cd). Het aangetroffen cadmium- en loodgehalte in ui (0,04 mg Cd.kg⁻¹ en 0,06 mg Pb.kg⁻¹) ligt dichtbij de voor ui geldende norm (0,05 mg Cd.kg⁻¹ en 0,1 mg Pb.kg⁻¹)(zie Bijlage 2).

3.2 Bodem-gewas relaties

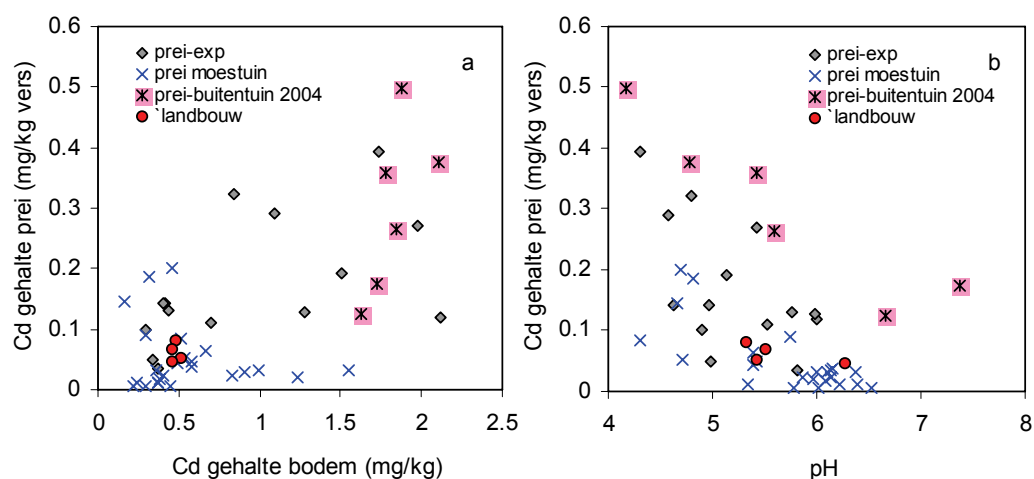
3.2.1 prei

De achtergronden en modelconcepten die ten grondslag liggen aan de analyse van de bodem-gewasrelaties zijn beschreven in het Alterra-rapport 974¹. In het huidige rapport worden de resultaten gegeven voor de prei, schorseneren en wortelen.

In Figuur 6 is het cadmiumgehalte in prei uitgezet tegen het cadmiumgehalte in de bodem en de pH van de bodem. Duidelijk te zien is dat de opname van cadmium door prei stijgt met een toename in het cadmiumgehalte van de bodem. Tegelijkertijd neemt de opname van cadmium af met een toename in de pH.

Vanwege de afhankelijkheid van meerdere factoren wordt gewerkt met relaties zoals gegeven in Alterra-rapport 974 waarin naast het met HNO₃ extraheerbaar cadmium ook de pH (en evt. organische stof) wordt meegenomen als verklarende variabelen.

¹ $\log(Cd_{plant}) = \alpha + \beta \log(Cd_{bodem}) + \delta \text{ pH} + \varepsilon \log(\text{org. stof})$. Cd gehalten in mg per kg grond of gewas, organisch stofgehalte bodem in %. Cd gehalte gewas op basis van versgewicht.



Figuur 6 Relatie tussen cadmiumgehalte in prei en cadmium (a) cadmiumgehalte in de bodem (0,43 M HNO₃) en (b) pH (0,01 M CaCl₂).

In Tabel 2 staan de resultaten van verschillende regressievergelijkingen om de cadmiumopname in prei te berekenen. Hierbij is steeds voor data van verschillende herkomst de bodem – plant relatie (regressie) uitgerekend om te zien of het gedrag van cadmium (opname door de plant) verschilt tussen de verschillende datasets).

Tabel 2 Overzicht van parameterwaarden voor het bodem-gewasmodel voor cadmium in prei gebruik, makend van verschillende onderzoeken (ns: niet significant).

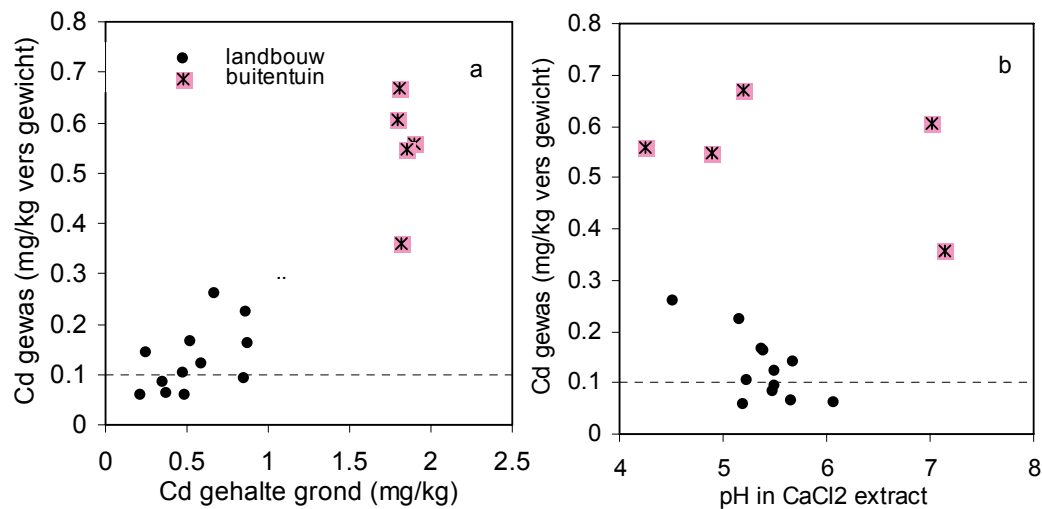
cadmium in prei	Regressie parameters				R ²	se(Y-est)
	Int α	metaal β	pH δ	org. stof ϵ		
Moestuinen (n=24)*	1.73	0.49	-0.54	ns	0.58	0.29
proeftuin (n=6) **	0.41	ns	-0.17	ns	0.83	0.10
Experimentele preiplots (n=14)	0.82	0.66	-0.31	ns	0.73	0.17
Landbouw (n=4)	-0.21	ns	-0.18	ns	0.50	0.10
Allen (n=48)	1.64	1.21	-0.37	-0.87	0.67	0.30
Allen (excl moestuinen) (n=24)	0.72	1.00	-0.22	-0.52	0.80	0.16

*data uit Alterra rapport 1129, **data uit Alterra rapport 1297.

