

Immobiliseren fosfaat met ijzerslib

fosfaat vastleggen
ijzerslib
natuurontwikkeling
landbouwgrond

Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden

Bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden is een hoge beschikbaarheid van fosfaat vaak een probleem wanneer een soortenrijke vegetatie wordt nagestreefd. Afgraven van de bouwvoor is niet altijd mogelijk, soms ongewenst of te kostbaar, en verwijderen van fosfaat via uitmijnen kan lang duren. Vastleggen van fosfaat verlaagt de beschikbaarheid ervan, en kan mogelijk een oplossing bieden. In een laboratoriumproef is nagegaan welke invloed het mengen van ijzerslib door de bodem heeft op de beschikbaarheid van fosfaat.

Natuurontwikkeling vindt voornamelijk plaats op voormalige landbouwgronden. De beschikbaarheid van fosfaat (P) in deze gronden is vaak sterk verhoogd doordat in het verleden langdurig meer P werd toegediend dan afgevoerd met het gewas. Een te hoge beschikbaarheid van P in de bodem kan leiden tot een lage rijkdom aan plantensoorten en ontwikkeling van ongewenste ruigtesoorten (Wassen *et al.*, 2005; Lamers *et al.*, 2009). Voormalige landbouwgronden zijn daarom vaak ongeschikt voor realisering van nieuwe natuur met een lage biomassa-productie en een grote rijkdom aan plantensoorten. Daarvoor moet eerst de beschikbaarheid van P in dergelijke gronden worden verlaagd tot een plantencologisch gezien kansrijker niveau. De meest gangbare maatregelen om het probleem van een hoge fosfaatbeschikbaarheid op te lossen, zoals afgraven en uitmijnen, hebben echter nadelen (Kardol *et al.*, 2009; Purmer, 2009; Chardon *et al.*, 2009). Afgraven van de bouwvoor (bovenste 25 tot 40 centimeter) is ingrijpend en biedt soms geen duurzame oplossing, omdat het bodemleven en een eventueel nog aanwezige zaadbank vaak volledig worden verwijderd. Afgraven is kostbaar, verstoort het microreliëf en mogelijke cultuurhistorische waarden, het is niet per se effectief doordat de ondergrond veel P kan bevatten, en hergebruik van de afgegraven grond is niet altijd mogelijk. Uitmijnen – het maaien of oogsten en afvoeren van biomassa met toediening van stikstof

(de teelt van klaver) en/of kalium om de productiviteit op peil te houden (Koopmans *et al.*, 2004) – werkt niet in iedere situatie, omdat het onmogelijk is om een zeer hoge P-beschikbaarheid binnen een redelijke termijn (15-20 jaar) voldoende te verlagen (Chardon, 2009).

Het verlagen van de P-beschikbaarheid in de bodem door het bijmengen van ijzer- of aluminiumhoudende materialen is mogelijk kosteneffectiever en duurzamer (Smolders *et al.*, 2001; Gilbert *et al.*, 2003; O'Connor *et al.*, 2005). Recentelijk is onderzocht of ijzerslib door de P-rijke bovenlaag van de bodem kan worden gemengd (Chardon *et al.*, 2014). Ijzerslib bevat veel ijzeroxide met een grote capaciteit om P te binden (Koopmans *et al.*, 2010). Het slib komt vrij als restproduct tijdens ontijzering van anaeroob grondwater voor de productie van drinkwater. In Nederland wordt circa 60% van het drinkwater geproduceerd uit grondwater; hierbij ontstaat een forse, doorlopende reststroom van ijzerslib (Koopmans *et al.*, 2010). Voor een deel wordt deze al gebruikt voor het wegvangen van H₂S bij de biogasproductie. Hergebruik voor natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden zou een nieuwe interessante toepassing zijn voor drinkwaterbedrijven. Mengen van ijzerslib door de bovenlaag van een bodem is minder ingrijpend dan afgraven, maar eventuele neveneffecten op de vegetatie en bodem(micro)fauna zijn nog onbekend. IJzer komt van nature voor in de bodem in

WIM CHARDON,
BERT-JAN
GROENENBERG &
GERWIN KOOPMANS

Dr. Ir. W.J. Chardon
Alterra, team Duurzaam
Bodemgebruik,
Droevendaalsesteeg 4,
6708 PB Wageningen
wim.chardon@wur.nl
Dr. Ir. J.E. Groenenberg
Alterra, team Duurzaam
Bodemgebruik
Dr. Ing. G.F. Koopmans
Wageningen Universiteit,
afdeling Soil Quality.

