

VÄETISTEGA MULDA VIIDUD TAIMETOITAINETE LEOSTUMINE

H. Kärblane

SUMMARY: Leaching the plant nutrient elements applied by fertilizers. The leaching of plant nutrient elements (N, P, K) applied by fertilizers was investigated on sandy Podzol in the Antsla Experimental Station of the Estonian Research Institute of Agriculture.

The results of lysimeter experiments showed that the volume of leaching water through the 60 cm layer of soil makes 2.0...2.8% of the average annual precipitation (600 mm).

The lysimeter water from non-fertilized area contains 1.4...1.8 mg/l of N in nitrate form. The lysimeter water from area fertilized by mineral fertilizers contains up to 4.7 and by manure up to 4.0 mg/l N in nitrate form. The concentration of N-NO₃ in the lysimeters of clover fields was 3.2 mg/l as an average. The lysimeter water from non-fertilized area contains 0.009 mg/l of phosphorus (P) and 6.2 mg/l of potassium (K). The figures from fertilized areas by mineral fertilizers were 0.017 and 15.9 mg/l accordingly.

In the case of application rate with ammoniumnitrate of 50...100 kg/ha N 0.21...1.00% N of applied was leached out in sandy soil. The leaching from the nitrogen of manure (50...100 t/ha) makes 0.05...0.62% and from symbiotically fixed nitrogen of clover 0.40...0.72%. In the case of application rate with potassium chloride of 75 kg/ha of K 0.95% of K was leached out. 0.09% and 0.09...0.13% of P was leached out from applied superphosphate and manure accordingly.

Eesti muldades on valdavalt tegu läbiuhtumise tüüpi veerežiimiga, kus sademetevee mullast läbinõrgumine ehk filtratsioon põhjustab nii mullas sisalduvate kui ka väetistega sinna viidud taimetoitainete leostumist.

Väetistega antud taimetoitainete leostumine vähendab väetiste efektiivsust ning võib põhjustada põhjavee kvaliteedi halvenemist.

Selgitamaks väetistega mulda viidud põhiliste taime toiteelementide (N, P, K) leostumise ulatust saviliivlõimisega leetunud mullast, paigaldati Eesti Maaviljeluse Instituudi Antsla katsejaamas pikaajaliste väetuskatsete erinevalt väetatud katselappidele lehterlüsimeetrid. Lüsimeetrite paigaldamisel ja lüsimeetritelistel uuringutel osales ka instituudi tolleaegne vanemteadur Jüri Kaup.

Katsete tingimused ja meetodika

Üks pikaajalistest väetuskatsetest (katse 1) rajati 1981. a. kevadel. Selles selgitati 6-väljalises külvikorras orgaaniliste ja mineraalväetiste efektiivsust. Külvikorras kasvatati kartulit, 2 aastat otra, 2 aastat timutit ja seejärel talirukist. Katses olid järgmised väetisvariandid:

1. 0 (väetamata)
2. NPK
3. Allapanuga veisesõnnik
4. Allapanuta veisesõnnik
5. NPK + allapanuga veisesõnnik
6. NPK + allapanuta veisesõnnik

Katse rajamisel anti foonväetisena hektarile 1,5 t põlevkivituhka. Vastavalt katsevariandile anti aastas hektarile külvikorra keskmisena 15 t allapanuga või 25 t allapanuta veisesõnnikut ja mineraalväetistega 95 kg N, 28 kg P ja 75 kg K.

Teine katse (katse 2) rajati 1982. a. ja selles selgitati 4-väljalises külvikorralülis erinevatest lämmastikuallikatest (bioloogiline, orgaaniline ja mineraalne) pärineva lämmastiku

efektiivsust. Orgaanilise, bioloogilise ja mineraalse lämmastiku efektiivsust võrreldi P-, K- ja lubiväetiste foonil ning katses olid järgmised variandid:

1. Foon (lämmastikuta).
2. Bioloogiline N₁ – bioloogilise lämmastiku allikaks oli ristiku poolt ristiku-timuti segus sümbiootiliselt seotud N.
3. Bioloogiline N₂ – bioloogilise lämmastiku allikaks oli ristiku poolt ristiku puhas-külvis sümbiootiliselt seotud N.
4. Orgaaniline N₁ – külvikorralülis anti odrale allapanuga veisesõnnikut 50 t/ha.
5. Orgaaniline N₂ – odrale anti allapanuga veisesõnnikut 100 t/ha.
6. Mineraalne N₁ – külvikorralülis anti aasta keskmisena ammooniumnitraadiga 50 kg N/ha.
7. Mineraalne N₂ – aasta keskmisena anti hektarile 100 kg N.