De regressiemodellen in Tabel 2 met als verklarende factoren: cadmiumgehalte van de grond (bodem HNO₃) in combinatie met de zuurgraad (pH) en organische stof geven in het algemeen goede beschrijvingen van de opname van cadmium door prei. Wel verschillen de parameterwaarden in de onderzoeken waarbij met name de data uit de moestuinen relatief sterk afwijken van de rest. Het te gebruiken regressiemodel moet het cadmiumgehalte bij agrarische percelen zo goed mogelijk voorspellen en daarom wordt verder in het rapport de bodem-gewas vergelijking gebruikt op basis van alle data exclusief de moestuinen.

3.2.2 Schorseneren

In Figuur 7 is het cadmiumgehalte in schorseneren uitgezet tegen het cadmiumgehalte in de bodem en de pH van de bodem. Vanwege het beperkte aantal bemonsterde locaties met schorseneren zijn ook de gegevens van de buitentuin erbij betrokken. Hierbij moet opgemerkt worden dat de opbrengst van de schorseneren in de proeftuin slecht was, en niet representatief is voor een normale landbouwpraktijk.



Figuur 7 Relatie tussen cadmiumgehalte in schorseneren en bodemeigenschappen: (a) cadmiumgehalte van bodem (0,43 M HNO₃), (b) pH (0,01 M CaCl₂).

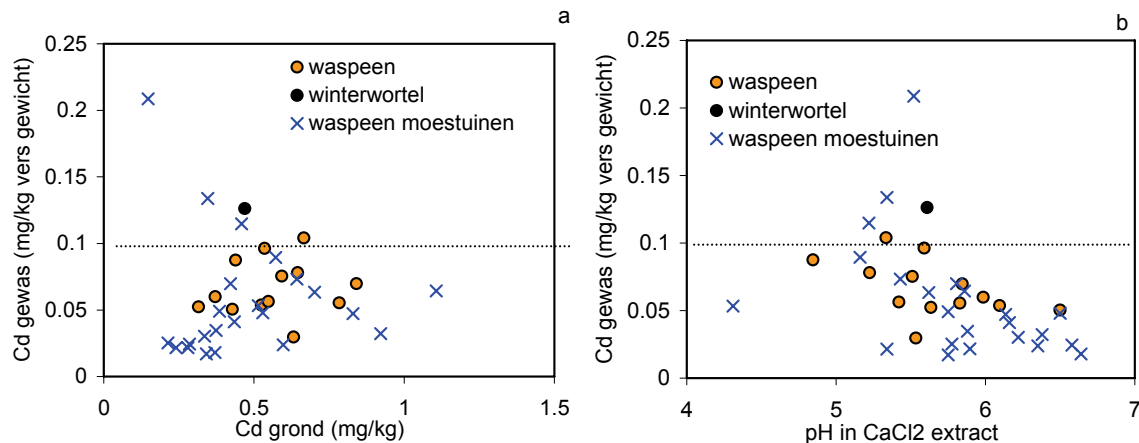
Op basis van het beperkte aantal gegevens lijkt naast cadmium ook de pH een effect te hebben op de cadmiumopname door schorseneren, zeker in de data van de landbouwpercelen. Het cadmiumgehalte in het gewas is afhankelijk van het gehalte in de bodem. Al bij lage cadmiumgehalten in de bodem (0,5-1 mg Cd.kg⁻¹) kan de norm voor gewas worden overschreden. De hoge cadmiumopname in schorseneren van de proeftuin t.o.v. de landbouwbedrijven is consistent met de hogere cadmiumgehalten in bodem van de proeftuin.

Tabel 3 Overzicht van parameterwaarden voor het bodem-gewasmodel voor cadmium in schorseneren, gebruik makend van verschillende onderzoeken.

cadmium in schorseneren	Regressie parameters				R ²	se(Y-est)
	Int α	metaal β	pH δ	org. stof ϵ		
Landbouw (n=12)	0.85	0.46	-0.31	ns	0.57	0.16
Landbouw+proeftuin (n=17)	-0.30	1.03	-0.06	ns	0.77	0.19

3.2.3 Wortelen

In Figuur 8 is het cadmiumgehalte in wortel uitgezet tegen het cadmiumgehalte in de bodem (links) en de pH van de bodem (rechts).



Figuur 8 Relatie tussen cadmiumgehalte in waspenen en in de bodem met: in fig a, gehalte geëxtraheerd in HNO_3 , in fig b, met pH. De horizontale en verticale lijnen bij ieder punt geven de mate van spreiding aan tussen de duplo bepalingen.

Er is een zwak verband tussen het cadmiumgehalte in de bodem en die in de wortel. Er is een redelijk verband tussen de zuurgraad van de bodem en het cadmiumgehalte in de wortelen.

Tabel 4 Overzicht van parameterwaarden voor het bodem-gewasmodel voor cadmium in waspeen, gebruik makend van verschillende onderzoeken# (incl. 1 winterwortel).

cadmium in waspeen	Regressie parameters				R^2	se(Y-est)
	Int α	Cd β	pH δ	org. stof ϵ		
Landbouw (n=13)	-0.31	-0.02	-0.15	ns	0.15	0.16
Moestuinen (n=24)*#	0.24	0.55	-0.24	ns	0.40	0.20
Allen (n=37)	0.24	0.60	-0.24	ns	0.45	0.20

* data uit Alterra rapport 1129 # excl. hoogste waarde uit moestuinonderzoek

Een bodem-gewasrelatie is bepaald op basis van de data uit dit onderzoek en/of de data uit het moestuinonderzoek. De regressie wordt sterk beïnvloed door de waarneming met het hoogste cadmiumgehalte in wortel. Het niet meenemen van de hoogste waarde voor cadmium in waspeen uit het moestuinonderzoek leidt tot een redelijke beschrijving van de gegevens met logische parameterwaarden. Mogelijk zijn de waspeenresultaten uit het moestuinonderzoek niet representatief voor landbouwbedrijven vanwege de gebruikte rassen (Tabel 4). Samenvoegen van de moestuin en landbouwonderzoeken geeft iets lagere voorspelde cadmiumgehalten in wortelen dan gemeten. De bodem-gewasrelatie voor waspeen moet daarom voorzichtig gebruikt worden.

Opvallend daarbij is dat het effect van de pH heel significant is en effect van cadmium in de bodem gering. Bij een onderzoek naar cadmiumgehalten in Zweedse

wortels is ook een sterke pH afhankelijkheid gevonden, en ook hier is via enkelvoudige regressie geen significante relatie tussen cadmium in de bodem en gewas gevonden worden (Jansson en Öborn, 2000). Dit betekent dat mogelijk het pH effect zo sterk is dat ook in bodems met relatief veel cadmium de cadmiumopname door bekalking sterk verlaagd kan worden.