Foto **Jerry van Dijk** jer-
ryvandijk.com. Kromme
Rijnstreek



Foto Jerry van Dijk
jerryvandijk.com.
Rhijnduinen.

de vorm van ijzeroxiden en hoopt zich vaak op bij anaerobe kwel (Smolders *et al.*, 2008). Ijzerslib is gevormd uit hetzelfde ijzer als in dit kwelwater. Andere bodemkwaliteitsparameters zoals organische stof zullen naar verwachting niet of beperkt worden beïnvloed. Ijzerslib is een schoon restproduct: het bevat slechts kleine hoeveelheden zware metalen zoals arseen, cadmium, koper, nikkel, lood en zink. De gehalten daarvan liggen rond de achtergrondgehalten in de bovenste 10 centimeter van de Nederlandse bodem en door de grote bindingscapaciteit van de ijzeroxiden in het slib komen deze metalen nauwelijks vrij (Koopmans *et al.*, 2010). Mengen van ijzerslib door de fosfaatrijke bovenlaag van voormalige landbouwgronden maakt het naar verwachting mogelijk op korte termijn de P-beschikbaarheid duurzaam te verlagen, de soortenrijkdom van planten te verhogen, en het risico op fosfaattuitspoeling te verkleinen (Carpenter, 2005).

Omdat er nog geen praktijkervaring mee is, heeft Alterra op laboratoriumschaal onderzocht hoe ijzerslib het beste aan de bodem kan worden toegediend en welke invloed dit heeft op de beschikbaarheid van P, gemeten volgens verschillende methoden. Het doel was vast te stellen welke slibdosering nodig is om een niveau van P-beschikbaarheid in de bodem te realiseren dat vanuit planteneologisch oogpunt gewenst is. Deze is onder andere afhankelijk van de mate van fosfaatverzadiging van de bodem, uitgedrukt in de fosfaatverzadigingsindex of PSI: $P/(Fe+Al)$, gemeten in een bodemextract met zure ammoniumoxalaat (Schwertmann, 1964). Hierbij worden amorfe Fe- en Al-hydroxiden met het daaraan gebonden P in oplossing gebracht. Bij een hoge waarde van de PSI is P beter beschikbaar dan bij een lage waarde.

Aanpak

In juni 2012 werden grondmonsters genomen op de plek waar de Hunze in het Zuidlaardermeer (Drenthe) uitmondt. Hier wordt het herinrichtingsproject Tussenwater uitgevoerd dat de huidige sterk gekanaliseerde uitmonding wil omvormen, zodat (1) de Hunze weer kan meanderen; (2) de natuurwaarde verhoogd wordt; (3) 's winters waterberging kan plaatsvinden, en (4) meer water infiltreert voor de grondwaterwinning ter plaatse. Omdat de huidige P-beschikbaarheid te groot is, wordt op een groot deel van het terrein de bouwvoor afgegraven. Vanwege de hoge kosten en de landschappelijke waarden van daar voorkomende rivierduinen en veengrond gebeurt dat echter niet overal. Op de niet-afgegraven gronden zou P kunnen worden vastgelegd met behulp van ijzerslib.

Voor deze studie zijn monsters van zandgrond gebruikt, genomen op twee plekken uit de laag van 0-30 cm. De uitgangssituatie voor natuurontwikkeling van

deze twee grondmonsters kan op basis van de actuele P-beschikbaarheid, gemeten als water-extraheerbaar P (Pw), worden geclassificeerd als ‘ongunstig’ ($Pw > 20$), maar op basis van de PSI als ‘redelijk’ ($0,10 < PSI < 0,25$, Van Delft *et al.*, 2006). De Pw geeft het perspectief op korte termijn, en de PSI op langere termijn. Tabel 1 toont een aantal gegevens van beide grondmonsters, de grenswaarden van de in deze studie gebruikte analysemethoden staan in tabel 2. Het gehalte aan organische stof van de grondmonsters is vermoedelijk relatief hoog omdat de monsters afkomstig zijn uit de bovenlaag van permanent grasland, waar wortel- en grasresten bijdragen aan ophoping van organisch materiaal. De lage dichtheid van de monsters ($0,96$ en $1,18 \text{ g cm}^3$) duidt daarop. Op basis van de uitgang-PSI en totaal-P, -Fe en -Al in het ijzerslib, is berekend hoeveel slib moest worden toegediend om de PSI van de grondmonsters te verlagen tot de streefwaarde van $0,1$. Het slib had een ijzergehalte van 30% en een drogestofgehalte van 28%. Grondslimbengsels werden in achtvoud geïncubeerd bij een vochtgehalte op veldcapaciteit. Na 3, 9, 45 of 90 dagen werden twee monsters gedroogd bij 40°C , gezeefd over 2 mm, en geanalyseerd op pH, PSI en P-beschikbaarheid via extracties met $0,01 \text{ M CaCl}_2$ (P-CaCl₂), water (Pw) of bicarbonaat (P-Olsen). Geëxtraheerd P neemt toe in de volgorde $P\text{-CaCl}_2 < Pw < P\text{-Olsen}$. P-CaCl₂ en Pw geven een indicatie van P dat direct beschikbaar is voor plantopname, P-Olsen meer van de P-voorraad die op langere termijn beschikbaar kan komen.

