

Advies over het gebruik van korteomloophout voor fytoremediatie

Adviesnummer:	<u>INBO.A.3413</u>
Datum advisering:	18 april 2016
Auteur(s):	Linda Meiresonne
Contact:	Niko Boone (niko.boone@inbo.be)
Kenmerk aanvraag:	Afspraak met OVAM in september 2015
Geadresseerden:	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij Afdeling Doelgroepgericht saneren T.a.v. Nic Van den Heuvel Stationsstraat 110 2800 Mechelen Nic.van.den.heuvel@ovam.be

Aanleiding

In Lommel werd in 2006 4 ha korteomloophout (KOH) geplant op met zware metalen verontreinigde grond. Het doel was om na te gaan of KOH verontreinigde grond kan saneren en of er onderscheid is tussen diverse klonen om dit te realiseren.

Het onderzoek werd uitgevoerd binnen het project 'Benekempen' (2004-2007), een Europees project waaraan België (OVAM) en Nederland deelnamen. Het INBO leverde voor dit project diverse populieren- en wilgenklonen, zowel commerciële als experimentele. Het onderzoek is verdergezet in het IWT-project 'Energiegewassen op landbouwgronden aangerijkt met zware metalen: Onderzoek naar functionaliteit herstel door middel van fytoextractie en/of biomassateelt als volwaardig alternatief voor klassieke landbouw' (2006-2010) met als partners UGent, UHasselt en INBO. Biomassa-analyse laat zien dat de oogst van houtige biomassa zware metalen kan exporteren en dat dit sterk kloonafhankelijk is.

UGent en UHasselt voerden in 2012 een vergelijkende bodemanalyse uit onder drie commerciële populierenklonen. Het resultaat toonde geen eenvormig beeld. Naast lichte dalingen in de bodemconcentratie aan zware metalen werden ook stijgingen waargenomen, waarschijnlijk door bodemaanrijking via het blad (De Moor *et al.*, 2016).

In 2014 werd het korteomloophout een tweede maal geoogst.

Vraag

1. Heeft een tweede oogst van korteomloophout een sanerend effect op de bodem?
2. Is er een onderscheid in sanerend vermogen tussen de verschillende populieren- en wilgenklonen?

Toelichting

1 Inleiding

In de Kempen is een oppervlakte van 700 km² via de lucht diffuus verontreinigd met zware metalen afkomstig van historische industriële activiteiten. Daarvan bevindt zich 280 km² op Vlaams grondgebied. Door de uitgestrekte aard van de verontreiniging is conventionele bodemsanering economisch geen haalbare optie.

In het kader van bovenvermeld project startte in 2006 een proef met korteomloophout. Een proefveld werd ingedeeld in blokken en beplant met gecommmercialiseerde populieren- en wilgenklonen. Elk blok werd beplant met één kloon en van elke kloon werden meerdere blokken aangelegd. Daarnaast werden enkele kleinere blokjes beplant met experimentele klonen uit het INBO-veredelingsonderzoek die reeds in een ver gevorderd selectiestadium zaten.

ECO-CHEM¹ voerde bij de aanleg van de proefsite een systematische bodemanalyse uit naar de cadmium- en zinkconcentratie. De verontreiniging vertoonde een grote variabiliteit over het terrein en bevond zich voornamelijk in de bovenste 30 cm. De gemiddelde concentraties Cd en Zn bedroegen respectievelijk $6,5 \pm 0,8$ en 377 ± 69 mg kg⁻¹ bodem (Van Slycken *et al.*, 2013).