Külvikorralüli esimesel aastal kasvatati varast otra, millele külvati alla heintaimed. Allakülvina külvati heintaimedest variandis 2 ristiku-timuti segu, variandis 3 ristik ja ülejäänud katsevariantides timut. Katsevariandid 1...5 mineraalset lämmastikku ei saanud. Variantides 6 ja 7 said kõik kultuurid aastas vastavalt kas 50 või 100 kg/ha mineraalset lämmastikku. Variantides 4 ja 5 oli lämmastiku allikaks odrale antud sõnnik, mida anti vastavalt kas 50 või 100 t/ha.

Külvikorralüli teisel ja kolmandal aastal kasvatati heintaimi, neljandal aga kaera. Neljandal katseaastal jälgiti variantides 2 ja 3 bioloogilise lämmastiku ning variantides 4 ja 5 orgaanilise lämmastiku järeloimet, variantides 6 ja 7 aga mineraalse lämmastiku (ammooniumnitraadi) otsetoimet.

Mõlemad katsed olid rajatud künka lael asuval põllualal, 50-meetrise vahemaaga. 1. katse ala omas väikest lõunakallakut, 2. katse ala aga mitte. Katsealade mullaks oli kaheosalisel lähtekivimil kujunenud leetmuld, kus huumushorisoni tüseduseks 25...28 cm. Huumushorisoni muld sisaldas füüsikalist savi 11,4...11,9%, olles seega lõimisel saviliiv. Mulla pH_{KCl} oli enne lupjamist 5,6...5,8, pärast lupjamist aga 6,2...6,5. Huumust sisaldas huumushorisoni mullas 1,52...1,60% ja laktaatlahustuvatest toitainetest sisaldus fosforit (P) 49...72 ja kaaliumi (K) 145...175 mg/kg.

Huumushorisonile järgnes umbes 30 cm tüsedune A₂B-horison, mis aga lõimisel oli eelmisest kergem, sisaldades 4,2...8,7% füüsikalist savi. 60...62 cm sügavusel algas B-horison, mis oli lõimisel märksa raskem, sisaldades 30...34% füüsikalist savi (keskmine liivsavi). Ka järgneva C-horisoni lõimiseks oli keskmine liivsavi.

Katses 1 paigaldati lüsimetrid katse rajamisel, s.o. 1981. a. kevadel, katses 2 aga pärast esimese rotatsioonilüli lõppu, s.o. 1985. a. sügisel.

Lüsimetritena kasutati Jüri Kaup'i poolt konstrueeritud lehterlüsimetreid, mida on võimalik kasutada haritaval maal. Sellises lüsimetris on lüsimetiline filter ja kogumisnõu ühes koonilises anumal, pinnaga 500 cm² ja mahuga 3 liitrit. Lüsimetrid paigaldati mulda selliselt, et lüsimetri filtri pind asus 60 cm sügavusel. Selleks kaevati kuni 80 cm sügavune kaevik, asetati sinna lüsimeter ning seejärel täideti auk mullaga selle looduslikus järjestuses ja tiheduses. Lüsimetrisse nõrgunud vee väljavõtmiseks paigaldati polüetüleenist toru, mille üks ots oli koguja nõus, teine aga lüsimetrist 40 cm võrra eemal 40 cm sügavusel mullapinnast. Toru ots oli selle ülesleidmise hõlbustamiseks tähistatud 30×30 cm suuruse plekist tahvliga. Et lüsimetrid paigaldati haritavale alale, siis ei saadud kasutada maapealseid tähistusviise. Lüsimetrid tühjendati sinna kogunenud filtraadiveest vastava pumba abil.

Meteoroloogilised tingimused erinesid aastati nii sademete hulgal, nende jaotuselt kui ka temperatuurilt. Nimetatud näitajatel peatutakse filtreerunud veekoguste käsitlemisel.

Lüsimetritest saadud vees (filtraadis) määrati N-, P- ja K-sisaldus üldkasutatava meetodika kohaselt (Agrohimitseskie metodõ, 1975).

Katsete tulemused ja nende arutelu

Filtreerunud vee hulk

Katse algperioodil püüti lüsimetritest vett võtta kaks korda aastas: kevadel enne väetiste külvi ja sügisel pärast saagi koristamist. Kuna antud mullal aastas kaks korda vett võttes saadi filtreerunud vett sedavõrd vähe, et sellest ei jätkunud seal sisalduvate biogeen-

sete elementide määramiseks, siis 1984. aastast mindi üle aastas ühekordsele veevõtule. Vesi võeti lüsimetritest igal kevadel enne mineraalväetiste külvi.

1982. ja 1983. aastal vett lüsimetritest arvestatavalt ei saadud. Esimesed analüüsiks vajalikus koguses veeproovid saadi 1. katses 1984. a. kevadel.

Et 1983. a. sügis oli suhteliselt sademeterikas ja sellele järgnenud talvel oli muld vähe külmunud, filtreerus 1984. a. kevadeks suhteliselt palju vett – 12...16 l/m².

