

PLII, KAADMIUMI JA ELAVHÕBEDA LEOSTUMINE

H. Kärblane, L. Kevvai, J. Kanger

Mullas leidub alati raskmetalle, sealhulgas ka pliid (Pb), kaadmiumi (Cd) ja elavhõbedat (Hg), mille sisaldus mullas on dünaamiline suurus. Neid satub mulda ühel või teisel viisil, kusjuures leiab aset ka pidev eemaldumine. Üheks raskmetallide eemaldumise viisiks on leostumine, mille ulatus sõltub paljudest teguritest, nagu sisaldusest mullas, mulla lõimisest ja reaktsioonist, aga ka mullast läbi nõrgunud vee hulgest, taimestikust ja väetamisest.

Raskmetallide leostumise ulatus mõjutab nii nende bilanssi mullas kui ka põhjavee kvaliteeti.

Selgitamaks Pb, Cd ja Hg leostumise ulatust ja seda mõjutavaid tegureid, korraldati Eesti Maaviljeluse Instituudi (EMVI) agroökoloogia sektoris Eesti Teadusfondi rahalisel toetusel rida katseid.

Katsete metoodika

Nimetatud uurimistöös raames tehti kolm lüsimeterkatset. Laboratoorses läbiuhtumiskatses, kus selgitati mulla raskmetallide sisaldus ja lõimise mõju raskmetallide leostumise ulatusele, täideti 30 cm pikkused ja 4,2 cm läbimõõduga plastmasstorud 25 cm ulatuses kas kvartsliaa või kahe erineva mullaga. Üks muld oli leetmulla huumushorisont, mille lõimiseks liiv (pH_{KCl} 4,5 ja huumust 0,5 %), ja teine rähkse liivsavimulla huumushorisont (pH_{KCl} 7,1 ja huumust 3,2 %). Iga mullaga täideti 6 toru. Nendest kolmele raskmetalle täiendavalt ei lisatud, kolmele aga pandi igasse torusse 50 mg Pb, 1 mg Cd ja 0,6 mg Hg. Niisutatud muldi lasti 2 päeva seista, mille järel hakati torudesse 25 ml portsjonite kaupa lisama destilleeritud vett seni, kui kogunes 420 ml filtraati. Mullast läbi nõrgunud vees (filtraadis) määrati Pb-, Cd- ja Hg-sisaldus.

Vegetatsioon-lüsimeterkatsetes, kus uuriti taimestiku mõju raskmetallide leostumisele, kasutati 20 kg mulda mahutavaid tsinkplekist nõusid, mille põhjas oli auk, kust mullast läbi nõrguv vesi voolas kogujaklaasi. Nõude kõrgus oli 62 cm ja mulla pind nõus 700 cm². Nõud täideti rähkse liivsavimullaga horisontide kaupa, kusjuures horisontide järjestus nõus vastas nende järjestusele looduses. Kokku oli katses 18 silinderlüsimeterit. 6 silindrit jäeti taimekatseta, 6 nõus kasvatati otra ja 6 nõus kõrrelisi heintaimi. Kõigisse (ka taimedeta) nõudesse viidi vegetatsiooniperioodil (mai...oktoober) võrdne kogus vett (632 mm sademetele vastav veekogus). Ligi pool veest nõrgus mullast läbi lüsimetri kogujaklaasidesse, milles määrati raskmetallide sisaldus.

Lehterlüsimeterid paiknesid EMVI Antsla katsejaama pikaajaliste väetuskatsete erinevalt väetatud katselappidel. Lüsimetri filtri pind asus 60 cm sügavusel. Lüsimeteritest võetud vees määrati Pb-, Cd- ja Hg-sisaldus.