¹ UGent, Laboratorium voor analytische chemie en toegepaste ecochemie, faculteit bio-ingenieurswetenschappen

Populier en wilg zijn snelgroeiende boomsoorten, die als kortetoomloophout kunnen ingezet worden voor de teelt van biomassa. Het zijn bovendien boomsoorten die vlot de zware metalen cadmium en zink uit de bodem opnemen en in hun biomassa opslaan (Mertens *et al.*, 2007). Door de regelmatige oogst worden deze vervuilende metalen via de houtige biomassa aan de bodem onttrokken. Onderzoek op de site in Lommel heeft aangetoond dat door gecommmercialiseerde wilgenklonen tot 72 g Cd en 2 kg Zn per jaar en per hectare aan de bodem kan onttrokken worden en door gecommmercialiseerde populierenklonen tot 89 g Cd en 1,48 kg Zn (Van Slycken *et al.*, 2010; Ruttens *et al.*, 2011; Van Slycken *et al.*, 2013).

Populier en wilg slaan ook hoge concentraties Cd en Zn op in hun bladeren. Indien het hout geoogst wordt met blad er aan, zou dit de metalenverwijdering met 40% kunnen doen toenemen (Van Slycken *et al.*, 2013). Deze eigenschap kan echter ook leiden tot een aanrijking aan metalen in de bovenste grondlaag (Mertens *et al.*, 2007), ook na een eerste oogst van het hout (De Moor *et al.*, 2016). Een deel van de zware metalen uit de diepere bodemlagen wordt via de houtoogst afgevoerd, maar het deel dat werd opgeslagen in de bladeren, komt via bladval in de bovenste bodemlaag terecht.

Op de verontreinigde site in Lommel is in 2014 een tweede oogst gerealiseerd. Om het sanerend effect van herhaalde KOH-oogst na te gaan, is de verandering van de bodemconcentratie van Cd en Zn onderzocht.

2 Werkwijze

Eind 2015 verrichtte het INBO in samenwerking met OVAM een nieuwe bodemstaalcampagne om het effect van de tweede oogst op de bodemverontreiniging te onderzoeken. Het INBO selecteerde de staalnamepunten, een selectie uit deze die ook in 2006 zijn bemonsterd, en vergeleek de analyseresultaten van de twee staalnameperiodes. OVAM stond in voor de staalname en SGS voerde de laboanalyses uit.

2.1 Staalname

Van elke kloon selecteerden we locaties met een goede groei. Omdat elke commerciële kloon in meerdere grote blokken aanwezig is, konden meerdere staalnamepunten aangeduid worden. Bij de populieren gaat het om de commerciële klonen Grimminge, Koster, Muur, Oudenberg en Vesten. Bij de wilgen zijn dat de commerciële klonen Belgisch Rood, Tora en Loden. Er zijn ook vijf experimentele populierenklonen (exp A – E) opgenomen. Omdat deze slechts in kleine blokken voorkomen zonder herhaling, zijn er per kloon drie bodemstalen genomen met 10 m onderlinge afstand. Als resultaat is het gemiddelde van deze drie stalen genomen. Daarnaast zijn ook een reeks punten opgenomen zonder KOH-begroeiing, zoals kopkokers en openingen in het bestand.

Elk staal bestaat uit een mengsel van vijf substalen genomen in een cirkel met een straal van 50 cm rondom het staalnamepunt.

Met een grondboor (\varnothing 13 cm, lengte 25 cm) werden, net zoals bij de vorige staalname in 2006, bodemstalen genomen in de bovenste bodemlaag (0 tot 30 cm).

2.2 Laboanalyse

Voor de analyse werd dezelfde methode gevolgd die in 2006 is toegepast in het laboratorium van ECOCHEM. De stalen werden bij een temperatuur van 80 °C gedroogd tot constante massa en gezeefd op een 1 mm zeef. Voor de pH-H₂O werd 10 g luchtdroge grond vermengd met 50 ml gedemineraliseerd water. Na 18 u werd de pH van het supernatant gemeten met een pH glaselectrode. Voor de bepaling van het totaalgehalte aan Cd en Zn werden de bodemstalen ontsloten met aqua regia (Van Ranst *et al.*, 1999) en geanalyseerd met ICP-OES. Voor een inschatting van de fractie plantbeschikbaar Cd en Zn gebeurde de extractie

met CaCl_2 . Meers *et al.* (2007) toonden een goede correlatie aan tussen de metaalconcentratie in de scheuten en de CaCl_2 extractie van de bodem. Hiertoe werd 10 g droge grond gemengd met 50 ml 0,01 M CaCl_2 , gedurende 2 u geschud en na filteren aangezuurd met enkele druppels HNO_3 . Analyse van de concentratie Cd en Zn werd uitgevoerd met ICP-OES.

