

RASKMETALLIDE SISALDUS TIMUTIS

H. Kärblane, L. Kevvai, J. Kanger

SUMMARY: Heavy metal contents of timothy. The content of dangerous heavy metals (Cd, Hg, Pb) and also a few heavy metals that are seen as microelements (Co, Cu, Mo, Mn, Zn) of timothy is characterised by 74 samples collected from field and pastures of Estonia.

Final data of content of heavy metals in timothy characterised the variation and the average values presented on figures 1 and 2. It can be seen that there is always a smaller degree of dangerous heavy metals and microelements in timothy than the maximum allowed grade in Estonia for fodder. Thus, the timothy is not polluted by heavy metals in Estonia.

The content of some microelements (Co, Cu, Mn, and Zn) is lower than the optimal degree, therefore the biological quality of the fodder is lowered also.

Timothy must be fertilized with fertilizers contained Co, Cu, Mn and Zn to obtain the high quality fodder.

Põldtimut (*Phleum pratense* L) (edaspidi nimetatakse lihtsalt timutiks) osutub tähtsaks põldheina- ja rohumaakultuuriks. Seda kasvatatakse kas puhaskülvis või segudes ristiku ja teiste kõrreliste heintaimedega. Timuti laialdase leviku põhjuseks on tema hea saagivõime, lihtne seemne kasvatamine ja mitmekülgsed kasutamissoodused. Õigeaegsel koristamisel ja karjatamisel on timut hea söödavuse ja kõrge toiteväärtusega.

Timuti söödaväärtuse hindamisel tuleb arvestada ka tema raskmetallisaldusega. Timut, nagu kõik teisedki söödakultuurid, sisaldab alati suuremal või väiksemal määral mitmeid raskmetalle. Neist loetakse kaadmiumi (Cd), elavhõbedat (Hg) ja pliid (Pb) ohtlikeks raskmetallideks, koobaltit (Co), vaske (Cu), mangaani (Mn), molübdeeni (Mo) ja tsinki (Zn) aga mikroelementidena käsitletavateks raskmetallideks. Nimetatud raskmetallide väike sisaldus söödana kasutatavates taimedes ei ole ohtlik. Mikroelementidena käsitletavaid raskmetalle peavad söödataimed sisaldama aga teatud optimaalsetes kogustes. Nende vähesus alandab sööda bioloogilist väärtust. Nii ohtlike kui ka mikroelementidena käsitletavate raskmetallide liigne sisaldus taimedes näitab nende saastatust ja loomasöödaks kõlbmatust.

Enamiku raskmetallidest omastab timut mullast. Mida enam on üht või teist raskmetalli kasvukoha mullas, seda enam sisaldub seda ka timutitaimedes. Kuid mitmel juhul mõjutab timuti raskmetallisaldust ka õhu raskmetallidega saastatus. Et raskmetallisaldus Eesti haritava maa muldades varieerub laiades piirides ja et ka õhu saastatus on paikkonniti erinev, võib ka Eesti erinevates kohtades kasvanud timuti raskmetallisaldus olla mitmesugune.

Et selgitada Eesti erinevates paikkondades kasvanud timuti raskmetallisaldust ja selle alusel hinnata meil kasvanud timuti raskmetallidega saastatust ning selle söödana kasutamise kõlblikkust, korraldati Eesti Maaviljeluse Instituudis vastav uurimus.

Uurimistöö käigus koguti Eesti erinevate alade põldudelt 74 mulla- ja 74 timutiproovi.

Metoodika

Spetsiaalmaresruutidel koguti Eesti erinevate alade põldudelt ja rohumaadelt paariti timuti- ja mullaproovid. Selleks koristati timuti õitsemisfaasis olles põllu või rohumaal 1 m² alalt timut ja võeti samalt alalt ka keskmine mullaproov raskmetallide sisalduse määramiseks. Taim- ja mullaproovide raskmetallide sisaldus määrati kas Taimse Materjali Kontrollikeskuses (Sakus), Soome Põllumajanduse Uurimiskeskuses või Tallinna Tehnikaülikoolis.

Taimse Materjali Kontrollikeskuses ja Tallinna Tehnikaülikoolis määrati mulla Cd- ja Pb-sisaldus 1N HNO₃ väljatõmbest, Hg-sisaldus kuningvees lahustuvana, mikroelementidena käsitletavate raskmetallide sisaldus aga liikuvate ühenditena: Co – 1N HNO₃, Cu ja Zn – 1N HCl, Mn – 1N (NH₄)₂SO₄ väljatõmbest ning Mo – oksalaatlahustuvana [ammooniumoksalaadi (pH – 3,3) väljatõmbest]. Soomes määrati kõigi vaadeldavate raskmetallide (välja arvatud Hg, mille sisaldust Soomes ei määratud) sisaldus mullas AAAC-EDTA meetodil.

Kuivatatud timut tuhastati ja määrati tuha raskmetallisaldus. Taimse materjali raskmetallisaldus väljendati milligrammides 1 kg kuivheina kohta.