3.2.4 Omgaan met de bodem-gewasrelaties

In Tabel 5 zijn de bodem-gewasrelaties gegeven met daarin de zuurgraad en het cadmiumgehalte (HNO_3 extraheerbaar gehalte) als verklarende variabelen (en organisch stof in geval van maïs, en zink in geval van waspeen). Hiermee kan berekend worden bij welke combinatie van pH en cadmiumgehalte in de bodem er een grote kans bestaat dat de gewasnorm overschreden zal worden. Dat is voor de verschillende gewassen in Figuur 9 berekend.

Tabel 5 Overzicht van bodem-gewasmodellen voor verschillende gewassen op basis van cadmiumgehalte van de bodem (HNO_3 extract) en pH.

	Int α	Cd β	pH δ	org. stof ϵ	R^2	se(Y-est)
Aardappel	0.99	0.88	-0.32	ns	0.84	0.14
Tarwe	0.46	1.13	-0.15	ns	0.60	0.27
Zomergerst	0.004	0.82	-0.22	ns	0.50	0.29
Gras	1.58	1.22	-0.38	ns	0.63	0.23
Maïs (stengel+blad+kolf)	0.74	0.83	-0.23	-0.22	0.24	0.24
Schorseneren ²	0.85	0.46	-0.31	ns	0.57	0.16
Prei ¹	0.34	1.00	-0.22	-0.52	0.80	0.16
Waspeen ³	0.24	0.55	-0.24	ns	0.40	0.20

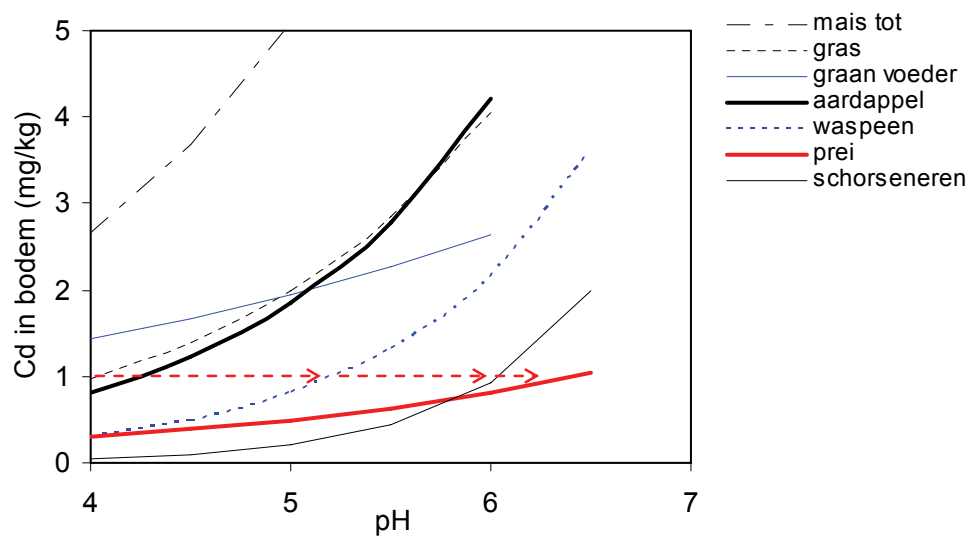
¹ excl. onderzoek bij moestuinen,

² excl. onderzoek bij moestuinen en proeftuin.

³ incl. onderzoek bij moestuinen, 1 extreme waarde is weggelaten bij regressieberekening.

De minst kritische gewassen zijn zomergerst en maïs. Gras, tarwe en aardappelen zijn ongeveer even kritisch. Schorseneren, prei en waspeen zijn veel kritischer dan de eerder genoemde landbouwgewassen. Bij schorseneren worden overschrijdingen van de gewasnorm aangetroffen bij lage cadmiumgehalten in de bodem.

In Bijlage 3 zijn de verwachte cadmiumgehalten, en in geval van veevoedergewassen ook de zinkgehalten, in de gewassen gegeven afhankelijk van de pH en de cadmium- en zinkgehalten in de bodem.



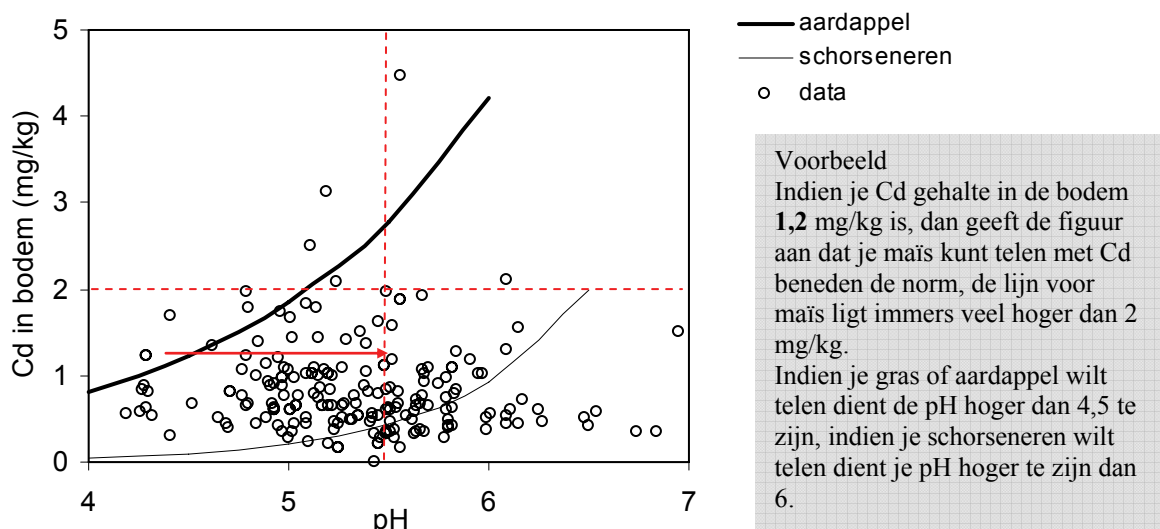
Figuur 9. Voorspelling van pH's en cadmiumgehalten in de bodem waarbij de norm voor gewassen overschreden gaan worden. Het model voorspelt normoverschrijdingen voor cadmium in de genoemde gewassen indien de pH en het cadmiumgehalte in de bodem boven de lijn liggen. Bij lage pH waarden is schorseneer het meest kritisch. Het minst kritisch is zomergerst (valt buiten bereik van figuur) en maïs (aanname: grond bevat 4% organische stof). Voorbeeld: de pijl geeft aan voor een zure grond met 1 mg Cd.kg⁻¹ hoe via bekalking de pH moet worden verhoogd om geen normoverschrijding te krijgen bij schorseneren en prei.