3 Resultaten

De analyseresultaten van de staalnamepunten, zowel deze uitgevoerd door SGS in 2015 als deze uitgevoerd door ECOCHEM in 2006, zijn weergegeven in bijlage 1. De resultaten zijn telkens gerangschikt per kloon. Ook de berekende concentratieverschillen (Δ) zijn bijgevoegd. Uit deze tabel leiden we het volgende af:

- Tussen de eerste en de tweede oogst stellen we geen systematische daling van de concentratie totaalgehalten in de bodem vast.
- De in 2015 gemeten concentraties plantbeschikbaar Cd en Zn zijn zeer hoog in vergelijking met 2006 (factor 6 à 7 voor Cd en factor 3 à 4 voor Zn). Op basis van de resultaten van de analyse in 2012 (De Moor *et al.*, 2016) blijken deze stijgingen niet realistisch te zijn, maar wijzen op een bias in de analyse. Deze resultaten worden niet verder in de verwerking gebruikt.
- Alleen voor de wilgenkloon 'Loden' is er een merkbare daling gemeten voor de totaalgehalten van zowel Cd als Zn. Deze dalingen zijn evenwel statistisch niet significant (gepaarde t-test).

Om analyseresultaten van twee periodes met elkaar te vergelijken, worden de analyses bij voorkeur volgens dezelfde methode en door hetzelfde laboratorium uitgevoerd. Daarom werden de bodemstalen genomen onder de wilgenkloon Loden ook nog eens geanalyseerd in het laboratorium van ECOCHEM. Die analyseresultaten (2015*) zijn samen met de berekende concentratieverschillen (Δ^*) toegevoegd aan de tabel in bijlage 1. Wanneer op deze analyses een gepaarde t-test wordt toegepast, blijken de concentratiedalingen wel statistisch significant.

4 Bespreking

- Populier en wilg zijn boomsoorten die grote hoeveelheden zware metalen, zoals Cd en Zn, in hun biomassa kunnen opnemen. Bij regelmatige oogst kan daardoor uit de bodem een netto hoeveelheid zware metalen afgevoerd worden. Voor sanering van de bovenste bodemlagen is deze methode minder geschikt. Via bladval kunnen zware metalen die in de bladbiomassa waren opgenomen, op het bodemoppervlak terecht komen. Zware metalen opgenomen uit diepere grondlagen kunnen zo in de bovenste bodemlaag terecht komen.
- Bepaalde klonen zijn in staat in zulke hoge mate zware metalen in hun hout op te nemen, dat zij bij oogst van het hout toch een daling van de bodemconcentratie in de bovenste bodemlagen realiseren. In dit experiment blijkt de wilgenkloon Loden hier toe in staat. Vroeger onderzoek heeft uitgewezen dat deze kloon een hoge opnamecapaciteit voor zware metalen vertoont (Van Slycken *et al.*, 2013). Ook de wilgenkloon 'Zwarte Driebast', die niet in het onderzoek opgenomen was, heeft een hoog extractiepotentieel. Deze heeft een lagere opnamecapaciteit dan de kloon 'Loden', maar compenseert dat door een hogere biomassa-productie op vervuilde gronden (Van Slycken *et al.*, 2013). Kloonkeuze speelt dus een rol bij sanering van met zware metalen vervuilde gronden met korteomloophout.