1984. a. normaalse sademetehulgaga sügis ja 1985. a. sademetevaene varakevad põhjustasid vähese vee kogunemise lüsimetritesse – 3...4 l/m².

Järgnevatel aastatel (1986...1991) suuri erinevusi filtreerunud vee koguses ei olnud (valdavalt 10...17 l/m²).

Kuigi 1991. a. sügisel ja järgneval talvel oli sademeid normi piires, ei saadud 1992. a. kevadel lüsimetritest vett. Põhjuseks oli 1991/92. a. talvel katseala mulla sügav (65 cm) külmumine ja 1992. a. kevadel mulla aeglane sulamine. Külmunud mullalt voolas lumesulamisvesi pinnaveena ära ning kevadperioodil vett praktiliselt ei filtreerunud.

1992. a. hilissügisel ja sellele järgnenud talvel oli sademeid paljude aastate keskmise lähedasel ja muld oli kevadel kaunis vähe (24 cm sügavuselt) külmunud. Põhjustatuna sellest saadi 1993. a. kevadel lüsimetritest vett koguses, mis 1 m²-le arvestatult teeb 8...12 l.

Et sademeid oli 1993. a. hilissügisel tavalisest vähem, 1993/94. a. talvel normi piires ja 1994. a. varakevadel tavalisest jällegi vähem ning et ka muld oli talvel kuni 78 cm sügavuselt külmunud, ei kogunenud 1994. a. kevadeks vett lüsimetritesse arvestatavates kogustes.

Katses 2, kus lüsimetrid paigaldati 1985. a. sügisel, saadi lüsimetritest vett 1986. a. kevadel. Et katseala oli siin horisontaalne, ilma kallakuta, oli pinnalt äravool siin väiksem kui eelmise katse alalt ja filtreerunud vee kogus arvestatavalt suurem (24...29 l/m²). Ka järgnevatel aastatel kogunes 2. katse lüsimetritesse vett enam kui 1. katse omadesse.

1992. a. kevadel ei saadud ka selle katse lüsimetritest vett. Põhjus sama mis eelmises katses: sademeid tavalisest vähem ja maa sügavalt külmunud.

1993. a. kevadel filtreerus katse 2 alal vett 10...16 l/m².

1994. a. kevadel, millal 1. katse lüsimetrites arvestatavalt vett ei olnud, oli 2. katse lüsimetrites vett koguses, mis 1 m²-le arvestatuna moodustab 8...13 l.

1994. a. sügisel katsed likvideeriti ning vaatluste ja mõõtmiste rida katkes.

Seega saadi vaatlusperioodi katseaastate keskmisena lüsimetritest vett koguses, mis mm-tes väljendatuna moodustas esimeses katses 12 ja teises 17 mm. Järelikult moodustab filtreerunud vee kogus keskmisest sademetehulgast esimeses katses 2,0 ja teises 2,8%.

Ka M. Bobritškaja (1966) uurimustest selgub, et aastas mullast läbinõrgunud vee hulk moodustab aasta sademetehulgast ainult mõne protsendi.

Samal ajal iseloomustavad Korenkov jt. (1983) filtreerunud vee osatähtsust sademete kogusest märksa suurema arvuga (saviliivmuldadel 12...40% ja liivsavimuldadel 7...23%, kuid nad jälgisid filtratsiooni ulatust isoleeritud kolonnlüsimetrites, kus pinnalt äravool on takistatud.

Katsetulemused näitavad reljeefi olulist mõju mullast läbinõrguvale veehulgale. Katse 1 alal, millel oli väike kallak, filtreerus vett vähem kui horisontaalse pinnaga katse 2 alal.

Teiseks mõjutas aastas filtreerunud vee hulka sademete, eriti mittevegetatsiooni-perioodil sadanud sademete hulk. Nii filtreerus sademetevaesel 1985. a. katses 1 keskmisena 5 l/m², sademeterikkal 1987. a. aga 19 l/m². Kuid alati ei sõltunud filtreerunud vee hulk sademete hulgast. Ka I. Joffe (1933) uurimustest selgub, et puudub kindel seos sademete ja filtreerunud vee hulga vahel.

Väga tugevasti mõjutas filtreerunud vee hulka mulla külmumissügavus lüsimetrite tühjendamise eelsel talvel. Kui muld külmus talvel sügavamalt kui 50 cm, siis ei olnud kevadel lüsimetrites vett kas üldse või oli seda äärmiselt vähe. Nii ei kogunenud katse 1 lüsimetritesse 1992. ja 1994. a. kevadeks arvestatavalt vett, sest veel märtsis oli muld külmunud 1992. a. 65 ja 1994. a. 78 cm sügavuselt ning enamik lumesulamisveest ja varakevadest sademetest voolas pinnaveega ära.