4 Conclusies

In Figuur 10 wordt het bodem- en gewasonderzoek dat in de periode 2003-2006 is uitgevoerd geïllustreerd. In deze figuur staan de model-berekende lijnen die aangeven bij welke combinatie van pH en gehalte aan cadmium in de bodem de norm voor het aardappel en schorseneren overschreden worden. Tevens staan in deze grafiek alle datapunten waarbij voor elk punt de waarde van de gemeten pH en het cadmiumgehalte in de bodem tegen elkaar zijn uitgezet. Indien een punt boven een bepaalde gewaslijn ligt betekent dit dat voor dit punt geldt dat het gehalte aan cadmium voor dat gewas boven de norm zal liggen.

Op deze manier kan voor een dataset relatief eenvoudig bepaald worden welk deel van de monsters een zodanige kwaliteit heeft dat het gehalte in het gewas boven de warenwet of veevoedernorm zal liggen.

Uit het onderzoek van de afgelopen jaren is in ieder geval gebleken dat (aan de NL kant van de grens) de cadmiumgehalten (HNO_3 extractie) in de bodem behoudens enkele uitzonderingen beneden de 2 mg kg^{-1} liggen. De zuurgraad kent een veel grotere spreiding en varieert van 4,2 tot 7.



Figuur 10 Zuurgraad en cadmiumgehalten (extractie met HNO_3) van alle bodemonsters in dit onderzoek. De lijnen zijn als in figuur 3.5: boven deze lijn zijn normoverschrijdingen bij de genoemde gewassen te verwachten. De pijl geeft de route aan (verhoging pH door bekalking) welke kan leiden tot de gewenste toestand. Boven een pH van 5,5 zijn bij de cadmiumgehalten in dit gebied ($\text{Cd} < 2 \text{ mg/kg}$) geen normoverschrijdingen te verwachten voor de genoemde gewassen.

Samenvattend blijkt dat geen normoverschrijdingen in de gewassen te verwachten zijn bij:

1. schorseneren en prei, bij cadmiumgehalten lager dan $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, in combinatie met pH waarden hoger dan 5,5.
2. waspeen, bij cadmiumgehalten lager dan $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$, en pH hoger dan 5,5.
3. akkerbouw- en veeteeltgewassen, bij cadmiumgehalten beneden de 2 mg.kg^{-1} , en een pH ruim boven de 5,5.
4. bij zomergerst en maïs. (zelfs niet bij Cd gehalte hoger dan 2 mg.kg^{-1} grond)

Op dit moment zijn, de belangrijkste landbouwgewassen onderzocht. Desalniettemin bevinden zich onder de niet onderzochte gewassen een aantal vermoedelijk zeer kritische gewassen als selderij en spinazie. Verwacht wordt dat de gehalten in de bodem (en pH) waarbij de gewasnorm voor deze laatste overschreden wordt, vergelijkbaar zal zijn met de meest gevoelige gewassen die hier wel onderzocht zijn. De professionele teelt van deze gewassen is in de Kempen echter bijna nihil

In het onderzoek zijn relatief hoge loodgehalten in schorseneren gevonden, ook buiten de Kempen. Het is mogelijk dat op meer plaatsen in Nederland lood relatief hoog is in schorseneren.

Synthese onderzoek bodem-landbouwgewassen Cranendonck

Oorzaak van verhoogde opname van cadmium door gewassen

De twee belangrijkste redenen waardoor de cadmiumopname in gewassen hoog is in de Kempen zijn het verhoogde cadmiumgehalte in de bodem en de relatief lage pH (hoge zuurgraad). De verhoogde cadmiumgehalten zijn een gegeven waar technisch weinig aan te doen is; het is geen optie om grootschalig te gaan saneren. Aanpassing van de zuurgraad en eventueel de gewaskeuze maakt het mogelijk om te komen tot lagere cadmiumgehalten in de gewassen.

Voorkómen

Er moet naar worden gestreefd om zo weinig mogelijk cadmium in de voedselketen terecht te laten komen. Door de cadmiumgehalten per perceel te kennen en door de zuurgraad goed te controleren en waar nodig aan te passen, kan voor sommige gewassen het cadmiumgehalte laag gehouden worden.

Risico's en daaruit afgeleide advieswaarden voor cadmium in de bodem in de Kempen

Afhankelijk van de gewassen zijn grenzen voor het gehalte in de bodem aan te geven beneden welke weinig risico bestaat voor overschrijdingen van de cadmiumnormen in gewassen.

Maïs	-Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 2 mg/kg
Zomergerst *	-Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 2 mg/kg
Gras of aardappel	-Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 2 mg/kg èn een pH van 5.5 en hoger -Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 1 mg/kg
Tarwe *	-Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 1 mg/kg èn een pH van 5.5 en hoger
Prei, schorseneren	-Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 0,5 mg/kg èn een pH van 5.5 en hoger
Waspeen	Weinig risico bij cadmiumgehalten beneden 0,75 mg/kg èn een pH van 5.5 en hoger

*als veevoeder

Op basis van het onderzoek wordt een benedengrens voor de pH van 5.5 voorgesteld bij tarwe, en bij gras en aardappel indien de cadmiumgehalten hoger zijn dan 1 mg/kg. Deze pH is gelijk aan of iets hoger dan de advies-pH op basis van gewasopbrengst voor gras (pH 5,0), tarwe en aardappelen (pH 5,1-5,7).

Voor prei en schorseneren zijn bij cadmiumgehalten beneden de 0,5 mg/kg en een pH hoger dan 5,5 geen problemen te verwachten.

Advies voor lokale percelen

Op basis van het gemeten cadmiumgehalte in de bodem, en de zuurgraad (pH), kan de cadmiumopname in gewassen voor elk willekeurig perceel geschat worden. In Bijlage 3 zijn de gewasspecifieke opzoektabellen gegeven waarin te zien welke pH nodig is om overschrijdingen van de gewasnormen te voorkomen.

Maatregelen

De velddata tonen aan dat de zuurgraad in de onderzochte percelen de sturende factor is die bepaalt of de opname van cadmium leidt tot onaanvaardbare gehalten in

het gewas. Bekalken is daarom de beste manier om deze risico's te beperken. Uit het onderzoek blijkt ook dat de cadmiumopname verschilt per gewas. De gewaskeuze is dus een tweede mogelijke manier om risico's te beperken² (zie het verschil tussen zomergerst en tarwe). Bij locaties met hoge cadmiumgehalten ($\text{Cd} > 2 \text{ mg/kg grond}$), en bij locaties waar normoverschrijdingen zijn aangetroffen, is het nuttig om gewasanalyses te doen, zowel vóór als na de bekalking om te toetsen of de maatregelen effectief zijn.