Tulemused ja arutelu

Timuti ühe ehk teise raskmetalli sisaldust iseloomustatakse Eesti erinevate alade põldudel ja rohumaadelt kogutud 74 timutiproovi vastava raskmetalli sisalduse alusel. Joonistel 1 ja 2 on toodud timutitaimede raskmetallisalduse varieeruvus ja ühe ehk teise raskmetalli keskmine sisaldus (\bar{x}). Timuti ohtlike raskmetallide sisaldust on võrreldud Euroopa Liidu maades söötadele kehtestatud vastava raskmetalli sisalduse maksimaalselt lubatud piirkontsentratsioonidega (LPK-ga), milleks kaadmiumi puhul on 0,2, elavhõbedal 0,1 ja pliiil 3,0 mg kg⁻¹ (EEC Direkt. 95/361).

Söödataimede mikroelementidena käsitletavate raskmetallide sisalduse LPK-sid ei ole mitmete mikroelementide puhul määratud, või kui need on määratud, siis on nende arvvaartused erinevates riikides sageli erineva suurusega. Seepärast hinnati meil kasvanud timuti mikroelementide sisaldust söödaratsiooni kuivaine vastava mikroelementi optimaalse või minimaalse sisalduse alusel.

Kaadmium (Cd)

Kaadmiumi loetakse üheks ohtlikumaks raskmetalliks, mille sisaldus taimedes ületab tihti söödataimedes maksimaalselt lubatava sisalduse (LPK) – 0,2 mg kg⁻¹. Taimede Cd-sisaldus sõltub paljudest teguritest, nagu taime bioloogilistest iseärasustest, Cd-sisaldusest kasvukoha mullas, mullaomadustest jne.

Üldiselt on kõrrelised heintaimed mitmetest teistest söödakultuuridest Cd-vaesemad. Et Eesti põllumullad ei ole kaadmiumiga ohtlikult saastatud, siis ei ole ka meie põldudel kasvanud timut eriti Cd-rikas.

Analüüsitud timutiproovide kuivaines sisaldus kaadmiumi 0,01...0,100 mg kg⁻¹, keskmiselt 0,040 mg kg⁻¹ (joonis 1). Seega ei ületa timuti Cd-sisaldus mitte ühelgi juhul söötade Cd-sisalduse LPK-d.

Väga madala Cd-sisaldusega (Cd alla 0,025 mg kg⁻¹) proovid moodustavad analüüsitud proovide üldhulgast 34%. Seejuures võis vähese Cd-sisaldusega timutit leida kõikjal Eestis, nii Põhja- ja Lõuna-Eestis kui ka saartel. Suhteliselt Cd-rikkad (Cd üle 0,095 mg kg⁻¹) proovid moodustasid proovide üldarvust ainult 4%. Ka Cd-rikkamate timutite levik ei ole seotud mingi kindla piirkonnaga ega kasvukoha teatud mullatüübiga, vaid on seotud mõnede põllualade mulla antropogeense saastatusega.

Eestis kasvanud timuti keskmine Cd-sisaldus on kaunis lähedane Soomes kasvanu omaga, sest Soomes on timuti kuivaine keskmiseks Cd-sisalduseks saadud 0,035 mg kg⁻¹ (Sillanpää, Jansson, 1992).

Koobalt (Co)

Koobalt osutub nii inimestele kui ka loomadele hädavajalikuks elemendiks, sest ta võtab osa hemoglobiini tekkest ja kuulub B₁₂-vitamiini koostisse. Kui söötades on koobaltit vähe, on loomorganismi ainevahetus häiritud, põhjustades kehveresust, avitaminoosi, karvade pulstumist, toodangu alanemist jne. (Kovalskij, 1952). Koobaltipuuduse suhtes on eriti tundlikud veised. Koobalti vaegus põhjustab neil haigust, mida nimetatakse ka soohaiguseks.

Söötade optimaalse Co-sisalduse kohta on arvamused lahkuminevad. Valdavalt peetakse piimakarja söödaratsiooni kuivaine optimaalseks Co-sisalduseks 0,1...0,3 mg kg⁻¹ (Oll, 1974; Older, 1997). Fedjuškin (1989) loeb selleks aga 0,25...1,0 mg kg⁻¹. Kui aga söödaratsiooni kuivaine Co-sisaldus langeb alla 0,035 mg kg⁻¹, hakkab loomade produktiivsus oluliselt langetama (Minejev, 1990).

Koobalt osutub vähetoksiliseks raskmetalliks ja selle liiast põhjustatud kahjustusnähtud avalduvad harva. Söödaratsiooni maksimaalselt lubatud Co-sisaldus sõltub ka loomaliigist. Veistele söötisel loetakse selleks 20...30, lammastele 50...100 ja sigadele 150...200 mg kg⁻¹ kuivaines (Koltsinskij, 1985).

Nagu jooniselt 1 nähtub, on Eestis kasvanud timut suhteliselt Co-vaene, sisaldades seda kuivaines 0,008...0,110 mg kg⁻¹, analüüsitud proovide keskmisena 0,042 mg kg⁻¹.

Optimaalsest madalama Co-sisaldusega ($\text{Co} < 0,1 \text{ mg kg}^{-1}$) timutiproovid moodustavad 99% analüüsitud proovide üldkogumist ja seega ainult umbes 1% meil kasvanud timutist rahuldab piimakarja Co-vajaduse. Järelikult timuti veistele söötmisel tuleb veiste Co-vajaduse katmiseks koos timutiga kasutada ka Co-rikkamaid söötasid (jõusöödad, liblikõielised heintaimed).

Kuigi meie mullad on Soome muldadest Co-rikkamad, sisaldub meil kasvanud timutis koobaltit Soomes kasvanu omast vähem. Kähari ja Nissineni (1978) andmetel varieerub Soome timuti Co-sisaldus $0,000 \dots 0,210 \text{ mg kg}^{-1}$ vahel, olles 198 proovi keskmisena $0,062 \text{ mg kg}^{-1}$.

