

# HARULDASED MULDMETALLID KULTUURTAIMEDE BIOLOOGILISTE PROTSESSIDE JA SAAGIKUSE MÕJUTAJANA

M. Järvan

*Eesti Maaviljeluse Instituut*

## Sissejuhatus

Haruldased muldmetallid ehk lantanoidid on keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi III rühma 6. perioodi 15 keemilist elementi, mille järjekorranumbrid on 57 kuni 71. Kõikide lantanoidide füüsikalise-keemilised omadused on väga sarnased. Lantaan, tseerium, praseodüüm, neodüüm, promeetium ja samaarium kuuluvad kergete muldmetallide gruppi. Haruldased muldmetallid ei ole sugugi nii haruldased, kui nime järgi võiks eeldada. Nende rühm on maakoore tähtsamate komponentide seas 15. kohal. Haruldased muldmetallid esinevad alati kooslusena, s.t ühes ja samas mineraalis, enamasti fosfaatide või silikaatidena. Muldmetallide elementide eraldamine üksteisest oli nende suure sarnasuse tõttu varem väga raske ja aeganõudev, kaasaegse tehnoloogiaga on see oluliselt lihtsustunud (Brown *et al.*, 1990).

Haruldaste muldmetallide suurimad uuritud varud nende alanevas järjekorras asuvad Hiinas, USA-s, Indias, endise NSV Liidu territooriumil, Lõuna-Aafrika Vabariigis, Austraalias, Kanadas, varusid on ka Skandinaavia maades (Brown *et al.*, 1990). Nende tootmine on kaasajal kontsentreerunud vaid üksikute suurfirmade kätte, mis põhiliselt paiknevad maardlate lähikonnas. Sisseveetava tooraine baasil töötav AS Silmet Sillamäel asub haruldaste muldmetallide tootmismahult maailmas teisel kohal.

Lantanoidide taimekasvatases kasutamise alal tehti esimesed katsed juba 1930-ndail aastail. Need uurimused olid aga juhuslikku laadi ning ei olnud tehtud põllumajandusteaduse valdkonnas. Lantanoidide põllumajandusliku kasutamise süsteemikindel uurimine algas Hiinas 1979. aastal. Hiinas, Indias, Austraalias jt kaguriikides, kus asuvad haruldaste muldmetallide suurimad varud maailmas, ongi tehtud valdav osa sellealastest teaduslikest uuringutest. On selgitatud lantanoidide mõju taime füsioloogilistele protsessidele, nende elementide toksikoloogiat ja keskkonnanähtu, põllumajandusliku kasutamise tehnoloogiat jm. Selgus, et lantanoidide kasutamisega oli võimalik mõjutada taime produktiivsust ja keemilist koostist (Guo, 1985; Brown *et al.*, 1990; Diatloff *et al.*, 1995). Hiinas on välja töötatud spetsiaalne väetis, mis sisaldab peamise komponendina lahustuvaid haruldaste muldmetallide ühendeid, ning tehtud sellega arvukalt katseid. Lantanoidide kasutamine on suurendanud saake olenevalt kultuurist 6–20% ning parandanud ka mõningaid saagi kvaliteedi näitajaid (Guo, 1985; Zhong *et al.*, 1996). Haruldasi muldmetalle sisaldavate väetiste kasutamine Hiinas on viimasel ajal kiiresti ja ulatuslikult laienenud.

Queenslandi Ülikooli professor Colin Asher (1991) märgib, et kuigi Hiina põllumajandus kasutab haruldasi muldmetalle väetisena suures ulatuses ning neid peetakse efektiivseteks, on nende elementide toimemehhanismide selgitamiseks edaspidi vaja teha hästi kontrollitud ja dokumenteeritud eksperimente.

Haruldaste muldmetallide toimet kultuurtaimedele on uuritud alles väga lühikest aega, selles on veel palju ebaselget. Paljudes uurimustes ei ole katsete metoodikat, sh optimaalseid kasutuskiirusi avalikustatud, on piirdutud üksnes tulemuste konstateerimisega. Mitmesugused taimeliigid on haruldaste muldmetallide ja nendega töötlemise kiirustega suhtes erineva tundlikkusega, ka kasutamise aeg mõjutab oluliselt tulemust (Guo, 1985; Bai *et al.*, 1993; Shi *et al.*, 1994; Diatloff *et al.*, 1995).