Katsete tulemused ja nende arutelu

Laboratoorsete lüsimeterkatsete tulemustest (tabel 1) selgub, et saastamata kvartsliaavast (kg liiva sisaldas 2,01 mg Pb, 0,03 mg Cd ja 0,009 mg Hg) läbi nõrgunud vees oli raskmetalle väga vähe. Märksa rohkem leostus raskmetalle aga katsevariantis, kus liivaga oli eelnevalt segatud raskmetalle. Et kvartsliaa seob raskmetalle vähe, siis uhuti 25 cm tusedusest liivakihist 300 mm-le sademetele vastava veekogusega välja lisatud raskmetallidest küllaltki suur osa: Pb – 81,5, Cd – 92,4 ja Hg – 84,0 %.

Et ka katses olnud leetmulla huumushorisondis oli suhteliselt vähe raskmetalle (kilogrammis mullas 3,08 mg Pb, 0,05 mg Cd ja 0,015 mg Hg), siis oli ka sellest mullast läbi nõrgunud vees neid napilt. Kuid nende hulk oli seal suurem kui kvartsliaavast läbi nõrgunud vees.

Märksa rohkem oli raskmetalle rähkses liivsavimullas: kilogrammis mullas 11,5 mg Pb, 0,17 mg Cd ja 0,036 mg Hg. Kuid vaatamata sellele, et rähkne liivsavimuld oli leetunud liivast raskmetallide rikkam, ei olnud sellest mullast läbi nõrgunud vees Pb ja Hg mitte rohkem, kui neid oli teisena nimetatud mullast läbi nõrgunud vees. Järelikult on Pb ja Hg rähksest liivsavimullast raskemini väljapestavad kui leetunud liivast. Ainult Cd kui nõrgemini fikseeritud elementi uhuti ka rähksest liivsavimullast rohkesti välja.

Katsevariantis, kus rähkmesse liivsavimulda oli enne läbipesemist lisatud täiendavalt Pb, Cd ja Hg, leostus neid märksa vähem kui saastatud happelisest liivmullast. Põhjuseks on, et karbonaatmuldades fikseeritakse Hg, Cd kui ka Pb märksa enam kui happelise reaktsiooniga muldades. Seda kinnitavad nii meie varasemad uurimused (Kärblane, Kevvai, 1993a, 1993b, 1993c) kui ka Schefferi, Schachtschabeli (1982) ja Kabata-Pendiase (1989) andmed.

Tabel 1. Raskmetallide leostumine laboratoorses lüsimeterkatses / *The leaching of heavy metals in the laboratory lysimeter test*

Liiv või muld <i>Sand or soil</i>	Variant* <i>Treatment*</i>	Näitajad <i>Item</i>	Pb	Cd	Hg
Kvartsiiv <i>Quartz sand</i>	0	Sisaldus, µg/l <i>Content, µg/l</i>	2	0,6	0,2
		Sisalduse erinevus, µg/l <i>Difference of content, µg/l</i>			
	RM	Sisaldus, µg/l <i>Content, µg/l</i>	99	2,8	1,4
		Sisalduse erinevus, µg/l <i>Difference of content, µg/l</i>	97	2,2	1,2
		Leostus antust, % <i>Leaching from applied, %</i>	81,5	92,4	84,0
Leedemuld <i>Sandy podzol</i>	0	Sisaldus, µg/l <i>Content, µg/l</i>	6,9	0,7	0,5
		Sisalduse erinevus, µg/l <i>Difference of content, µg/l</i>			
	RM	Sisaldus, µg/l <i>Content, µg/l</i>	76,0	1,9	1,4
		Sisalduse erinevus, µg/l <i>Difference of content, µg/l</i>	69,1	1,2	0,9
		Leostus antust, % <i>Leaching from applied, %</i>	58,0	50,4	63,0
Rähkne saviliivmuld <i>Pebble loamy rendzina</i>	0	Sisaldus, µg/l <i>Content, µg/l</i>	4,8	2,5	0,3
		Sisalduse erinevus, µg/l <i>Difference of content, µg/l</i>			
	RM	Sisaldus, µg/l <i>Content, µg/l</i>	67,0	2,8	0,5
		Sisalduse erinevus, µg/l <i>Difference of content, µg/l</i>	62,2	0,4	0,2
		Leostus antust, % <i>Leaching from applied, %</i>	52,2	16,8	14,0