Analüüsiandmetest selgub ka, et mitte ühelgi juhul ei olnud timutis koobaltit söödataimedes maksimaalselt lubatud sisaldusest enam. Ka kõige suurem sisaldus – $0,110 \text{ mg kg}^{-1}$ – jäi veiste söödaratsiooni kuivaines maksimaalselt lubatust (30 mg kg^{-1}) oluliselt väiksemaks.

Vask (Cu)

Et Eestis on rohkesti (ligemale 40%) vasevaeseid muldi, on ka meil kasvanud taimed sageli vähese vasesisaldusega. Kogutud timutiproovide kuivaines sisaldus vaske $1,9 \dots 7,9$, keskmiselt $3,7 \text{ mg kg}^{-1}$ (joonis 1). Huvitav on seejuures märkida, et kõik vaserikkamad (Cu üle 6 mg kg^{-1}) proovid pärinevad Hiiumaal. Osaliselt on seda põhjustanud vaserikkamate timutiproovide võtukoha mulla kõrgem Cu-sisaldus (mullas liikuvat vaske $2,7 \dots 5,8 \text{ mg kg}^{-1}$). Kuid mitmel juhul ei korreleeru timuti ja selle kasvukoha mulla Cu-sisaldus kuigi hästi. Näiteks Metsalaukast (Hiiumaa) pärineva timuti kuivaines sisaldus vaske $7,9 \text{ mg kg}^{-1}$, kasvukoha mullas oli liikuvat vaske ainult $3,6 \text{ mg kg}^{-1}$. Samal ajal Putkastest märksa vaserikkama (liikuvat Cu $8,2 \text{ mg kg}^{-1}$) mullaga timutipõllult võetud timuti kuivaines oli vaske ainult $4,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Selline mittekorreleeruvus vasesisalduse vahel timutis ja kasvukoha mullas on osaliselt põhjustatud vaskväetiste kasutamisest mõnedel põldudel.

Tingituna vähesest vasesisaldusest jääb meil kasvanud timuti Cu-sisaldus söödataimedes optimaalseks peetavast väiksemaks. Ü. Olli (1974) andmetel peaks veiste söödaratsiooni kuivaines vaske sisalduma vähemalt $8 \dots 10 \text{ mg kg}^{-1}$. Kui veiste söödaratsiooni kuivaine vasesisaldus langeb alla $3 \dots 5 \text{ mg kg}^{-1}$, ilmnevad loomadel mitmesugused ainevahetushäired (Henning, 1972).

Toodust selgub, et meil kasvanud timuti veistele söötmine ei kata lüpsikarja vasevajadust. Söödataimede vasesisaldust saab suurendada aga vaskväetistega. Vasevaestel muldadel, eriti turvasmuldadel, tuleb timutisaagi ja heina vasesisalduse suurendamise eesmärgil timuti külvi eel anda hektari kohta $3 \dots 5 \text{ kg Cu}$.

Kuigi veised ja lambad on vase liia suhtes vähetundlikud, ei ole vase liigne sisaldus söödas soovitatav. Kui sööda kuivaines sisaldub vaske üle $20 \dots 40 \text{ mg kg}^{-1}$, hakkavad loomadel ilmnema mürgitusnähud (Bokris, 1982). Eestis kasvanud timutis ei ole toksilist vasesisaldust leitud.

Vaatamata sellele, et Eesti mullad on Soome omadest vaserikkamad, on meie timut Soomes kasvanud timutist vasevaesem. J. Kähari ja H. Nissineni (1978) andmetel oli Soome timutis keskmiselt $4,15 \text{ mg kg}^{-1}$ vaske. Eestis kasvanud timuti väiksem vasesisaldus on tingitud meie muldade kõrgemast pH-st. Arvukatest uurimustest (Kalmet, 1979; Kirpitsnikov jt., 1991) selgub, et kasvukoha mulla pH arvulise väärtuse suurenedes taimede vasesisaldus väheneb. R. Kalmeti (1979) uurimustest selgub, et mulla pH_{KCl} suurenedes ühe ühiku võrra, väheneb timuti vasesisaldus $1,05 \text{ mg kg}^{-1}$ võrra.

Elavhõbe (Hg)

Taimedesse satub elavhõbe valdavalt juurte kaudu mullast ja vähesel määral ka lehtede kaudu õhust. Et Eesti mullad kui ka õhk ei ole elavhõbedaga saastatud, sisaldub meie põllukultuurides, sealhulgas ka timutis elavhõbedat vähe. Põldudelt kogutud timutiproovide kuivaine Hg-sisaldus varieerub piirides $0,013 \dots 0,097 \text{ mg kg}^{-1}$ (joonis 1). Kogutud proovide keskmisena sisaldub timuti kuivaines seda $0,055 \text{ mg kg}^{-1}$. Seega ei ületanud timuti Hg-sisaldus mitte ühelgi juhul söödataimedes maksimaalselt lubatavat kogust ($0,1 \text{ mg kg}^{-1}$). Kuid Saaremaal Mustjalast võetud timutiproovi kuivaines sisaldus elavhõbedat $0,097 \text{ mg kg}^{-1}$, mis on lähedane söödataimedes maksimaalselt lubatavale piirsisaldusele. Ka timuti kasvukoha muld oli tavalisest Hg-rikkam, sisaldades $1 \text{ kg mullas } 0,1333 \text{ mg elavhõbedat}$. Ilmselt on siin tegu lokaalse saastatusega.