Et mulla külmumissügavus mõjutab nii tugevasti filtreerunud vee hulka, viitab aga sellele, et enamik sademeteveest filtreerub kevadel. Seda kinnitavad ka M. Bobritškaja (1966) ja N. Bezljudnõi jt. (1982) uurimused.

Filtreerunud vee hulk sõltub ka mulla lõimisest ja taimestikust (Bobritškaja, 1963, 1966; Bezljudnõi jt., 1982). Et mõlemad vaatluse all olevad katsed olid korraldatud enam-vähem sama lõimisega mullal, siis antud katsetes ei saadud mulla lõimise toimet filtreerunud vee hulgaile selgitada. Ei selgunud ka erinevate kultuuride mõju filtreerunud vee hulgaile, sest erinevad kultuurid kasvasid erinevatel aastatel. Aasta mõju (sademete hulk, mulla külmumissügavus) oli aga kultuuri omast suurem.

Selgus aga, et vaatlusalustes katsetes ei mõjutanud väetamine arvestatavalt filtreerunud vee hulka.

Lüsimeetritest saadud vee N-, P- ja K-sisaldus

Lüsimeetritest võetud vees sisaldub alati biogeenseid elemente. Kui vaadeldavate katsete tingimustes erinev väetamine ei mõjutanud arvestatavalt filtreerunud vee hulka, siis erinevalt väetatud muldadest läbi nõrgunud vete biogeensete elementide sisaldus erines oluliselt. Katse 1 väetamata katselappide mullast filtreerunud vees oli lämmastikku, fosforit ja kaaliumi märksa vähem kui väetatud katselappide omas (tabel 1).

Tabel 1. Lüsimeetritest saadud vee N-, P- ja K-sisaldus mg/l (katses 1, 11 katseaasta keskmisena)

Table 1. The concentration of N, P and K in lysimeter water, mg/l (trial 1, mean of 11 years)

Katsevariant / Treatment	Vees mg/l / In the water, mg/l		
	N(NO ₃)	P	K
0 (väetamata) / 0(non-fertilized)	1,8	0,009	6,2
NPK	3,2	0,015	11,5
Allapanuga sõnnik / Manure with straw	2,0	0,017	12,3
NPK+allapanuga sõnnik / NPK+manure with straw	3,3	0,015	12,1
Allapanuta sõnnik / Manure without straw	2,3	0,015	15,9
NPK+allapanuta sõnnik / NPK+manure without straw	4,9	0,016	15,0

Katses 2, kus selgitati bioloogilise, orgaanilise ja mineraalse lämmastiku osa Eesti maa-viljeluses, jälgiti ka lämmastiku leostumise ulatuse sõltuvust lämmastikuallikast (tabel 2).

Et lüsimeetritest saadud vetes esineb lämmastik peamiselt (umbes 97%) nitraatvormis, määrataksegi lüsimeetritest saadud vetes ja ka drenivetes valdavalt ainult nitraatlämmastiku N(NO₃) sisaldus (Bezljudnõi jt., 1982). Ka meie määrasime lüsimeetritest saadud vees ainult N(NO₃)-sisalduse, mida me edaspidi nimetame lihtsalt lämmastikusisalduseks.

Tabel 2. Lämmastikuallika toime lüsimeetritest saadud vee N-sisaldusele (katses 2, 9 katseaasta keskmisena)

Table 2. The influence of the source of nitrogen to the concentration of N in the lysimeter water (trial 2, mean of 9 years)

Katsevariant / Treatment	N(NO ₃) mg/l
Foon (lämmastikuta) / Background (without N)	1,4
Biol.N ₁ / Biologically fixed N ₁	2,1
Biol.N ₂ / Biologically fixed N ₂	3,2
Org.N ₁ / Organic N ₁	2,6
Org.N ₂ / Organic N ₂	4,0
Min.N ₁ / Mineral N ₁	3,2
Min.N ₂ / Mineral N ₂	4,7

Lüsimeetritest saadud vee lämmastikusisaldus sõltub mitmest tegurist, eeskätt aga mulla huumusesisaldusest ja lämmastikuga väetamisest.

Katsetes varieerus lämmastikusisaldus üksikproovides vahemikus 0,8...10,4 ja variantide keskmisena 1,4...4,9 mg/l. Seega lüsimeetritest saadud vee N(NO₃)-sisaldus tavaliselt ei

ületa joogivees maksimaalselt lubatavat sisaldust, milleks loetakse 10 mg/l (Deržavin jt., 1982; Juhend magevee kvaliteedi... 1983; Kretschmer, Künkel, 1989).

Lüsimeetritest saadud vee N-sisaldus varieerus aastati.