Ofschoon de bijdrage van organische stof aan de vastlegging van cadmium in de bodem in de bodems in de Kempen minder van belang is dan de pH, is het toch belangrijk het huidige gehalte aan organische stof gehalte minimaal te behouden. Achteruitgang van het organische stof gehalte leidt namelijk ook tot een hogere opname door gewassen.

² Gebruik maken van rassen met een lage cadmiumopname is een mogelijkheid (Kurz et al, 1999) maar er is geen informatie over de verschillen in cadmiumopname tussen de rassen die op dit moment geteeld worden in Nederland.

Literatuur

Adams, M.L., F. J. Zhao, S. P. McGrath, and B. J. Chambers 2004. Predicting cadmium concentrations in wheat and barley grain using soil properties. *J. Environ. Quality* 33, 532-541.

Jansson, G. en Öborn, I. 2000. Cadmium content of Swedish carrots and the influence of soil factors. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.*: 50, 49-56.

Rietra, R.P.J.J, P.F.A.M. Römkens J. Japenga 2004. Onderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra rapport 974, Wageningen.

Rietra, R.P.J.J, P.F.A.M. Römkens J. Japenga 2005. Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2004. Vervolgonderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra rapport 1167, Wageningen.

Rietra, R.P.J.J., J.Japenga, L. Bouwman, P.F.A.M. Römkens 2006. Effect van bekalken op cadmiumopname door gewassen; resultaten van veldproef in het eerste en tweede jaar. Wageningen, Alterra rapport 1297, Wageningen.

Römkens, P.F.A.M., G.W. Schuur, J.P.A. Lijzen, R.P.J.J. Rietra en L. Dirven-van Bremen 2005. Risico's van cadmium en lood in moestuinen in de Kempen. Alterra-rapport 1129, Wageningen.

VWA(Voedsel en Warenautoriteit) 2005 Cadmium en lood in landbouwgewassen in de Kempen, najaar 2005. Gepubliceerd: www.vwa.nl

Bijlage 1 Cadmium- en zinkgehaltes in bodem en gewas (2005 en 2006)

Grijs: meest relevant, vet: normoverschrijdingen, ¹ gehalten op basis van droge stof zijn relevant voor diervoeder ²gehalten op basis van vers voor warenwet. #

	bedrijf	veld	gewas	ras	pH	org.stof %	CaCl ₂ extractie			HNO ₃ extractie			gehalte gewas			gewas drogestof gehalte	gehalte gewas		
							Cd µg/kg	Pb µg/kg	Zn (mg/kg)	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg		Cd mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
2005	15	1	schorseneren		6,07	3,62	6	0,3	0,16	0,48	14	31	0,26	0,30	18	23	0,06	0,07	4
	16	8	schorseneren		5,38	4,06	34	1,3	2,66	0,53	18	40	0,73	0,22	47	22	0,16	0,05	11
	17	6	schorseneren	Flandria	5,69	3,25	12	1,4	0,52	0,25	13	15	0,59	0,40	34	24	0,14	0,09	8
	25	1	schorseneren		5,51	4,61	20	0,1	1,80	0,59	19	50	0,48	0,14	30	25	0,12	0,03	8
	28	1	schorseneren		5,50	6,03	38	2,8	2,40	0,85	22	52	0,40	0,25	26	23	0,09	0,06	6
2006	16	10	Winterwortel		5,61	3,88	16	0,2	0,64	0,47	16	26	1,10	0,80	45	11	0,13	0,09	5
	25	5	schorseneren		5,2	5,9				0,9	21	46	1,0	0,5	51	22	0,22	0,10	11
	17	8	schorseneren		5,7	2,3				0,4	10	16	0,3	0,4	20	25	0,06	0,09	5
	16	11	schorseneren		5,2	4,8				0,5	18	29	0,5	0,9	43	21	0,10	0,18	9
	16	12	schorseneren		5,4	7,4				0,9	16	40	0,8	0,4	47	22	0,16	0,09	10
2005	15	4	schorseneren		5,5	2,8				0,3	9	27	0,4	0,5	36	20	0,08	0,10	7
	44	2	schorseneren		4,5	4,3				0,7	21	27	1,2	0,6	62	22	0,26	0,13	14
	45	1	schorseneren		5,2	6,0				0,2	6	25	0,3	0,4	42	21	0,06	0,09	9
	17	4	waspeen		5,0	2,8	37	1	3	0,35	10	21	0,96	0,31	83	9	0,09	0,03	8
	18	1	waspeen		5,1	3,8	84	2	7	1,09	23	69	0,50	0,31	34	10	0,05	0,03	3
2006	18	2	waspeen		4,3	2,9	222	20	10	0,82	34	27	0,60	0,48	30	10	0,06	0,05	3
	25	2	waspeen	A. bak	5,8	5,3	19	0	1	0,78	94	53	0,58	0,29	28	10	0,06	0,03	3
	26	1	waspeen	Λ.bak	5,8	4,6	18	0	1	0,84	21	46	0,68	0,73	30	10	0,07	0,08	3
	34	1	waspeen		5,2	4,5				0,6	19	36	0,8	0,4	49	10	0,08	0,04	5
	34	2	waspeen		5,5	4,4				0,6	15	43	0,8	0,2	52	10	0,08	0,02	5
2006	25	4	waspeen		5,5	4,8				0,6	20	47	0,3	0,2	32	9	0,03	0,02	3
	36	1	waspeen		5,3	6,4				0,7	23	32	1,1	0,7	79	9	0,10	0,06	7
	38	1	waspeen		5,6	3,3				0,5	13	26	0,8	0,4	35	12	0,10	0,05	4
	44	1	waspeen		5,4	5,2				0,5	11	34	0,6	0,1	42	10	0,06	0,01	4
	18	4	waspeen		6,1	3,9				0,5	10	26	0,5	0,2	23	10	0,05	0,02	2
2006	17	7	waspeen		5,6	2,8				0,3	13	17	0,5	0,1	42	10	0,05	0,01	4
	25	6	ui		5,2	5,8				0,7	18	48	0,3	0,5	41	12	0,04	0,06	5