* 0 – liiv või muld, kuhu raskmetalle ei lisatud / *sand and or soil without the addition of heavy metals*

RM – liiv või muld, kuhu lisati raskmetalle / *sand or soil with the addition of heavy metals*

Et esimese katsemulla lõimiseks oli liiv, teisel aga liivsavi, siis lõimise erinevuse tõttu fikseerus liivsavi-mullas raskmetalle enam kui liivmullas. Raskema lõimisega muldade suuremat raskmetallide sidumisvõimet tõestavad ka teiste uurijate (Sticher, 1980; Kabata-Pendias, 1989) katsete tulemused. Mida tugevamini üks või teine raskmetall mullas fikseerub, seda vähem seda leostub.

Tabel 2. Taimestiku ja väetamise mõju Pb, Cd ja Hg leostumisele / *The dependence of leaching of Pb, Cd and Hg on vegetation and fertilization*

Taimestik <i>Vegetation in the lysimeter</i>	Väetusvariant <i>Treatment</i>	Mullast läbi nõrgunud vesi <i>The amount of water soaked through the soil, mm</i>	Pb		Cd		Hg	
			filtraadis <i>in the filtrate, µg/l</i>	leostus <i>leaching, g/ha</i>	filtraadis <i>in the filtrate, µg/l</i>	leostus <i>leaching, g/ha</i>	filtraadis <i>in the filtrate, µg/l</i>	leostus <i>leaching, g/ha</i>
Taimkatteta <i>Without vegetation</i>	Väetamata <i>Non-fertilized</i>	300	4,5	13,5	0,28	0,8	0,20	0,06
	NPK	312	5,0	15,6	0,29	0,9	0,19	0,06
Oder <i>Barley</i>	Väetamata <i>Non-fertilized</i>	259	3,7	9,6	0,29	0,8	0,09	0,02
	NPK	248	4,1	10,2	0,30	0,7	0,10	0,02
Heintaimed <i>Grasses</i>	Väetamata <i>Non-fertilized</i>	250	2,9	7,3	0,29	0,7	0,08	0,02
	NPK	200	3,0	6,0	0,30	0,6	0,08	0,02

Mullast läbi nõrgunud vees oli Pb 2,9...5,0 µg/l, seega oluliselt vähem joogivee maksimaalselt lubatavast sisaldusest (LPK), milleks loetakse 50 µg/l (Scheffer, Schachtschabel, 1982). Rohkem (4,5...5 µg/l) sisaldas seda taimkatteta mullast filtreerunud vesi, kõige vähem (2,9...3,0 µg/l) aga heintaimiku all olevast mullast filtreerunud vesi.

Lüsimeetritest leostunud raskmetallide kogus on arvestatud hektarilt leostunud koguseks. Kõige rohkem Pb leostus taimkatteta ja mineraalväetisi saanud mullast. Taimkatte, eriti heintaimede all leostus Pb märksa vähem. Mineraalväetistega väetamisel leostunud Pb kogus taimkatteta mullal ja odra all suurenes, heintaimiku all isegi vähenes.

Ka Cd oli filtraadis oluliselt vähem joogivee Cd-sisalduse LPK-st. Joogivees võib seda maksimaalselt olla 6 µg/l (Scheffer, Schachtschabel, 1982). Hektarile arvestatuna leostus seda sealt 0,6...0,9 g. Seejuures ei sõltunud leostunud Cd kogus oluliselt ei taimkattest ega väetamisest. Sama kinnitavad ka Böhneri (1989) uurimused.