Tabel 3. Lüsimeetritest saadud vee N-sisalduse varieeruvus aastati (katse 2)

Table 3. The variability of the concentration of N in lysimeter water by the years (trial 2)

Katsevariant <i>Treatment</i>	Katseaasta ja kultuur / <i>Year and crop</i>			
	1986 oder <i>barley</i>	1987 põldhein <i>field grass</i>	1988 põldhein <i>field grass</i>	1989 kaer <i>oats</i>
	N(NO ₃) mg/l			
Foon (N-ta) / <i>Background (without N)</i>	1,6	0,9	0,8	2,0
Biol.N ₁ / <i>Biologically fixed N₁</i>	1,8	2,0	2,0	4,0
Biol.N ₂ / <i>Biologically fixed N₂</i>	2,0	3,1	2,8	6,1
Org.N ₁ / <i>Organic N₁</i>	3,3	1,5	1,8	3,0
Org.N ₂ / <i>Organic N₂</i>	6,1	2,1	2,1	5,5
Min.N ₁ / <i>Mineral N₁</i>	2,9	2,6	1,1	5,0
Min.N ₂ / <i>Mineral N₂</i>	5,0	4,0	1,9	7,1

Tabeli 3 andmetest selgub, et katse 2 lüsimeetritest saadud vees sisaldus lämmastikku heintaimede all märksa vähem kui nendele järgneva teravilja (kaera) all, mis näitab seda, et heintaimede kamara sissekännil toimub mullas intensiivne taimejäänuste lagunemine, mille tulemusel muld rikastub lahustuvate lämmastikuühenditega ning selle tulemusel suureneb ka filtratsioonivee lämmastikuisaldus.

Fosforit sisaldub filtreerunud vees vähe, valdavalt alla 0,1 mg/l, mis on oluliselt väiksem joogivees lubatavast maksimaalsest sisaldusest, milleks Botševeri jt. (1979) andmetel on 1,5 mg/l ja Klaghoferi (1978) andmetel isegi 10 mg/l. Küll võib pinnavete rohke fosforisisaldus põhjustada nende eutrofeerumist.

Fosforväetistega väetamisel fosforisisaldus lüsimeetritest saadud vees küll natuke suurenes, kuid ikkagi jäi ta alla 0,02 mg/l (tabel 1).

Suhteliselt kaaliumirikkast mullast läbi nõrgunud vees sisaldus rohkesti kaaliumi: väetamata katselappidel 6,2 ja allapanuta sõnnikuga väetatud katselappidel keskmiselt isegi kuni 15,9 mg/l. Selline kaaliumisisaldus vees ei takista selle kasutamist joogiveena ega ületa kalamajandusvetes lubatud kaaliumisisaldust, milleks loetakse 50 mg/l (Sirendi, 1992).

Taimetoiteelementide leostumine

Leostunud toitelementide koguse saamiseks korrutasime hektarilt filtreerunud veekoguse vastava toiteelemendi sisaldusega lüsimeetrist saadud vees. Saadud tulemused on esitatud tabelites 4 ja 5.

Taimetoiteelemente leostus nii väetamata kui ka ühe ehk teise väetisega väetatud katselappide mullast. Katse 1 alalt leostus kõige enam kaaliumi, seejärel lämmastikku ja kõige vähem fosforit.

Katses 2 suurendas nii bioloogilise, orgaanilise kui ka mineraalse lämmastikuga väetamine lämmastiku leostumist.

Tabel 4. Väetamise mõju biogeensete elementide leostumisele (katse 1)

Table 4. The influence of fertilizing to the leaching of biogenic elements (trial 1)

Katsevariant / <i>Treatment</i>	Leostus kg/ha / <i>Leaching, kg/ha</i>		
	N(NO ₃)	P	K
0(väetamata) / <i>0(non-fertilized)</i>	0,24	0,033	0,82
NPK	0,44	0,058	1,53
Allapanuga sõnnik / <i>Manure with straw</i>	0,27	0,062	1,64
NPK+allapanuga sõnnik / <i>NPK+manure with straw</i>	0,44	0,059	1,72
Allapanuta sõnnik / <i>Manure without straw</i>	0,32	0,055	2,12
NPK+allapanuta sõnnik / <i>NPK+manure without straw</i>	0,58	0,056	2,00

Tabel 5. Leostunud lämmastikukoguse sõltuvus lämmastikuallikast (katse 2)
Table 5. The dependence of leached nitrogen upon the source of nitrogen (trial 2)

Katsevariant / Treatment	Leostus N(NO ₃) kg/ha Leaching, kg/ha N(NO ₃)
Foon (lämmastikuga) / Background (without N)	0,37
Biol. N ₁ / Biologically fixed N ₁	0,57
Biol. N ₂ / Biologically fixed N ₂	0,85
Org. N ₁ / Organic N ₁	0,67
Org. N ₂ / Organic N ₂	1,06
Min. N ₁ / Mineral N ₁	0,87
Min. N ₂ / Mineral N ₂	1,24

Seejuures leostus lämmastikku seda enam, mida suurem oli väetisannus.