- Het extractiepotentieel van korteomloophout met wilgen en populieren zou kunnen verhoogd worden indien, samen met de houtige biomassa, ook het blad verwijderd wordt. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de metalenverwijdering op die manier met 40% kan toenemen (Van Slycken *et al.*, 2013). In combinatie met de wilgenkloon 'Loden' zou dit de saneringscapaciteit aanzienlijk kunnen verhogen. Aangepaste beheertechnieken moeten verder onderzocht worden, zoals het beheer van KOH als hagen of hakhout met snoei terwijl de planten nog in blad staan.
- De biomassa die op deze wijze wordt geoogst, namelijk houtchips met versnipperd blad, heeft een hoger vochtgehalte dan het normaal in de winter geoogst korteomloophout. Om deze nattere biomassa te kunnen inzetten voor bijvoorbeeld energieopwekking, zijn aangepaste verwerkingstechnieken nodig.

Conclusie

1. Een tweede oogst van korteomloophout heeft in het proefperceel niet voor een substantiële daling van de concentraties Cd en Zn in de bovenste bodemlaag (0 – 30 cm) gezorgd. Vermoedelijk is dit te wijten aan het aanrijkend effect van het bladstrooisel.

Wanneer de totale bewortelde bodemlaag in beschouwing genomen wordt, dalen de bodemconcentraties wel, omdat bij elke oogst via het hout netto zware metalen uit het perceel afgevoerd worden.

2. Zowel populieren als wilgen nemen in vrij hoge mate zware metalen op, maar er is een waarneembaar verschil tussen de klonen. Met name de wilgenkloon 'Loden' is in staat om de concentratie Cd en Zn in de bovenste bodemlaag (0 – 30 cm) significant te verlagen, zelfs wanneer het blad niet verwijderd werd, zoals hier het geval was. Ook de wilgenkloon 'Zwarte Driebast', die niet in het onderzoek opgenomen was, heeft een hoog extractiepotentieel. Deze heeft een lagere opnamecapaciteit dan de kloon 'Loden', maar compenseert dat door een hogere biomassaproductie op vervuilde gronden. Voor elke populieren- en wilgenkloon geldt dat het extractiepotentieel kan verhogen door samen met het hout ook het blad te oogsten. Indien de teelttechniek hiervoor op punt gesteld kan worden, kunnen meerdere in het onderzoek gebruikte populieren- en wilgenklonen ingezet worden als zachte saneringstechniek bij diffuus verontreinigde gronden.

Referenties

De Moor, S., Annicaert, B., Van Nevel, L., Michels, E., De Fraeye, M., Annicaert, B., Vangronsveld, J., Tack, F.M.G., Meers, E., 2016. Limitations for practical implementation of phytoremediation on metal polluted soils with poplar short rotation coppice - evidence from a 6 year field trial. Accepted.

Meers, E., Vandecasteele, B., Ruttens, A., Vangronsveld, J., Tack, FMG, 2007. Potential of five willow species (*Salix* spp.) for phytoextraction of heavy metals. *Environ Exp Bot* 60: 57-68.

Mertens, J., Van Nevel, L., De Schrijver, A., Piesschaert, F., Oosterbaan, A., Tack, F.M.G., Verheyen, K., 2007. Tree species effect on the redistribution of soil metals after 33-years of tree growth. *Environmental Pollution*, 149, 2, 173-181.

Ruttens, A., Boulet, J., Weyens, N., Smeets, K., Adriaensen, K., Meers, E., Van Slycken, S., Tack, F., Meiresonne, L., Thewys, T., Witters, N. & Carleer, R. 2011. Short rotation coppice culture of willows and poplars as energy crops on metal contaminated agricultural soils. *International journal of phytoremediation*. 13, 1, 194-207.

Van Ranst, E., Verloo, M., Demeyer, A., Pauwels, J. 1999. *Manual for the Soil Chemistry and Fertility Laboratory-Analytical Methods for Soils and Plants, Equipment, and Management of Consumables*. NUGI 835, Ghent, Belgium, 243 pp.

Van Slycken, S., Meers, E., Tack, F. M. G., Adriaensen, K., Ruttens, A., Vangronsveld, J., Meiresonne, L., Michiels, B., Van Peteghem, P., Witters, N. & Thewys, T. 2010. *Energiegewassen op landbouwgronden aangerijkt met zware metalen: eindverslag*. Universiteit Gent. 97 blz.