Resultaten

Tabel 3 toont analysesresultaten van beide grondmonsters na 90 dagen: pH, P-beschikbaarheid volgens de drie methoden en de afname door het ijzerslib. P-CaCl₂, met de laagste beginwaarde (in mg P kg^{-1}) neemt het sterkst af (gemiddeld 88%), terwijl P-Olsen met de hoog-

Tabel 1

Monster	Dichtheid g cm^{-3}	Pw $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$	Fe-ox mg kg^{-1}	Al-ox mg kg^{-1}	P-ox mg kg^{-1}	PSI --	Vocht %
1	0,96	28	3267	1217	610	0,19	16,4
2	1,18	60	770	1410	483	0,24	6,5

Tabel 2

Methode	eenheid	zeer laag	laag	optimaal	hoog	zeer hoog	referentie
P-CaCl ₂	mg P kg^{-1}	< 2,2	2,2 – 3,2	> 3,2			BLGG AgroXpertus
Pw	$\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$	< 11	11 – 20	21 – 32	33 – 64	> 64	Tunney <i>et al.</i> , 1997, (NL)
P-Olsen	mg P kg^{-1}	< 10	10 – 15	16 – 25	26 – 45	> 45	idem (UK)

Tabel 3

Grond	Tijd	pH	P-CaCl ₂ mg kg^{-1}	afn. %	Pw $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$	mg kg^{-1}	afn. %	P-Olsen mg kg^{-1}	$\mu\text{mol L}^{-1}$	afn. %
1	0	5,6	1,3		28	12,8		61	1889	
1	90	6,9	0,2	84	7	3,4	73	41	1270	32
2	0	4,5	3,0		60	22,3		107	4073	
2	90	6,8	0,3	91	12	4,2	79	54	2055	50

Tabel 1 analysesresultaten voor Pw en PSI van grondmonsters uit gebied Tusschenwater. $PSI = (P/(Fe+Al))\text{-ox}$, molaire verhouding; voor berekening moeten gehalten worden omgerekend in mmol/kg

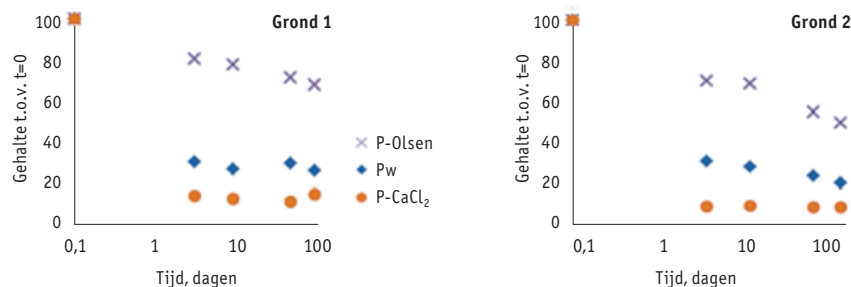
Tabel 1 Pw and PSI of soil samples from Tusschenwater area. $PSI = (P/(Fe+Al))\text{-ox}$, molar ratio; for calculations concentrations should be converted to mmol/kg

Tabel 2 grenswaarden van de drie gebruikte analysemethoden

Table 2 limits of the three used analysis methods

Tabel 3 analysesresultaten voor pH en P-beschikbaarheid van de grondmonsters bij aanvang en na toedienen van ijzerslib gevolgd door 90 dagen incubatie, met %-afname van de beschikbaarheid. Omrekeningen Pw en P-Olsen m.b.v. dichtheid grondmonsters uit tabel 1.

Table 3 pH and P availability of soil samples, initial values and after adding iron sludge followed by 90 days of incubation, with % reduction of availability. Pw and P-Olsen conversions using density of soil samples from table 1.



Figuur 1 afname van beschikbaarheid van bodemfosfaat, gemeten als P-CaCl₂, Pw en P-Olsen gedurende 90 dagen na toedienen van ijzerslib.