Valdavalt sisaldub timuti kuivaines elavhõbedat 0,03...0,07 mg kg⁻¹ piires. Toodust väiksema sisaldusega proovid moodustavad 17 ja suurema sisaldusega samuti 17% analüüsitud proovide koguarvust.

Mangaan (Mn)

Põllukultuuride Mn-sisaldus varieerub laiades piirides – 3...400 mg kg⁻¹ kuivaines (Ylärinta, Sillanpää, 1984; Kabata-Pendias, Pendias, 1989; Kalmel, 1996). Taimede Mn-sisaldus sõltub mitmetest teguritest, eeskätt taimeliigist ja mullaomadustest.

Timut kuulub keskmise Mn-sisaldusega põllukultuuride hulka. Meie poolt kogutud timutiproovides sisaldus mangaani 5,4...46,7, keskmiselt 20,6 mg kg⁻¹ (joonis 2) timuti kuivaines. Seejuures sõltub taimede Mn-sisaldus ka nende koristamisajast. Rohkem on seda taimedes kevaditi ja sügiseti, s.o. ajal, kui taimed kasvavad niiskemal mullal. Märjemuld on vähem õhustatud, mistõttu langeb mulla redokspotentsiaal. See põhjustab mullas suurema valentsiga Mn-ühendite üleminekut kahevalentseteks ühenditeks. Viimased on aga suurema valentsiga Mn-ühenditest liikuvamad ja taimede poolt paremini omastatavad (Aleksejev, 1987; Kabata-Pendias, Pendias, 1989). Meie oma uuringutes püüdsime mullaniiskuse erinevustest tingitud timuti Mn-sisalduse sõltuvust vältida sellega, et koristasime timuti juuni viimasel dekaadil, s.o. ajal, millal mullas on valdavalt optimaalne veerežiim.

Oluliselt mõjutab Mn-ühendite liikuvust mullas ja nende omastatavust taimede poolt ka kasvukoha mulla reaktsioon. Happelistes muldades esineb mangaan valdavalt 2-valentsete ühenditena. Neutraalses või aluselises keskkonnas tekivad aga raskestilahustuvad 3- ja 4-valentsed Mn-ühendid (Mengel, 1972). Järelikult taimede Mn-sisaldus on negatiivses korrelatsioonis kasvukoha mulla pH arvulise väärtusega. Sellega seletub ka asjaolu, miks karbonaatsel moreenil kujunenud muldadel kasvanud timutis sisaldub mangaani (17,8 mg kg⁻¹) vähem kui karbonaativaesel moreenil kujunenud muldadel kasvanus (25,0 mg kg⁻¹).

Osaliselt on mulla reaktsiooni erinevustega seletatav ka asjaolu, miks Soomes kasvanud timut on meil kasvanud timutist oluliselt Mn-rikkam. Kähari ja Nissineni (1978) andmetel sisaldub Soome timuti kuivaines keskmiselt 67,4 mg kg⁻¹ mangaani.

Mangaan osutub loomadele vajalikuks mikroelemendiks. See osaleb valgu ainevahetuses ja intensiivistab oksüdatsiooniprotsesse. Mangaani vaegusel väheneb loomade ind, suureneb abortide arv ja aeglustub kasv (Henning, 1972).

Taimsetest söötadest omastavad loomad mangaani suhteliselt vähe, alla 30% (Kuznetsov, 1992). Veiste päevane Mn-vajadus on aga 0,3 mg kehamassi iga kilogrammi kohta (Vlasjuk, 1974). Loomade Mn-vajaduse katmiseks peavad taimised söödad rikkalikult mangaani sisaldama. Söötade kuivaine optimaalseks Mn-sisalduseks loetakse lehmadele 30 ja mullikatele 40 mg kg⁻¹ (Older, 1997). Lehmadele optimaalse Mn-sisaldusega proovid moodustasid analüüsitud proovide kogumist ainult 7%. Alla 10 mg kg⁻¹ Mn-sisaldust veiste söödaratsiooni kuivaines loetakse väga väikseks. Nii väikest Mn-sisaldust esines ainult 1 proovis. Valdav osa (92%) timutist on meil madala (10...30 mg kg⁻¹) Mn-sisaldusega.

Ka liiga kõrge Mn-sisaldus söödas ei ole soovitatav. See takistab raua omastamist, millega kaasneb vere hemoglobiinisalduse alanemine, söögiisu vähenemine ja ateroskleroosijuhude sagenemine (Henning, 1972). Taimsete söötade kuivaine maksimaalselt lubatud Mn-sisalduseks loetakse 300 mg kg⁻¹ (Henning, 1972; Aleksejev, 1987). Nii suurt Mn-sisaldust ei esinenud isegi 1998. a. vihmasel suvel kasvanud timutis.