Lahutades vastava väetisega väetamata katselapilt leostunud toiteelemendi koguse väetatud katselapi omast, saame väetisest leostunud toiteelemendi koguse.

Väetistest leostunud toiteelementide kogused on toodud tabelites 6 ja 7. Selgub, et mineraalväetistega antud lämmastikust leostus esimeses katses 0,20 ja teises sõltuvalt lämmastikuannuse suuruselt 0,50 või 0,87 kg/ha, mis moodustab väetistega antud lämmastikukogusest vastavalt 0,21 või 1,00 ja 0,87%.

Praktiliselt samas suurusjärgus (nelja katseaasta keskmisena 0,80 kg/ha kaerapõllul ja 0,23 kg/ha põldheinapõllul) leostus väetistega antud lämmastikust ka M. Bobritškaja (1966) poolt korraldatud katsetes. Samal ajal lämmastikuga väetatud, kuid kultuurideta põllualalt leostus 5,31 kg N/ha.

Bezljudnõi jt. (1982), selgitades väetistega antud lämmastiku leostumist ¹⁵N abil leidsid, et teravilja- ja kartulipõllult leostub seda aastas 0,7...1,2 kg/ha.

Saksamaal Vomeli ja Ewerti (1981) korraldatud katses aastas 167 kg märgistatud lämmastiku hektarile andmisel leostus sellest 1...3%.

Kirjanduses (Courpron, 1974; Deržavin jt., 1981; Korenkov jt., 1983) on andmeid, kus väetistega antud lämmastikust leostub märksa enam – 5...17%. Nimetatud autorite katsetes on kasutatud kolonnlüsimetreed ja väga suuri lämmastikuannuseid – 300 ja enam kg/ha.

Tabel 6. Väetistega antud toiteelementide leostumine aasta keskmisena kg/ha ja % (katse 1)
Table 6. The mean annual leaching from plant nutrial elements applied, kg/ha and percent (trial 1)

Väetised Fertilizers	Aasta keskmisena anti väetistega The mean annual application with fertilizers			Väetistega antust leostus Leaching from the fertilizers					
	kg/ha			kg/ha			%		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
NPK	95	28	75	0,20	0,025	0,71	0,21	0,09	0,95
Allapanuga sõnnik Manure with straw	65	23	52	0,03	0,029	0,82	0,05	0,13	1,58
NPK+allapanuga sõnnik NPK+ manure with straw	160	51	127	0,20	0,026	0,90	0,13	0,05	0,71
Allapanuta sõnnik Manure without straw	65	24	81	0,08	0,022	1,30	0,12	0,09	1,60
NPK+allapanuta sõnnik NPK+manure without straw	160	52	156	0,34	0,023	1,18	0,21	0,04	0,76

Tabel 7. Väetistega antud või sümbiootiliselt fikseeritud lämmastiku leostumine aasta keskmisena kg/ha ja %

Table 7. The mean annual leaching from applied by fertilizers or from symbiotically fixed nitrogen kg/ha or the percent from applied with fertilizers or symbiotically fixed nitrogen

Katsevariant <i>Treatment</i>	Anti väetistega või fikseeriti aasta keskmisena N kg/ha <i>The mean annual application with fertilizers, kg/ha</i>	Väetistega antust või fikseeritud lämmastikust leostus aasta keskmisena / <i>Leaching from the applied with fertilizers or fixed nitrogen</i>	
		kg/ha	% antust või fikseeritust % from applied or fixed
Biol.N ₁ / <i>Biologically fixed N₁</i>	50	0,20	0,40
Biol.N ₂ / <i>Biologically fixed N₂</i>	67	0,48	0,72
Org.N ₁ / <i>Organic N₁</i>	56	0,30	0,54
Org.N ₂ / <i>Organic N₂</i>	112	0,69	0,62
Min.N ₁ / <i>Mineral N₁</i>	50	0,50	1,00
Min.N ₂ / <i>Mineral N₂</i>	100	0,87	0,87

Tabelite 6 ja 7 andmetest selgub ka, et katses 1 leostus mineraalväetistega antud lämmastikku umbes neli korda vähem kui katses 2. Põhjuseks on juba mainitud asjaolu, et katse 1 asus kallakulisel, katse 2 aga kallakut mitteomaval põllualal, millest tingituna katses 1 oli pinnalt äravool suurem ja sademetevee filtreerumine väiksem.

Vähem kui mineraalväetistega antud lämmastikust leostus teda sõnnikuga antust: külvikorra keskmisena katses 1 ainult 0,50% ja katses 2 sõltuvalt sõnniku annusest 0,54...0,62%. Ka sõnnikuga antud lämmastiku leostumist mõjutab katseala reljeef.