Van Slycken, S., Witters, N., Meiresonne, L., Meers, E., Ruttens, A., Van Peteghem, P., Weyens, N., Tack, F. M. G. & Vangronsveld, 2013. Field evaluation of willow under short rotation coppice for phytomanagement of metal-polluted agricultural soils. *International journal of phytoremediation*. 15, 7, 677-689.

Bijlage 1: analyseresultaten van de staalnames in 2015 en 2006

De pH-H₂O en de totale en biobeschikbare concentratie Cd en Zn (mg/kg) in de bovenste bodemlaag (0 – 30 cm) op de site 'Lommel' voor staalnamejaren 2015 (2015 = analyses door SGS, 2015* = analyses door het labo ECOCHEM) en 2006* (analyses door het labo ECOCHEM) en de berekende verschillen Δ (2015 – 2006*) en Δ* (2015* - 2006*) op locaties met en zonder KOH-begroeiing.

locatietype		pH-H ₂ O		Totaal Cd					Totaal Zn					Biobeschikbaar Cd			Biobeschikbaar Zn		
		2015	2006*	2015	2015*	2006*	Δ	Δ*	2015	2015*	2006*	Δ	Δ*	2015	2006*	Δ	2015	2006*	Δ
populier	Grimminge	6,66	7	10		8,9	1,1		540		501	39		4,7	0,3	4,4	110	12	98
		6,6	7,02	11		9,0	2,0		530		451	79		4,8	0,5	4,3	110	18	92
		6,63	6,15	7,9		7,9	0,0		450					3,4	1,2	2,2	86	75	11
	Koster	6,43	6,7	11		4,1	6,9		570		240	330		4,2	0,4	3,8	110	15	95
		6,58	6,79	7,6		6,5	1,1		420		371	49		3,7	0,5	3,2	110	21	89
		6,58	7,11	9		9,2	-0,2		510		524	-14		4	0,3	3,7	95	13	82
		6,46	7	6,6		7,6	-1,0		330		391	-61		3,7	0,5	3,2	100	16	84
	Muur	6,48	6,29	11		8,7	2,3		560					4,1	0,8	3,3	96	38	58
		6,6	6,73	5,9		3,4	2,5		370		222	148		2,7	0,3	2,4	74	13	61
		6,61	7,18	9,8		7,8	2,0		530		418	112		4,1	0,3	3,8	85	10	75
		6,65	7	9,5		9,3	0,2		500		500	0		4,3	0,4	3,9	110	14	96
		6,86		13		4,4	8,6		600		265	335		4	0,5	3,5	68	25	43
		6,28	6,04	3,3		2,5	0,8		190		188	2		1,7			63		
	Oudenberg	6,54	6,43	6,3		11,6	-5,3		360					2,9	0,6	2,3	74	28	46
		6,47	6,58	9,7		9,6	0,1		510		507	3		5,1	0,6	4,5	130	25	105
		6,57	6,74	9,7		6,6	3,1		530		377	153		4,2	0,4	3,8	110	18	92
		6,7	6,44	9,9		9,4	0,5		480		531	-51		3,9	0,6	3,3	90	42	48