Molübdeen (Mo)

Kogutud timutiproovide kuivaines sisaldus 0,15...2,62, keskmiselt 1,05 mg kg⁻¹ molübdeeni. Kui teisi vaatluse all olevaid raskmetalle oli karbonaatsel moreenil kujunenud muldadel kasvanud timutis vähem kui karbonaativaesel moreenil kujunenud muldadel kasvanus, siis Mo-sisalduse puhul on pilt vastupidine: esimesel juhul sisaldus timuti kuivaines molübdeeni 1,15 ja teisel juhul 0,89 mg kg⁻¹. Silma paistab aga see, et kõik Mo-rikkamad (Mo kuivaines üle 2 mg kg⁻¹) timutiproovid pärinevad Lääne-Virumaalt, Mo-vaesemad (Mo alla 0,5 mg kg⁻¹) aga hajutatult Lõuna- ja Kesk-Eestist. Lääne-Virumaa timuti suurem Mo-sisaldus on enamasti tingitud suuremast Mo-sisaldusest kasvukoha mullas.

Võrreldes Eestis ja Soomes kasvanud timuti Mo-sisaldust, selgub, et meil kasvanud timutis on molübdeeni kaks korda enam kui Soomes kasvanus; A. Paasikallio (1978) andmetel sisaldub Soome timuti kuivaines molübdeeni keskmiselt 0,49 mg kg⁻¹.

Loomade molübdeenivajadus on suhteliselt väike. V. Korjakina (1974) andmetel ei ole loomadel molübdeenipuudusest tingitud haigusnähtusi seni täheldatud. A. Henning (1972) märgib aga, et mäletsejate söödaratsiooni kuivaines peab sisalduma vähemalt $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ molübdeeni.

Söödataimede kuivaine molübdeeni optimaalse sisalduse kohta on kirjanduses andmed lahkuminevad. B. Fedjuškin (1984) soovib selleks $0,2 \dots 0,25$, S. Barber (1988) ja V. Minejev (1990) aga $0,5 \dots 2 \text{ mg kg}^{-1}$. Seega Eestis kasvanud timuti Mo-sisaldus mahub enamasti optimaalse piiridesse. $0,51 \dots 2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ Mo-sisaldusega proovid moodustasid 86% proovide kogumist.

Molübdeeni liig söödataimedes ei ole soovitatav, sest põhjustab veistel kõhulahtisust ja sellest tingitud toodangu alanemist. Söödataimede kuivaine $10 \dots 15 \text{ mg kg}^{-1}$ ületavat Mo-sisaldust loetakse juba toksiliseks (Scheffer, Schachtschabel, 1982; Barber, 1988). Nii Mo-rikast timutit analüüsitud proovide hulgas aga ei olnud. On ka leitud (Henning, 1972), et veised on molübdeeni liia suhtes lammastest ja hobustest tundlikumad.

Tsink (Zn)

Tsink osutub vajalikuks mikroelemendiks nii taimedele kui ka loomadele. Et Eesti haritava maa Zn-sisaldus varieerub laiades piirides ja et taimede Zn-sisaldus sõltub kasvukoha mulla Zn-sisaldusest, siis varieerub ulatuslikult ka timuti Zn-sisaldus. Kogutud timutiproovide kuivaines oli tsinki $10,6 \dots 35,8$ ehk keskmiselt $16,7 \text{ mg kg}^{-1}$.

Veiste söödaratsiooni kuivaine optimaalseks Zn-sisalduseks loetakse $20 \dots 30 \text{ mg kg}^{-1}$ (Oll, Pork, 1966; Minejev, 1990). Sellise zootehniliselt optimaalse Zn-sisaldusega timutiproovid moodustasid ühe viiendiku analüüsitud proovide kogumist (joonis 2). Ülejäänud timutiproovides oli tsinki soovitus vähem. Zn-vaegusel ilmneb loomadel isutus, aeglustub kasv ning ilmnevad nahakahjustused, mida nimetatakse ka parakeratoosiks. Seejuures on Zn-vaegus komplitseeritud ja see ei sõltu ainult söödaratsiooni Zn-sisaldusest, vaid ka tsingi ja mõnede teiste toiteelementide omavahelisest suhtest söödas. Eriti tugevasti mõjutab söödas sisalduva tsingi omastamist kaltsium. Mida enam on söödas kaltsiumi, seda halvemini omastatakse sealt tsinki.

Tsingi ülesöötmine ei ole eriti ohtlik, sest kahjulikult mõjuvad alles väga suured Zn-annused. Söödade maksimaalselt lubatud Zn-sisalduseks loetakse $300 \dots 500 \text{ mg kg}^{-1}$ (Oll, Pork, 1966; Allaway, 1968). Nii Zn-rikast timutit meie poolt kogutud proovide seas ei leidunud ja seega timuti loomadele söötmine ei põhjusta Zn-mürgitust.