Allapanuga ja allapanuta sõnnikuga aasta keskmisena hektarile viidud võrdsest kogusest (65 kg) lämmastikust leostus allapanuta sõnnikust enam kui allapanuga sõnnikust.

Katses 2 fikseeriti õhulämmastikku ristiku ning ristiku ja timuti segu poolt kogustes, mis külvikorralülile (4 aastale) jaotatult teeb aasta keskmisena ristiku puhul 67 ja ristikutimuti segu puhul 50 kg N/ha. Leostunud lämmastikukogus moodustas sümbiootiliselt seotud lämmastikukogusest vastavalt 0,72 ja 0,40%.

Külvikorralüli keskmisena aastas võrdse koguse (50 kg/ha) bioloogilise ja mineraalse lämmastiku saamisel leostus seda mineraalse lämmastiku kasutamisel enam kui bioloogilise lämmastiku puhul.

Austrias Bertilssoni (1978) poolt korraldatud katses leostus aga liblikõieliste poolt sümbiootiliselt seotud lämmastikku mineraalväetistega (120 kg N/ha) antust enam.

Kõigi väetistega mulda viidud fosfor on mullas väheliikuv ja ta leostumine väike. Superfosfaadiga antud fosforist leostus 0,025 kg/ha ehk 0,09% antust. Mineraalväetistega antud fosfori väikest leostumist kinnitavad ka Prokoševi jt. (1979) ning Deržavini jt. (1982) uurimused. Hofer ja Jaggli (1975) ning Korenkovi jt. (1983) väidavad isegi, et fosforväetistega väetamine ei suurenda üldse fosfori leostumist mullast.

Samas ulatuses nagu superfosfaadist, leostus fosforit ka allapanuta sõnnikust (tabel 6). Allapanuga sõnnikust leostus fosforit aga suhteliselt enam. Huvitav on seejuures, et sõnniku ja superfosfaadi kooskasutamisel fosfori leostuvuse osatähtsus antust ei suurenenud, vaid vähenes.

Enam kui väetistega antud fosforit ja lämmastikku leostub väetistega antud kaaliumi. Katses 1 leostus kaaliumkloriidiga (75 kg K/ha) antud kaaliumist 0,95%.

Korenkovi jt. (1983) kolonnlüsimeeterkatses, arvestusnormiga 140 kg kaaliumi hektarile, leostus väetistega antust saviliivmullal 5,9 ja liivsavimullal 4,5%. Seejuures ei olnud leostumise ulatuses olulist vahet sellest, kas kaalium oli antud kaaliumkloriidina või -sulfaadina.

Suhteliselt enam leostus aga sõnnikuga antud kaaliumi. Et koguseliselt anti hektarile kaaliumi allapanuta sõnnikuga enam kui allapanuga sõnnikuga, siis koguseliselt enam teda ka esimesel juhul leostus. Erinevate sõnnikuliikudega mulda viidud kaaliumi leostumise osatähtsuse (%) erinevus jäi aga väikeseks, olles allapanuga sõnniku kasutamisel 1,58 ja allapanuta sõnniku kasutamisel 1,60%.

Kokkuvõte

Eestis, kus valdavalt esinevad läbiuhtumise tüüpi veerežiimiga mullad, on taimetoitainete üheks kao põhjuseks nende leostumine.

Saviliivlõimisega leetunud mullas 60 cm sügavusele paigaldatud lehterlüsimeetritesse kogunes katseaastate keskmisena veehulk, mis moodustab sademetehulgast 2,0...2,8%.

Filtreerunud vee hulk sõltus sademete hulgast, mulla talvisest külmumissügavusest ja põlluuala reljeefist.

Mullast läbinõrgunud vees sisaldus nitraatset lämmastikku väetamata alal 1,4...1,8 mg/l. Väetamisel filtreerunud vee lämmastikuisaldus suurenes, ulatudes ammooniumnitraadiga väetamisel 4,7, sõnnikuga väetamisel 4,0 ja ristiku poolt sümbiootiliselt seotud lämmastiku kasutamisel 3,2 mg-ni/l. Sõnniku ja ammooniumnitraadi kooskasutamisel lämmastikuisaldus filtreerunud vees suurenes veelgi, ulatudes kuni 4,9 mg/l.

Viies mulda enam-vähem võrdsetes kogustes mineraalset, orgaanilist või sümbiootiliselt fikseeritud lämmastikku, leostub seda kõige enam mineraalse, seejärel bioloogilise ja kõige vähem orgaanilise lämmastiku kasutamisel.