locatietype		pH-H ₂ O		Totaal Cd					Totaal Zn					Biobeschikbaar Cd			Biobeschikbaar Zn		
		2015	2006*	2015	2015*	2006*	Δ	Δ *	2015	2015*	2006*	Δ	Δ *	2015	2006*	Δ	2015	2006*	Δ
populier	Vesten	6,5	6,51	9,9		9,6	0,3		550					4,3	0,6	3,8	110	27	83
		6,31	6,28	9,2		5,8	3,4		470		384	86		4,2			130		
		6,45	6,63	8,4		8,9	-0,5		440		499	-59		4	0,5	3,5	96	19	77
		6,48	6,96	10		7,9	2,1		490		360	130		4	0,4	3,6	91	10	81
		6,47	6,75	9,4		7,8	1,6		470		433	37		3,9	0,5	3,4	110	24	86
		6,58	7	9,9		8,7	1,2		500		442	58		5	0,4	4,6	120	15	105
		6,61	6,22	6,8		6,7	0,1		410					3,1	0,7	2,4	90	43	47
	Exp A	6,36	6,64	11,3		9,9	1,4		583					5,7	0,4	5,3	180	23	157
	Exp B	6,29	6,45	5,5		5,3	0,2		313		350	-37		2,8			86		
	Exp C	6,41	6,65	8,6		5,6	3,0		450		380	70		3,8			110		
	Exp D	6,38	6,54	6,5		3,6	2,9		383		272	111		2,3			75		
Exp E	7,08	6,43	4,5		4,6	0,0		240					1,2	0,2	1,0	14	13	1	
wilg	Belgisch Rood	6,48	5,89	5,5		5,0	0,5		300				2,5	1,0	1,5	64	52	12	
	Tora	6,3	6,34	7,4		5,6	1,8		360		345	15		3,9			120		
		6,23	5,82	8,5		5,9	2,6		420		388	32		4,6			140		

locatietype		pH-H ₂ O		Totaal Cd					Totaal Zn					Biobeschikbaar Cd			Biobeschikbaar Zn		
		2015	2006*	2015	2015*	2006*	Δ	Δ *	2015	2015*	2006*	Δ	Δ *	2015	2006*	Δ	2015	2006*	Δ
wilg	Loden	6,44	6,33	9,4	8,26	9,7	-0,3	-1,4	440					4,2	0,5	3,7	93	22	71
		6,52	5,57	9,4	8,67	7,9	1,5	0,8	510	460	526	-16	-66	4,2			110		
		6,51		12	10,1	11,5	0,5	-1,3	730	684	733	-3	-48	4,8	0,3	4,5	180	25	155
		6,38		5,3	4,86	6,6	-1,3	-1,7	330	301	368	-38	-67	2,6	0,6	2,0	94	33	61
		6,37		12	9,59	11,1	0,9	-1,5	710	632	728	-18	-96	3,6	0,3	3,3	170	19	151
		6,62		7,7	7,09	7,4	0,3	-0,3	440	406	446	-6	-40	3	0,3	2,7	71	13	58
		6,61		6,2	5,81	9,1	-2,9	-3,3	340	311	455	115	144	3	0,6	2,4	58	24	34
6,37	5,61	6,4	5,71	7,2	-0,8	-1,5	350						2,9	1,0	1,9	82	62	20	
geen begroeiing	kopakker	6,39	6,1	7,2		8,3	-1,1		380					3,4	0,7	2,7	110	44	66
		6,46	6,2	8,7		8,5	0,2		430					4,2	0,8	3,5	100	44	56
		6,36	6,11	8,4		10,0	-1,6		400					4,2	0,9	3,3	130	49	81
		6,68	6,4	8,9		9,1	-0,2		450					3,5	0,7	2,8	91	35	56
		6,52	6,57	8,1		5,1	3,0		410		347	63		3,2			71		
	bestandsopening	6,54	6,39	10		7,9	2,1		560					3,4	0,4	3,0	93	22	71
		6,61	6,2	11		9,7	1,3		510					4,8	0,9	3,9	100	51	49
		6,45	5,88	5,7		6,5	-0,8		320					2,4	0,9	1,5	69	54	15
		6,36	6,06	4,6		3,3	1,3		260					2,1	0,4	1,7	73	22	51
		6,61	5,75	14		10,5	3,5		730		645	85		5,5			130		
		6,28	6,7	8,4		7,7	0,7		430		413	17		3,9	0,5	3,4	110	17	93
		6,19	6,55	8,6		5,5	3,1		470		318	152		4	0,6	3,4	130	27	103
		6,58	7,01	9,5		6,9	2,6		460		374	86		4,4	0,3	4,1	97	12	85
		6,63	7,17	10		9,1	0,9		590		536	54		4,4	0,3	4,1	120	10	110
6,54		5,6		5,1	0,5		350		295	55		3,1	0,5	2,6	95	26	69		