bedrijf	veld	gewas	ras	pH	org.stof %	CaCl ₂ extractie		HNO ₃ extractie		gehalte gewas mg/kg droge stof		gewas drogestof gehalte	gehalte gewas mg/kg vers ²		
						Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn		Cd	Pb	Zn
2006	30	1	winterprei	5.3	4.5	0.5	12	36	0.9	0.1	87	9	0.08	0.01	8
	30	2	winterprei	5.5	4.9	0.5	13	35	0.7	0.2	59	10	0.07	0.01	6
	30	3	winterprei	5.4	5.1	0.5	14	40	0.5	0.2	52	10	0.05	0.02	5
	31	1	asperge	6.2	3.5	0.4	8	33	0.04	0.2	59	6	0.003	0.01	4
	31	2	asperge	6.1	3.5	0.4	8	33	0.04	0.1	71	7	0.003	0.005	5
	32	1	asperge	5.8	3.6	0.3	8	17	0.1	0.1	60	5	0.01	0.01	3
	32	2	asperge	6.7	4.3	0.4	10	24	0.2	0.1	66	7	0.01	0.004	4
	33	1	prei	6.3	3.2	0.5	15	27	0.5	0.3	48	9	0.05	0.03	4
	43	Pr 1	prei	4.3	5.0	1.7	39	99	3.2	1.1	234	12	0.39	0.13	29
	43	Pr 2	prei	4.6	5.0	1.1	32	77	3.6	1.4	303	8	0.29	0.12	25
2006 experimentele plots	43	Pr 3	prei	6.0	6.1	2.1	45	155	0.9	1.6	69	13	0.12	0.21	9
	43	Pr 4	prei	5.4	4.8	2.0	40	180	2.3	1.7	211	12	0.27	0.20	25
	43	Pr 5	prei	4.8	4.3	0.8	20	52	2.6	1.5	188	12	0.32	0.19	23
	43	Pr 6	prei	5.5	3.6	0.7	19	43	1.1	1.2	55	10	0.11	0.12	6
	43	Pr 7	prei	6.0	5.8	1.3	32	109	1.7	1.7	103	8	0.13	0.13	8
	43	Pr 8	prei	5.1	6.9	1.5	42	100	1.6	0.8	137	12	0.19	0.10	16
	43	Pr 9	prei	5.8	2.1	0.4	9	26	1.2	1.0	95	11	0.13	0.11	10
	43	Pr 10	prei	4.9	2.7	0.3	11	24	1.0	1.2	105	10	0.10	0.12	10
	43	Pr 11	prei	4.6	2.6	0.4	14	21	1.3	1.2	130	11	0.14	0.14	14
	43	Pr 12	prei	5.0	3.0	0.3	11	32	0.6	0.8	84	9	0.05	0.07	7
	43	Pr 13	prei	5.8	1.8	0.4	12	36	0.4	1.1	53	8	0.04	0.09	4
	43	Pr 15	prei	5.0	3.5	0.4	14	21	1.4	0.8	115	10	0.14	0.08	12
	norm														
	ui														
	waspeen														
	schorseneren														
	asperge														
	prei														
	0.05														
	0.10														
	0.10														
	0.10														
	0.10														
	0.10														

Bijlage 2 Normen voor cadmium- en zinkgehalten in gewassen

Richtlijn 2002/32/EG van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding, en de wijziging in Richtlijn 2005/87/EG, bevat de lijst van normen voor cadmium en lood in gewassen te gebruiken als diervoeders.

Verordening (EG) nr. 466 / 2001 van de commissie van 8 maart 2001 tot vaststelling van maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen, bevat de huidige normen voor cadmium en lood in gewassen.

Richtlijn 90/642/EG tot vaststelling van maximumgehalten aan residuen van bestrijdingsmiddelen op bepaalde producten van plantaardige oorsprong, met inbegrip van groenten en fruit, bevat de lijst van gewasgroepen welke genoemd zijn in de verordening nr 466.

Richtlijn 70/524/EEG van 23 november 1970 betreffende toevoegingmiddelen in de diervoeding, en Verordening (EG) nr 1334/2003 van 25 juli 2003 tot wijziging van de toelatingsvoorwaarden voor een aantal toevoegingmiddelen van de groep sporenelementen in diervoeders: bevat wettelijke norm voor zink in diervoeding na toediening van zink.

Relevante onderdelen uit: **Richtlijn 2002/32/EG en Richtlijn 2005/87/EG**
Cadmium (maximumgehalte in mg/kg, herleid tot een vochtgehalte van 12%)

- 1 voedermiddelen van plantaardige oorsprong

Lood (maximumgehalte in mg/kg, herleid tot een vochtgehalte van 12%)

- 10 voedermiddelen, met uitzondering van:
- 30 groenvoeder (de richtlijn vermeldt dat voor 31 december 2007 de gehalten opnieuw worden bekeken met het oog op de verlaging van de maximumgehalten)

Uit: **Verordening (EG) nr. 466 / 2001¹**
cadmium (maximumgehalte in mg/kg vers gewicht)

- 0.1 granen met uitzondering van tarwe en rijst
- 0.2 tarwe en rijst
- 0.05 groenten en fruit zoals bedoeld in Richtlijn 90/962/EEG met uitzondering van bladgroenten¹, verse kruiden, alle fungi, stengelgroenten², wortelgroenten³ en aardappelen
- 0.2 bladgroenten¹, verse kruiden, knolselderij en alle gekweekte fungi
- 0.1 stengelgroenten, wortelgroenten en aardappelen (geschild), met uitzondering van knolselderij.

Lood (maximumgehalte in mg/kg vers gewicht)

- 0.2 granen
- 0.1 groenten met uitzondering van brassica, bladgroenten, verse kruiden en alle fungi.

- 0.3 brassica⁴, bladgroenten, verse kruiden en alle gekweekte fungi
- 0.1 fruit met uitzondering van bessen en klein fruit
- 0.2 bessen en klein fruit

uit: **Richtlijn 1990 642.**

¹ Bladgroenten: tuinkers, veldsla, kropsla, ijsbergsla, spinazie, snijbiet, waterkers, witlof.

² Stengelgroenten: stengelgroenten: asperges, kardoer, bleekselderij, knolvenkel, artisjokken, prei, rabarber.

³ Wortelgroenten: krotten, wortelen, knolselderij, mierikswortel, aardperen, pastinaken, wortelpeterselie, radijs, schorseneren, zoete aardappel, koolraap, rapen, yam.

⁴ Brassica: broccoli, bloemkool, spruitjes, chinese kool, sluitkool, koolrabi.

Uit: **Richtlijn 70/524/EEG en EU verordening nr 1334/2003).**

Er is geen wettelijke norm voor zink in diervoeding zolang het zink niet aan de diervoeding is toegevoegd.

- Het maximumgehalte aan zink (250 mg.kg^{-1} vochtgehalte van 12%) voor diervoeders geldt voor zink als het gebruikt wordt als toevoegingmiddel, en is vastgelegd in de EU in Richtlijn 70/524/EEG. Deze norm geldt dus niet voor diervoeder als daar geen zink als toevoegingmiddel is toegediend. Kortgeleden is de norm voor zink verlaagd tot 150 mg.kg^{-1} (EU verordening nr 1334/2003).