Figure 1 decrease of P availability in soils, measured as P-CaCl₂, Pw and P-Olsen, during 90 days after application of iron sludge.

ste beginwaarde het minst afneemt (gemiddeld 41%); de Pw ligt er zowel bij de beginwaarde als bij de afname tussenin.

Toevoegen van ijzerslib verhoogt de pH van beide grondmonsters, van resp. 5,6 naar 6,9 en van 4,5 naar 6,8 (tabel 3). De eind-pH ligt dicht bij de pH-CaCl₂ van ijzerslib van 7,6. Die pH wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het hoge kalkgehalte in het hier gebruikte ijzerslib (20%), afkomstig van marmerkorrels in het filterbed (Koopmans *et al.*, 2010).

Figuur 1 geeft de relatieve afname in de loop van de 90 dagen van de drie analysemethoden voor beschikbaar P. Afname van P-CaCl₂ en Pw verloopt snel: al na 3 dagen is de grootste afname bereikt. Bij grond 1 ontstaat voor beide methoden een evenwicht, bij grond 2 blijft Pw verder afnemen. P-Olsen verschilt van P-CaCl₂ en Pw en blijft afnemen na 90 dagen. De grond heeft daarvoor nog geen evenwicht bereikt.

Discussie

Mengen van ijzerslib door een bodem kan de P-beschikbaarheid in de bodem sterk reduceren. Dit is het duidelijkst zichtbaar bij analysemethoden waarmee direct beschikbaar P wordt gemeten (P-CaCl₂ en Pw (tabel 3)). Na drie dagen incuberen worden voor deze methoden al waarden bereikt die – landbouwkundig – als zeer laag

worden geclassificeerd (zie tabel 2), en daarmee een goede uitgangspositie bieden voor natuurontwikkeling met plantensoorten die kenmerkend zijn voor voedselarme omstandigheden (Sival & Chardon, 2002). P-Olsen neemt minder sterk af, maar de afname gaat ook na 90 dagen door. De aan het eind van de incubatieproef bereikte waarden voor P-Olsen worden geclassificeerd als zeer hoog. Voor P-Olsen wordt door onder meer Lamers *et al.* (2009) een grenswaarde genoemd voor soortenrijke vegetatie van 300 μmol l⁻¹; de hier gevonden waarden van respectievelijk 1270 en 2055 μmol l⁻¹ liggen daar ver boven (tabel 3). Nader (veld)onderzoek moet uitwijzen hoe P-Olsen zich verder in de tijd ontwikkelt en welke analysemethode uiteindelijk het beste de fosfaatbeschikbaarheid karakteriseert na P-immobilisatie (Chardon *et al.*, 2014).

Voor vastlegging van bodemfosfaat op terreinen die later geregeld lang onder water zullen staan is ijzerslib mogelijk minder geschikt. Vernatten kan zuurstofarme omstandigheden veroorzaken, waardoor ijzeroxiden uit het slib kunnen worden gereduceerd door afbraak van organische stof; hierdoor zou vastgelegd P kunnen vrijkomen (Loeb *et al.*, 2008). Nader onderzoek moet uitwijzen hoe groot dit risico is.

Door het gebruikte ijzerslib wordt de pH van beide grondmonsters verhoogd tot een neutrale waarde (6,8-6,9). Nagegaan moet worden of dit bij veldtoepassing ecologische consequenties heeft. Daarnaast moeten andere aspecten worden onderzocht, zoals hoe ijzerslib het beste kan worden verspreid en door de bodem gemengd, en welke invloed ijzerslib heeft op bodembiota.

Toepassing van ijzerslib wordt getest in veldproeven en verdiepend laboratoriumonderzoek door KWR, Alterra en B-WARE. Financiers zijn de Waterleidingbedrijven Brabant Water NV, Waterbedrijf Groningen en Vitens.



Foto Barend Hazeleger
bvbeeld.nl

Summary

Immobilization of phosphorus with iron sludge for nature development on former agricultural land

Wim Chardon, Bert-jan Groenberg & Gerwin Koopmans

phosphorus, immobilization, iron sludge, nature development, former agricultural land

When converting agricultural land into nature, a high soil P availability reduces the chance of a species rich vegetation. Soil P immobilization could solve this. In the lab iron sludge was tested for this purpose. We incubated two sludge/soil mixtures, and followed P availability during 90 days. The P availability decrease de-

pended on analytical method used: $P\text{-CaCl}_2$ (~88%) > P_w > P-Olsen (~41%). The iron sludge used had a high percentage of CaCO_3 , and soil pH increased during incubation to values close to sludge pH. Ecological effects of P immobilization and pH increase will be studied in the field.