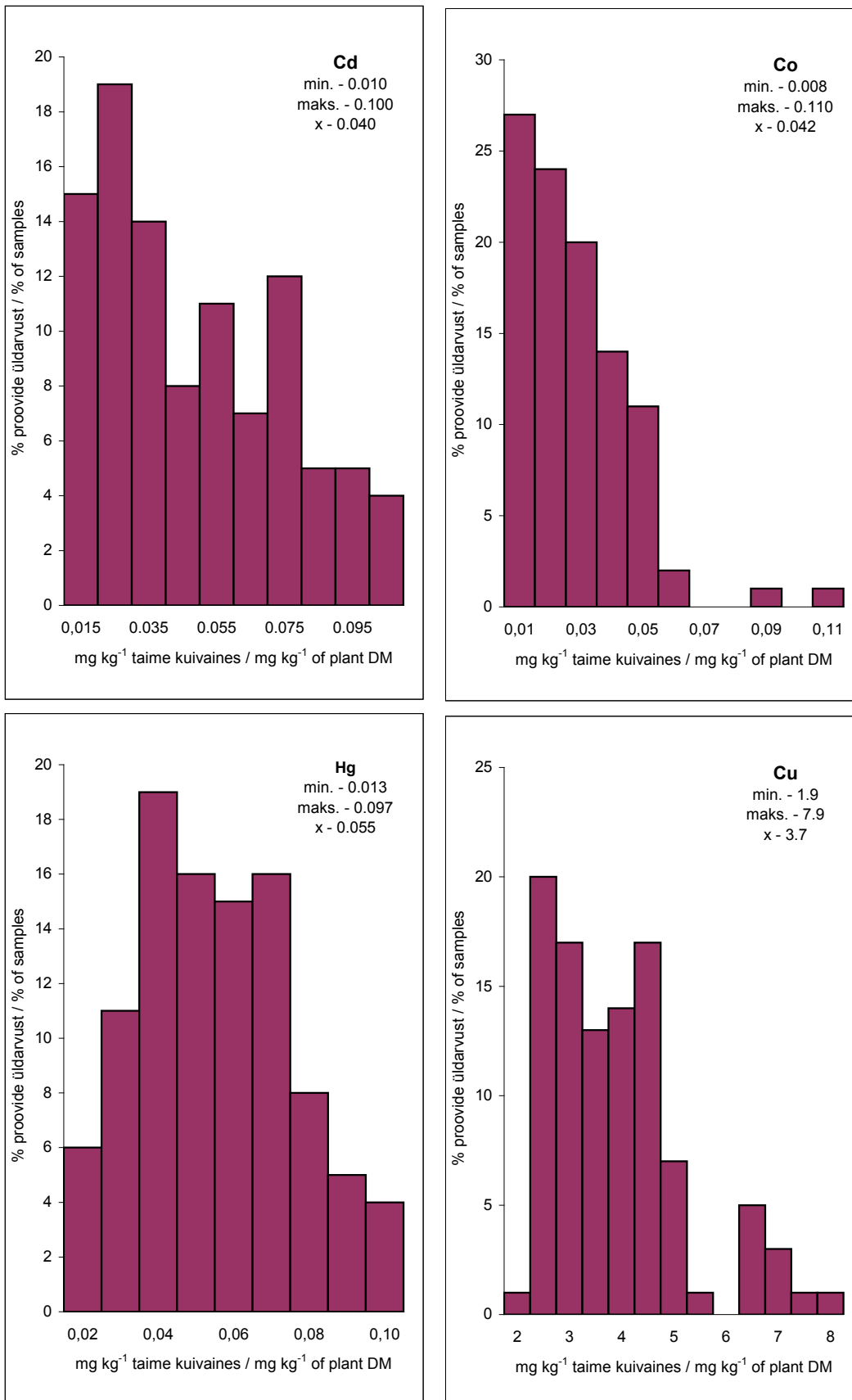
Plii (Pb)

Plii on biosfääris laialt levinud element, seda leidub meid ümbritseva keskkonna kõikides komponentides: mullas, õhus, vees, taimedes ja loomades. Taimedes varieerub pliiisisaldus laiades piirides, sõltudes taime liigist, Pb-sisaldusest mullas ja õhus ning mitmetest mullaomadustest (pH, huumusesisaldus jne.). Jooniselt 2 selgub, et ka Eesti erinevatelt aladelt kogutud timutiproovides varieerub Pb-sisaldus laiades piirides. Analüüsitud proovide kuivaines oli pliid $0,09 \dots 2,08$ ehk proovide keskmisena $0,44 \text{ mg kg}^{-1}$.

Söödataimedest satub plii loomorganismi. On leitud (Hapke, 1983), et täiskasvanud veis võib päevas söödaga saada kuni 150 mg pliid. Suuremate pliiikoguste organismi sattumine põhjustab kas tervisehäireid või isegi surma. Et loomorganismi ei satuks pliid ohtlikus koguses, ei või söödad olla pliiirikkad. Enamikus riikides loetakse söödataimede kuivaine maksimaalselt lubatud Pb-sisalduseks $2 \dots 3 \text{ mg kg}^{-1}$ (Minejev jt., 1982; Iljin jt., 1985). Kuid on lubatud ka 10- (Sauerbeck, 1983; Stepanok, 1998) ja isegi 15-...30- (Hapke, 1983) milligrammist Pb-sisaldust söödataimede kuivaines.

Võttes aluseks Euroopa Liidu riikides kasutusel oleva söödataimede maksimaalselt lubatava Pb-sisalduse (3 mg kg^{-1}), näeme, et mitte ühelgi juhul ei ole Eestis kasvanud timutis pliid lubatust enam. Analüüsitud 74 timutiproovist sisaldus 72 proovi kuivaines pliid alla $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ja ainult kahes proovis oli seda üle $1,4 \text{ mg kg}^{-1}$. Mõlemad suhteliselt Pb-rikkamad timutiproovid pärinevad Saaremaalt, üks neist Viidult ($1,54$) ja teine Kaarmalt ($2,08 \text{ mg kg}^{-1}$ Pb).

Võrreldes aga Eestis ja Soomes kasvanud timuti Pb-sisaldust, selgub, et meil kasvanud timut on Soome omast Pb-rikkam, sest Paasikallio (1978) andmetel varieerub Soomes kasvanud timuti Pb-sisaldus $0,01 \dots 2,16 \text{ mg kg}^{-1}$ vahel, olles 2000 proovi keskmisena $0,29 \text{ mg kg}^{-1}$.