De norm in de Richtlijn 70/524/EEG (250 mg.kg^{-1}) kan gehanteerd worden als adviesnorm voor een verantwoorde diervoeding en wordt daarom in dit rapport gebruikt als norm (de nieuwe norm is niet bepaald door wat toxicologisch gezien de grens is, maar is bedoeld om nadelige gevolgen voor de menselijke gezondheid en het milieu te beperken).

Bijlage 3 Opzoektabellen

Tabellen om op te zoeken bij welke pH en cadmium- of zinkgehalten in de bodem de warenwennormen voor aardappelen, en de veevoedernormen voor in tarwe, zomergerst, maïs en gras zullen worden overschreden (op basis van relaties in Tabel 3.9 en 3.10).

Voorbeeld:

Indien je cadmiumgehalte in de bodem 1,6 mg Cd per kg grond is, dan zegt deze tabel dat bij een pH van 4,5 de te verwachten cadmiumgehalten in aardappel 0,54 mg Cd per kg (droge stof) is. Dat is een cadmiumgehalte welke boven de gewasnorm ligt (rode vakjes). Het te verwachten cadmiumgehalte in de aardappel is 0,26 mg Cd per kg (droge stof) indien de pH verhoogd wordt via bekalking tot pH 5,5 (groene vakjes).

aardappel	bodemgehalten	pH:	4	pH:	4,5	pH:	5	pH:	5,5	pH:	6	pH:	6,5

MAIS

bodmenghalten:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:
	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
[Cd]: 0,40 mg/kg	0,30	0,21	0,15	0,11	0,08	0,06
[Cd]: 0,80 mg/kg	0,52	0,37	0,26	0,19	0,14	0,10
[Cd]: 1,20 mg/kg	0,71	0,51	0,36	0,26	0,19	0,13
[Cd]: 1,60 mg/kg	0,89	0,63	0,45	0,32	0,23	0,17
[Cd]: 2,00 mg/kg	1,05	0,75	0,54	0,39	0,28	0,20
[Cd]: 2,40 mg/kg	1,22	0,87	0,62	0,45	0,32	0,23
[Cd]: 2,80 mg/kg	1,37	0,98	0,70	0,50	0,36	0,26
[Cd]: 3,20 mg/kg	1,52	1,09	0,78	0,56	0,40	0,29
[Cd]: 3,60 mg/kg	1,67	1,19	0,85	0,61	0,44	0,31
[Cd]: 4,00 mg/kg	1,81	1,30	0,93	0,66	0,47	0,34
[Cd]: 4,40 mg/kg	1,95	1,40	1,00	0,71	0,51	0,37
[Cd]: 4,80 mg/kg	2,09	1,49	1,07	0,76	0,55	0,39

GRAS

bodmenghalten:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:
	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
[Cd]: 0,40 mg/kg	0,36	0,23	0,15	0,10	0,06	0,04
[Cd]: 0,80 mg/kg	0,85	0,54	0,35	0,23	0,15	0,09
[Cd]: 1,20 mg/kg	1,39	0,89	0,57	0,37	0,24	0,15
[Cd]: 1,60 mg/kg	1,97	1,27	0,82	0,52	0,34	0,22
[Cd]: 2,00 mg/kg	2,58	1,66	1,07	0,69	0,44	0,29
[Cd]: 2,40 mg/kg	3,23	2,08	1,34	0,86	0,55	0,36
[Cd]: 2,80 mg/kg	3,90	2,51	1,61	1,04	0,67	0,43
[Cd]: 3,20 mg/kg	4,59	2,95	1,90	1,22	0,79	0,51
[Cd]: 3,60 mg/kg	5,30	3,41	2,19	1,41	0,91	0,58
[Cd]: 4,00 mg/kg	6,02	3,88	2,49	1,61	1,03	0,67
[Cd]: 4,40 mg/kg	6,76	4,35	2,80	1,80	1,16	0,75
[Cd]: 4,80 mg/kg	7,52	4,84	3,12	2,01	1,29	0,83

MAIS

bodmenghalten:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:
	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
[Zn]: 50 mg/kg	357	219	134	82	50	31
[Zn]: 100 mg/kg	584	358	220	135	83	51
[Zn]: 150 mg/kg	779	477	293	180	110	68
[Zn]: 200 mg/kg	955	586	359	220	135	83
[Zn]: 250 mg/kg	1119	686	421	258	158	97
[Zn]: 300 mg/kg	1273	781	479	294	180	110
[Zn]: 350 mg/kg	1421	871	534	328	201	123
[Zn]: 400 mg/kg	1562	958	587	360	221	135
[Zn]: 450 mg/kg	1698	1041	639	392	240	147
[Zn]: 500 mg/kg	1830	1122	688	422	259	159
[Zn]: 550 mg/kg	1958	1201	736	452	277	170
[Zn]: 600 mg/kg	2082	1277	783	480	295	181

GRAS

bodmenghalten:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:
	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
[Zn]: 50 mg/kg	269	174	112	72	47	30
[Zn]: 100 mg/kg	438	283	182	117	76	49
[Zn]: 150 mg/kg	583	376	242	156	101	65
[Zn]: 200 mg/kg	714	460	297	191	123	80
[Zn]: 250 mg/kg	835	539	347	224	144	93
[Zn]: 300 mg/kg	950	612	395	255	164	106
[Zn]: 350 mg/kg	1058	682	440	284	183	118
[Zn]: 400 mg/kg	1163	750	483	312	201	130
[Zn]: 450 mg/kg	1263	814	525	339	218	141
[Zn]: 500 mg/kg	1360	877	566	365	235	152
[Zn]: 550 mg/kg	1455	938	605	390	251	162
[Zn]: 600 mg/kg	1547	997	643	415	267	172