Literatuur

BLGG AgroXpertus. <http://blgg.agroxpertus.nl/product/bemesting/bemestingswijzer-grasland/voorbeeld>

Carpenter, S.R., 2005. Eutrophication of aquatic ecosystems: Bistability and soil phosphorus. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 102:1002-1005.

- Chardon, W.J., 2009.** Mogelijkheden voor immobiliseren van bodemfosfaat in het kader van natuurontwikkeling. Rapport 1870, Alterra Wageningen.
- Chardon, W.J., J.E. Groenberg & G.F. Koopmans, 2014.** Gebruik van ijzerslib voor het ontwikkelen van nieuwe natuur. Verslag laboratoriumonderzoek. Rapport 2414, Alterra Wageningen.
- Chardon, W.J., F.P. Sival, R.H. Kemmers, S.P.J. van Delft & G.F. Koopmans, 2009.** Is het mogelijk om met uitmijnen in plaats van ontgronden voldoende fosfaat kwijt te raken? *De Levende Natuur* 110: 39-42.
- Delft, S.P.J. van, W.J.M. de Groot & W.J. Chardon, 2006.** Bemonstering landbouwgronden en bepaling van de beschikbaarheid van fosfaat in verband met voorgenomen natuurontwikkeling. Karakterisering van 7 terreinen in de provincie Limburg. Rapport 1332, Wageningen. Alterra.
- Gilbert, J.C., D.J.G. Gowing & P. Loveland, 2003.** Chemical amelioration of high phosphorus availability in soil to aid the restoration of species-rich grassland. *Ecological Engineering* 19:297-304.
- Kardol, P., A. van der Wal, T.M. Bezemer, W. de Boer & W.H. van der Putten, 2009.** Ontgronden en bodembeestjes: geen gelukkige combinatie. *De Levende Natuur* 110:57-61.
- Koopmans, G.F., W.J. Chardon, P.A.I. Ehlert, J. Dolfing, R.A.A. Suurs, O. Oenema & W.H. van Riemsdijk, 2004.** Phosphorus availability for plant uptake in a phosphorus-enriched non calcareous sandy soil. *J. Environ. Qual.* 33:965-975.
- Koopmans, G.F., W.J. Chardon & J.E. Groenberg, 2010.** Karakterisatie van ijzerslib en -zand. Rapport 2047, Alterra Wageningen.
- Lamers, L.P.M., E.C.H.E.T. Lucassen, H.B.M. Tomassen, A.J.P. Smolders & J.G.M. Roelofs, 2009.** 'Verpitrussing' bij natuurontwikkeling: voorkomen is beter dan genezen. *De Levende Natuur* 110: 43-46.
- Loeb, R., L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2008.** Prediction of phosphorus mobilisation in inundated floodplain soils. *Environmental Pollution* 156:325-331.
- O'Connor, G.A., S. Brinton, & M.L. Silveira, 2005.** Evaluation and selection of soil amendments for field testing to reduce P losses. *Soil Crop Science Society Florida Proceedings* 64:22-34.
- Purmer, D.M., 2009.** Ontgroningen en cultuurhistorie: knelpunt of kans? *De Levende Natuur* 110:54-56.
- Schwertmann, U., 1964.** Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch photochemische Extraktion mit saurer Ammoniumoxalat-Lösung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde* 105:194-202.
- Sival, F.P. & W.J. Chardon, 2002.** Natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden in relatie tot de beschikbaarheid van fosfaat. Rapport SV 511. Gouda. SKB.
- Smolders, A.J.P., L.P.M. Lamers, M. Moonen, K. Zwaga & J.G.M. Roelofs, 2001.** Controlling phosphate release from phosphate-enriched sediments by adding various iron compounds. *Biogeochemistry* 54:219-228.
- Smolders, A.J.P., E.C.H.E.T. Lucassen, M. van der Aalst, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2008.** Decreasing the abundance of *Juncus effusus* on former agricultural lands with non-calcareous sandy soils: possible effects of liming and soil removal. *Restoration Ecology* 16:240-248.
- Tunney, H., A. Breeuwisma, P.J.A. Withers & P.A.I. Ehlert, 1997.** Phosphorus fertilizer strategies: present and future. In: H. Tunney, O.T. Carton, P.C. Brookes and A.E. Johnston (eds.). *Phosphorus loss from soil to water*. Wallingford UK. CAB International: 177-203.
- Wassen, M.J., H. Olde Venterink, E.D. Lapshina, & F. Tanneberger, 2005.** Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* 437: 547-550.