Joonis 1. Timutiproovide Cd-, Co-, Cu- ja Hg-sisalduse jagunemine erinevate sisaldusrühmade

kaupa

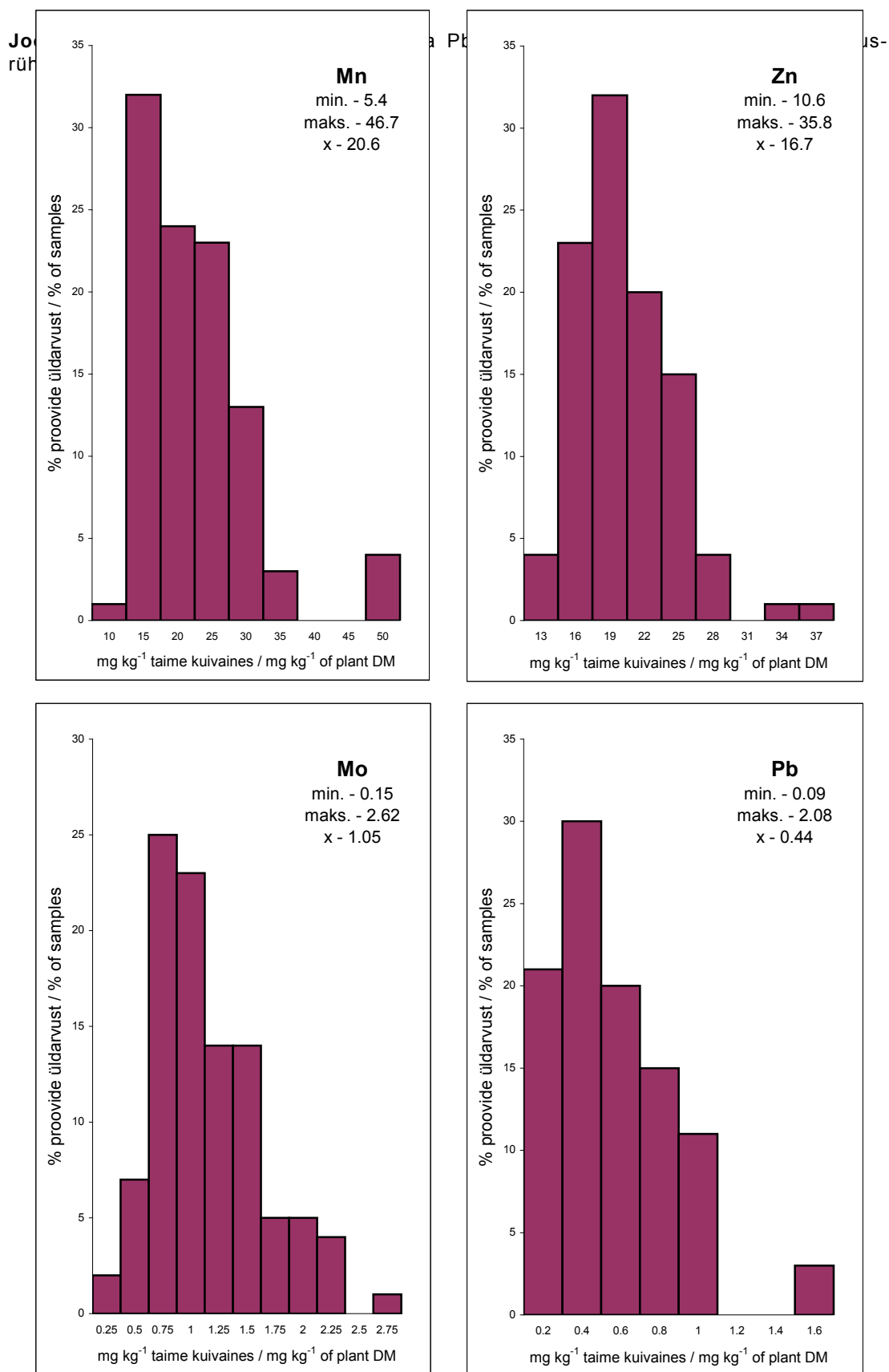
Figure 1. Division of the timothy samples among different classes of Cd, Co, Cu and Hg contents

Figure 2. Division of the timothy samples among different classes of Mn, Zn, Mo and Pb contents

Kokkuvõte ja järeldused

Tähtsas söödakultuuris timutis sisaldub alati nii ohtlikeks peetavaid (Cd, Hg, Pb) kui ka mikroelementidena käsitletavaid (Co, Cu, Mn, Mo, Zn) raskmetalle, mille sisaldus ei tohi ületada söödataimede maksimaalselt lubatud piirkontsentratsiooni. Mikroelemente peab timutis kui söödataimes olema aga vajalikul määral. Nende vähene sisaldus alandab timuti toiteväärtust.

Eesti Maaviljeluse Instituudis läbiviidud uurimistest selgub, et Eesti põldudel ja rohumaaudel kasvanud öitsemisfaasis koristatud timutis sisaldub ohtlikke raskmetalle alati LPK-st vähem. Seega ei ole meil kasvanud timut ohtlike raskmetallidega saastatud.