zomergerst	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:	pH:
bodemgehalten	4	4.5	5	5.5	6	6.5						
[Cd]: 0.4 mg/kg	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.26	0.22	0.19	0.16	0.13	0.11
[Cd]: 0.8 mg/kg	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.57	0.48	0.40	0.34	0.29	0.24
[Cd]: 1.2 mg/kg	0.16	0.12	0.09	0.07	0.06	0.04	0.90	0.76	0.64	0.54	0.45	0.38
[Cd]: 1.6 mg/kg	0.21	0.16	0.12	0.10	0.07	0.06	1.24	1.05	0.88	0.75	0.63	0.53
[Cd]: 2 mg/kg	0.25	0.20	0.15	0.12	0.09	0.07	1.60	1.35	1.14	0.96	0.81	0.68
[Cd]: 2.4 mg/kg	0.30	0.23	0.18	0.14	0.11	0.08	1.96	1.66	1.40	1.18	0.99	0.84
[Cd]: 2.8 mg/kg	0.35	0.27	0.21	0.16	0.12	0.10	2.34	1.97	1.66	1.40	1.18	1.00
[Cd]: 3.2 mg/kg	0.40	0.31	0.24	0.18	0.14	0.11	2.72	2.29	1.93	1.63	1.38	1.16
[Cd]: 3.6 mg/kg	0.44	0.34	0.26	0.20	0.16	0.12	3.10	2.62	2.21	1.86	1.57	1.33
[Cd]: 4 mg/kg	0.49	0.38	0.29	0.22	0.17	0.13	3.50	2.95	2.49	2.10	1.77	1.49
[Cd]: 4.4 mg/kg	0.53	0.41	0.32	0.25	0.19	0.15	3.89	3.28	2.77	2.34	1.97	1.66
[Cd]: 4.8 mg/kg	0.58	0.45	0.35	0.27	0.21	0.16	4.30	3.62	3.06	2.58	2.17	1.83
tarwe en zomergerst												
bodemgehalten	4	4.5	5	5.5	6	6.5						
[Zn]: 50 mg/kg	123	106	91	78	67	58						
[Zn]: 100 mg/kg	195	168	145	124	107	92						
[Zn]: 150 mg/kg	256	220	190	163	141	121						
[Zn]: 200 mg/kg	310	267	230	198	170	147						
[Zn]: 250 mg/kg	360	310	267	230	198	170						
[Zn]: 300 mg/kg	407	350	302	260	224	193						
[Zn]: 350 mg/kg	451	389	335	288	248	214						
[Zn]: 400 mg/kg	494	425	366	315	271	234						
[Zn]: 450 mg/kg	534	460	396	341	294	253						
[Zn]: 500 mg/kg	573	494	425	366	315	271						
[Zn]: 550 mg/kg	611	526	453	390	336	289						
[Zn]: 600 mg/kg	648	558	480	413	356	306						

prei	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	waspeen	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH
[Cd]	0.4 mg/kg	0.12	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	[Cd]	0.4 mg/kg	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03
[Cd]	0.8 mg/kg	0.24	0.19	0.14	0.11	0.09	0.07	[Cd]	0.8 mg/kg	0.17	0.13	0.10	0.08	0.06	0.04	0.04
[Cd]	1.2 mg/kg	0.36	0.28	0.22	0.17	0.13	0.10	[Cd]	1.2 mg/kg	0.22	0.16	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06
[Cd]	1.6 mg/kg	0.48	0.37	0.29	0.22	0.17	0.14	[Cd]	1.6 mg/kg	0.25	0.19	0.15	0.11	0.08	0.06	0.06
[Cd]	2 mg/kg	0.60	0.47	0.36	0.28	0.22	0.17	[Cd]	2 mg/kg	0.28	0.22	0.17	0.13	0.10	0.07	0.07
[Cd]	2.4 mg/kg	0.72	0.56	0.43	0.34	0.26	0.20	[Cd]	2.4 mg/kg	0.31	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.08
[Cd]	2.8 mg/kg	0.84	0.65	0.51	0.39	0.31	0.24	[Cd]	2.8 mg/kg	0.34	0.26	0.20	0.15	0.11	0.09	0.09
[Cd]	3.2 mg/kg	0.96	0.75	0.58	0.45	0.35	0.27	[Cd]	3.2 mg/kg	0.37	0.28	0.21	0.16	0.12	0.09	0.09
[Cd]	3.6 mg/kg	1.08	0.84	0.65	0.51	0.39	0.31	[Cd]	3.6 mg/kg	0.39	0.30	0.23	0.17	0.13	0.10	0.10
[Cd]	4 mg/kg	1.20	0.93	0.72	0.56	0.44	0.34	[Cd]	4 mg/kg	0.42	0.32	0.24	0.18	0.14	0.11	0.11
[Cd]	4.4 mg/kg	1.32	1.03	0.80	0.62	0.48	0.37	[Cd]	4.4 mg/kg	0.44	0.33	0.25	0.19	0.15	0.11	0.11
[Cd]	4.8 mg/kg	1.44	1.12	0.87	0.68	0.52	0.41	[Cd]	4.8 mg/kg	0.46	0.35	0.27	0.20	0.15	0.12	0.12

schorseneren	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH
[Cd]	0.4 mg/kg	0.28	0.19	0.14	0.10	0.07	0.05	0.05
[Cd]	0.8 mg/kg	0.38	0.27	0.19	0.13	0.09	0.07	0.07
[Cd]	1.2 mg/kg	0.46	0.32	0.23	0.16	0.11	0.08	0.08
[Cd]	1.6 mg/kg	0.53	0.37	0.26	0.18	0.13	0.09	0.09
[Cd]	2 mg/kg	0.58	0.41	0.29	0.20	0.14	0.10	0.10
[Cd]	2.4 mg/kg	0.64	0.45	0.31	0.22	0.15	0.11	0.11
[Cd]	2.8 mg/kg	0.68	0.48	0.34	0.24	0.17	0.12	0.12
[Cd]	3.2 mg/kg	0.73	0.51	0.36	0.25	0.18	0.12	0.12
[Cd]	3.6 mg/kg	0.77	0.54	0.38	0.27	0.19	0.13	0.13
[Cd]	4 mg/kg	0.81	0.57	0.40	0.28	0.20	0.14	0.14
[Cd]	4.4 mg/kg	0.84	0.59	0.42	0.29	0.20	0.14	0.14
[Cd]	4.8 mg/kg	0.88	0.62	0.43	0.30	0.21	0.15	0.15

Bijlage 4 Overzicht verrichtingen/analysemethoden

Materiaal	Verrichting/onderzoeksmethode	Intern referentie nummer laboratorium	Referentie naar RvA Q= geaccrediteerd
grond	drogen en zeven (2 mm)	X	
grond	Bepaling van gloeiverlies stof (gravimetrische)	E0100	1 Q
grond	Extractie 0.01 M CaCl ₂		
	Bepaling pH	E1206	1 Q
grond	Extractie 0.43 M HNO ₃		
	ICP-AES Zn	E1350	
	ICP-MS Cd, Pb	E1352	
gewas	borstelen, schillen (wortelen+schorseneren)	X	
	drogen 70°C, malen	X	
gewas	drogestofbepaling (vers → 105°C)	E0005	
	vochtbepaling (70°C → 105°C)	E0005	
gewas	destructie HNO ₃ /HF/H ₂ O ₂ (magnetron)		
	bepaling ICP-AES Zn	E1310	1Q
	bepaling ICP-MS Cd, Pb	E1320	

1 Bijlage bij NEN-EN-ISO/IEC 17025 accreditatie-certificaat van Wageningen Universiteit en Researchcentrum ESG, Centrum Bodem, Chem.Bio. Lab. Bodem, Wageningen.