EMVI Antsla katsejaamas 1984. a. rajatud pikaajalises väetuskatses (katse 1) jälgiti mineraal- ja orgaaniliste väetiste toimet põllukultuuride saagile. Samas kohas 1982. a. rajatud katses (katse 2) jälgiti aga mitmest lämmastikuallikast (mineraalne, orgaaniline ja bioloogiline) pärit lämmastiku efektiivsust. Mõlemas katses paigaldati erinevalt väetatud katselappidele lehterlüsimeetrid ning uuriti põhitoiteelementide (N, P, K) leostumist. 1991. a. lüsimeetritest saadud veeproovides määrati ka Pb-, Cd- ja Hg-sisaldus.

Vegetatsioon-lüsimeeterkatsete tulemustest (tabel 2) selgub, et võrdsetes kogustes vee lisamisel nõrgus taimkatteta mullast vett rohkem läbi kui taimkattega mullast. Võrreldes taimkatete mõju mullast läbi nõrgunud vee hulga, selgub, et odra lüsimeetrites kasvatamisel oli vee kogus suurem kui heintaimede puhul. Odra ja heintaimede väetamisel vähenes mullast läbi nõrgunud vee kogus, sest väetatud variandis oli taimestik lopsakam. Seetõttu oli transpiratsioon suurem, mullast filtreeruva vee kogus aga väiksem.

Tabel 3. Väetiste toime Pb, Cd ja Hg leostumisele saviliivõimisega kamar-leetmullast / *An influence of fertilizers on the leaching of Pb, Cd and Hg from loamy sand sod-podzolic soil*

Katsevariant <i>Treatment</i>	Mullast läbi nõrgunud vesi / <i>The amount of water soaked through the soil, l/m²</i>	Pb		Cd		Hg	
		filtraadis <i>in the filtrate, µg/l</i>	leostus <i>leaching, g/ha</i>	filtraadis <i>in the filtrate, µg/l</i>	leostus <i>leaching, g/ha</i>	filtraadis <i>in the filtrate, µg/l</i>	leostus <i>leaching, g/ha</i>
Katse 1 / <i>Trial 1</i>							
0 (väetamata) <i>(nonfertilized)</i>	13,5	7,8	1,05	0,29	0,04	0,04	0,005
NPK	12,9	9,4	1,21	0,35	0,05	0,04	0,005
Sõnnik <i>Manure</i>	13,2	7,3	0,96	0,25	0,03	0,03	0,004
NPK+sõnnik <i>NPK+manure</i>	12,0	7,7	0,92	0,37	0,04	0,04	0,005
Katse 2 / <i>Trial 2</i>							
PK	21,5	9,8	2,10	0,62	0,13	0,03	0,006
PK+min.N <i>PK+mineral N</i>	15,0	8,2	1,32	1,06	0,16	0,05	0,007
PK+org.N <i>PK+organic N</i>	16,3	6,8	1,11	0,60	0,10	0,03	0,005
PK+biol.N <i>PK+biol. fixed N</i>	17,2	8,6	1,48	0,60	0,10	0,04	0,007

Selgus, et väetamisel vähenes filtreerunud vee kogus, sest väetamine suurendas taimede maapealset massi ja vastavalt sellele ka transpiratsiooni ning seega vähenes mullast läbi nõrgunud vee kogus.

Katses 1 filtreerus 60 cm mullakihist vähem vett läbi kui katses 2, sest katse 1 asus väikese lõunakallakuga alal, katse 2 aga tasasel põllul. Seetõttu oli katses 1 kevadine vee äravool pinnaveena suurem ja filtreerumine väiksem kui katses 2.

Nagu eelmises katses, ei ületanud ka selles katses filtratsioonivee Pb-, Cd- ja Hg-sisaldus joogivee vastavaid maksimaalselt lubatavaid sisaldusi (LPK).

Jälgides väetamise mõju filtratsioonivee raskmetallide sisaldusele, selgus, et katses 1 NPK-väetiste muldaviimisel filtratsioonivee Pb- ja Cd-sisaldus suurenes, Hg kogus aga ei muutunud. Sõnnikuga väetamine aga vähendas kõigi vaatlusaluste raskmetallide sisaldust filtratsioonivees.