Ka mikroelementidena käsitletavaid raskmetalle on timutis maksimaalselt lubatust vähem. Et viimastel aastatel ei ole heinapõlde ja rohumaid mikroelemente sisaldavate väetistega väetatud, on Co, Cu, Mn ja Zn timutis söödataimedes optimaalseks peetavast sisaldusest sageli vähem. See alandab timuti bioloogilist toiteväärtust. Ainult Mo-sisalduselt vastab timut valdavalt veistele söödetaivate rohusöötade nõuetele.

Et saada mikroelementide sisalduselt täisväärtuslikku sööta, tuleb timutit Co, Cu, Mn ja Zn sisaldavate kompleksväetistega väetada.

Kirjandus

- Aleksejev: Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Ленинград, 1987. – 142 с.
- Allaway W. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. – Adv. in Agron, 2, p. 235...274, 1968.
- Barber: Барбер С. А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. – Пер. с англ., Москва, Агропромиздат, 1988. – 376 с.
- Bokris: Бокрис Дж. Химия окружающей среды. – Пер. с англ., Москва, Химия, 1982. – 672 с.
- EEC Direkt. 95/361.
- Fedjuškin: Федюшкин Б. Б. Минеральные удобрения с микроэлементами. – Ленинград, Химия, 1984. – 272 с.
- Harpe H. J. Chemische Verunreinigungen in Lebensmitteln tierischer Herkunft als Folge der Klärschlammanwendung. – Schweiz. Arch. Tierheilk. 125, 10, p. 685...693, 1983.
- Henning A. Mineralstoffe. Vitamine. Ergotropika. – Berlin, 1972. – 636 S.
- Пјин jt.: Ильин В. Б. и др. Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожайность с.-х. культур. Агрохимия, 6, с. 90...100, 1985.
- Kabata-Pendias, Pendias: Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – Пер. с англ., Москва, Мир, 1989. – 439 с.
- Kalmet R. Mikroelementid Eesti NSV maaviljeluses. – Tallinn, Valgus, 1979. – 176 lk.
- Kalmet R. Mikroelementide sisaldusest taimedes, olenevalt liigist, kasvufaasist ja väetamisest. – Eesti Põllumajandusülikooli teadustööde kogumik 187, Tartu, lk. 39...46, 1996.
- Kirpitšnikov jt.: Кирпичников Н. А. и др. Контроль за поступлением микроэлементов в растения. – Химизация сельского хозяйства, 10, с. 45...49, 1991.
- Koltsinskij: Колцинский Б. Д. Минеральные вещества в кормлении животных. – Ленинград, Агропромиздат, 1985. – 207 с.
- Korjakina: Корякина В. Ф. Микроэлементы в сенокосах и пастбищах. – Москва, Колос, 1974. – 168 с.
- Kovalskij: Ковальский В. В. Значение кобальта для животного организма. Микроэлементы в жизни растений и животных. – Москва, Изд. АН СССР, с. 436...465, 1952.
- Kuznetsov: Кузнецов С. Т. Биологическая доступность минеральных веществ для животных. – Москва, ВНИИТЭИ, 1992. – 52 с.
- Kähari J., Nissinen H. The Mineral Element Contents of Timothy (*Phleum pratense* L.) in Finland. I. The Elements Calcium, Magnesium, Phosphorus, Potassium, Chromium, Cobalt, Copper, Iron, Manganese, Sodium and Zinc. – Mineral Elements in Finnish Crops and Cultivated Soils. Acta Agriculturae Scandinavica. Supplementum 20. Stockholm, p. 26...39, 1978.
- Mengel K. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Jena, 1972. – 470 S.

- Minejev jt.: Минеев В. Г. и др. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной химизации. – Агрохимия, 9, с. 126...140, 1982.
- Minejev: Минеев В. Г. Химизация земледелия и природная среда. – Москва, Агропромиздат, 1990. – 287 с.
- Older H. (koostaja). Piimakarjapidaja ja konsulendi käsiraamat. – Saku, AS Rebellis. 1997. – 231 lk.
- Oll Ü. Veiste mineraalelementidetarbest. – Sotsialistlik Põllumajandus, 1, lk. 22...27, 1974.
- Oll Ü., Pork R. Tsink põllumajandusloomade toitefaktorina. – Sotsialistlik Põllumajandus, 19, lk. 739...741, 1966.
- Paasikallio A. The Mineral Element Content of Timothy (*Phleum pratense L.*) in Finland. II. The Elements Aluminium, Boron, Molybdenum, Strontium, Lead and Nickel. – Acta Agriculturae Scandinavica. Supplementum 20. Stockholm, p. 40...52, 1978.
- Sauerbeck O. Welche Schwermelallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigung zu vermeiden? – Landwirt. Forsch. Soderh. 39, p. 108...129, 1983.
- Scheffer F., Schachtschabel P. Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart, Enke, 1982. – 442 S.
- Sillanpää M., Jansson H. Status of cadmium, lead, cobalt and selenium in soils and plants of thirty countries. – EAO Soil Bulletin 65, Rome, 1992. – 195 p.
- Stepanok: Степанок В. В. Влияние высоких доз свинца на элементарный состав растений. Агрохимия, 7, с. 69...76, 1998.
- Vlasjuk jt.: Власюк и др. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений, животных и человека. Киев, 1974. – 220 с.
- Ylärinta T., Sillanpää M. Micronutrient contents of different plant species grown side by side. – Ann. Agric. Fenn. 23, p. 158...170, 1984.