Väetamata mullal olevate lüsimeetrite vetes sisaldus keskmiselt fosforit (P) 0,009 ja kaaliumi (K) 6,2 mg/l. Väetamisel suurenes lüsimeetritest saadud vete fosforisisaldus 0,017 ja kaaliumisisaldus 15,9 mg-ni/l.

Mineraalväetistega antud lämmastikust (50...100 kg N/ha) leostus seda koguses, mis moodustas 0,21...1,00% väetistega antust. Sõltuvalt sõnnikuga antud lämmastikukogusest leostus sellest 0,05...0,62%. Ristiku poolt sümbiootiliselt seotud lämmastikust leostus 0,40...0,72%.

Superfosfaadiga mulda viidud fosforist (28 kg P/ha) leostus 0,09%, sõnnikuga antust (23...24 kg P/ha) aga 0,09...0,13%. Superfosfaadi ja sõnniku kooskasutamisel vähenes leostunud fosfori osatähtsus antust umbes kaks korda.

Kaaliumkloriidiga külvikorra keskmisena 75 kg K/ha andmisel leostus sellest 0,95%. Suhteliselt enam leostus sõnnikuga antud kaaliumi – 1,58...1,60%.

Toodust järeldub, et väetistega mulda viidud toitainete kaod on suhteliselt väikesed ja et väetiste optimaalsetes kogustes kasutamisel ja nende agrotehniliselt õigetest aegadest andmisel ei põhjusta väetamine filtreerunud vee olulist saastatust.

Kirjandus

- Agrohimitseskie metodõ: Агрохимические методы исследования почв. – Москва, 1975. – 656 с.
- Bertilsson G. Nitrogen loss by leaching from agricultural fields, related to microenvironmental factors. – Environ. Biogeochem and Geomicrobiol. Proc. Int Symp., vol. 2, Ann. Arbar Mich., p. 601...608, 1978.
- Bezljudnoi jt.: Безлюдный Н. Н., Денисова Т. Н., Петрович А. К. Миграция азота в профиле дерново-подзолистых почв БССР. – Агрохимия, № 6, с. 12...17, 1982.
- Bobritškaja: Бобричкая М. А. Поступление азота с атмосферными осадками и вынос его из почвы лизиметрическими водами. – Почвоведение, № 9, с. 21...30, 1963.
- Bobritškaja: Бобричкая М. А. Потери азота и других элементов при выщелачивании из слабокультуренной дерново-подзолистой почвы. – Баланс азота в дерново-подзолистой почвах. Наука, Москва, с. 126...150, 1966.
- Botšever jt.: Бочеввер Ф. М., Лапшин Н. Н., Орадовская Д. Е. Защита подземных вод от загрязнения. – Москва: Недра, 1979. – 254 с.
- Courpron C. Pertes en elements fertilisants dans les soils sablen des Landes soumis a une fertilization et une irrigation en tensives. – Ann. agron. 25, 2/3, p. 467...482, 1974.
- Deržavin jt.: Державин Л. М., Седова Е. В., Хлыстова А. Ф. Применение минеральных удобрений и окружающая среда. – Агрохимия, № 1, с. 121...133, 1982.

- Hofer H., Jaggli F. Probleme bei der umweltgerechten Anwendung von Düngemittel. – Mitt. Schw. Landwirtschaft, 23, 6, S. 89...111, 1975.
- Joffe I. S. Lysimeter studies III. The Movement and Translocation of Nitrogen and organic constituents in the Profile of a Podzolic soil. – Soil Science, vol. 35, No. 5, 1933.
- Juhend magevee kvaliteedi määramiseks füüsikalistel ja keemilistel meetoditel. – Tallinn, Eesti NSV TA, 1983. – 70 lk.
- Klaghofer E. Förderungsdienst, B. 26, Nr. 12, S. 338, 1978.
- Korenkov jt.: Коренков Д. А., Романюк Л. И., Кирипанева Л. И. Поступление азота, фосфора и калия из почвы в лизиметрические воды при внесении высоких доз азотных удобрений. – Агрохимия, № 2, с. 3...6, 1983.
- Kretschmer H., Künkel, K. Regeln und Richtwerte für die mineralische Grunddüngung in Trinkwasserschutzgebieten der DDR. – Feldwirtschaft, 30, 8, S. 380...381, 1989.
- Prokošev jt.: Прокошев В. В., Вьюгина Т. А. Влияние минеральных удобрений на размер и соотношении статей расхода питательных веществ. – Агрохимия, № 9, с. 87...94, 1979.
- Sirendi A. Väetismajanduse korraldamine. Mineraalväetised. – Tallinn: Infotrükk, 1992. – 160 lk.
- Vomel A., Ewert U. Stickstoffdüngung und Stickstoffverluste auf ackerbaulich genutzten Böden. – Beachtung ökologischer Grenzen bei der Landbewirtschaftung. Hamburg, S. 205...222, 1981.