PK-väetiste foonil mineraallämmastiku toimel vähenes katses 2 Pb-sisaldus filtratsioonivees, Cd- ja Hg-sisaldus aga suurenes. Sõnnikuga väetamisel Pb- ja Cd-sisaldus vähenesid, Hg-sisaldus aga ei muutunud.

Vastavalt väetamisest tingitud filtreerunud vee koguse ja filtratsioonivee raskmetallide sisalduse muutusele, teises ka filtreerunud raskmetallide kogus.

Kokkuvõte

Katsetest järeldub, et mullast läbi nõrgunud vee Pb-, Cd- ja Hg-sisaldus sõltus mulla omadustest (eeskätt mulla lõimisest ja reaktsioonist), taimestikust ja väetamisest. Raskmetallide rikkam filtraat saadi kergema lõimise ja happelise reaktsiooniga muldadest. Kuid ühelgi juhul ei ületanud filtratsioonivee Pb-, Cd- ja Hg-sisaldus joogivee maksimaalselt lubatavat sisaldust.

Põllul 60 cm sügavusele paigaldatud lehterlüsimeetritesse filtreerus aastas 12...17 mm sademetekogusele vastav veehulk ning hektarilt leostus 0,92...2,10 g Pb, 0,03...0,16 g Cd ja 0,004...0,007 g Hg.

Vegetatsioon-lüsimeeterkatsetes, kus 60 cm paksusest mullakihiist nõrgus läbi umbes 300 mm sademetele vastav veekogus, leostus hektari kohta aastas aga 6...15,6 g Pb, 0,6...0,9 g Cd ja 0,02...0,06 g Hg.

Kirjandus

Böhner B.-M. Zur Auswaschung von Cadmium und Nickel aus dem pflanzenwirksamen Bodenkörper unbelasteter Ackerböden. – Arch.f. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Bd. 33, Nr. 8, S. 475...482, 1989.

Kabata-Pendias: Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Перевод с английского. – Москва: Мир, 1989. – 439 с.

Kärblane H., Kevvai L. Kaadmium mullas, taimes ja loomorganismis. – Põllumajandus, nr. 2, lk. 21...22 ja nr. 3, lk. 16...19, 1993a.

Kärblane H., Kevvai L. Antropogeense tegevuse mõju pliisisaldusele mullas ja taimedes. – Agraarteadus, nr. 4, lk. 390...404, 1993b.

Kärblane H., Kevvai L. Elavhõbe mullas ja taimedes. – Põllumajandus, nr. 8, lk. 6...8 ja 14...16, 1993c.

Minejev jt.: Минеев В.Г., Макарова А.И., Тришина Т.А. Тяжёлые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации. – Агрохимия, 5, с. 146...155, 1981.

Scheffer F., Schachtschabel P. Lehrbuch der Bodenkunde. – Stuttgart: Enke, 1982. – 442 S.

Sticher H. Schadstoffe im Boden. – Schweiz. landw. Forsch., Bd. 19, Nr. 3/4, S. 267...269, 1980.

Leaching of Pb, Cd and Hg

H. Kärblane, L. Kevvai, J. Kanger

Summary

The Pb, Cd and Hg content of water soaked through the soil depends on the soil characteristics (first of all on the soil texture and reaction), vegetation and fertilization. Filtrate richer in heavy metals was obtained from lighter soils of acid reaction. But in no cases the content of Pb, Cd and Hg in the filtered water exceeded that of their maximum permitted in drinking water.

The annual amount of water equal to 12...17 mm of precipitation was filtrated into the lysimeters put into the field in the depth of 60 cm and 0.92...2.10 g Pb, 0.03...0.16 g Cd and 0.004...0.007 g Hg per hectare were leached.

In the vegetation-lysimeter trial, where the amount of water equal to about 300 mm of precipitation soaked through the soil layer of 60 cm, the following annual quantities of heavy metals per hectare were leached: 6...15 g Pb; 0.6...0.9 g Cd and 0.02...0.06 g Hg.