Kui haruldasi muldmetalle hakati kasutama väetisena, huvituti kohe ka nende võimalikust toksilisusest. Vastavaid uurimusi on tehtud paljudes riikides. Arkansase Meditsiiniteaduste Ülikooli professori Thomas Haley (1985) andmeil on lantanoidide seeria elementide akuutne toksilisus madal. Ka mitmed teised uurijad kinnitavad, et neid elemente sisaldavate väetiste kasutamine on üsna ohutu.

Eestis alustati haruldasi muldmetalle ja nitraate sisaldavate lahuste katsetamist taimekasvatases AS Silmeti arendusdirektori tehnikadoktor Valentin Suško ja põllumajandusdoktor Malle Järvani koostööna 1997. aastal. Juba esialgsete katsete tulemused (Järvan, 1997) olid huvipakkuvad ning aluseks edasistele uuringutele. Aastail 1997–2004 katsetati Eesti Maaviljeluse Instituudi ja AS Silmeti vaheliste koostöölepingute raames tugevakontsentratsioonilisi haruldaste muldmetallide (HMM) nitraadilahuseid paljudel kultuurtaimedel nii põllu kui katmikala tingimustes.

**Võtmesõnad:** haruldased muldmetallid, seemnete leotamine, taime pritsimine, teraviljad, köögiviljad.

## Materjal ja meetodika

Katsete läbiviimiseks kasutati AS Silmeti tootmisprotsessis tekkivat HMM tugevakontsentratsioonilist lahust, mille partiid sisaldasid HMM oksiide ( $\Sigma R_2O_3$ ) 221-228 g ühe liitri kohta. HMM oksiididest moodustasid La 90,5%, Ce 4,0%, Pr 3,7%, Sm 0,1%.

Vastavalt katsete variantidele lahjendati lähtelahus veega ettenähtud kontsentratsioonideni vahetult enne katsete rajamist. Kontrollvariandiks oli vesi. Mitmesugustes kontsentratsioonides HMM sisaldavaid lahuseid kasutati kultuurtaimede mõjutamiseks eri viisidel: seemnete leotamiseks, koos lämmastikvedelväetisega mulda andmiseks, lisatuna paagisegusse teraviljade umbrohutõrjel, lahjendatud vesilahusena turvassubstraadisse segamiseks, nõrgakontsentratsiooniliste lahustega pritsiti taimi ka kasvuaegselt. Katseid tehti suvinisu, põld- ja aedherne, lehtsalati, tomati ja kurgiga.

Suvinisu ja herne seemnete leotamise puhul kasutati katsete esimeses järgus ka provokatsiooniliselt väga tugevaid kontsentratsioone. Üldse katsetati 12 erineva kontsentratsiooniga lahust, milles  $\Sigma R_2O_3$ -sisaldus oli 220 kuni 0,05 g/l. Liikudes tugevatelt kontsentratsioonidelt järk-järgult nõrgemate suunas, püüti välja selgitada efektiivselt toimivate kontsentratsioonide suurusjärk, selleks et edaspidi korraldada katseid sellele lähedases piirkonnas. Katsetati erinevaid leotamisaegu vahemikus 45 minutit kuni ööpäev, samuti erinevaid ajavahemikke (mai-juuni ja september-oktoober), s.o selgitati erineva päevapikkuse mõju.

Suurem osa seemnete HMM-lahustes leotamise katsetest toimus kasvuhoone tingimustes. Leotatud ja veidi tahendatud seemned pikiti pintsettidega katsenõudesse niiskele kasvusubstraadile ( $pH_{KCl}$  5,9, toitainete sisaldus mõõdukas) ning kaeti liivaga. Nisul oli katsenõu kohta 50 tera, hernel 15 või 20 tera; vajalik arv seemneid loeti valmis enne lahustesse panekut. Katsed olid neljas korduses. Määrati nisu ja herne tärkamine ning taimede mass, osal katsetest ka N, P, K, Ca sisaldus taimede kuivaines.

HMM nõrgakontsentratsioonilistes lahustes ( $\Sigma R_2O_3$ , 0,05; 0,1 ja 0,2%) 3,5 tunni jooksul leotatud aedhernega korraldati aastail 1999–2000 mineraalmullal kokku 4 mikropõldkatset. Kontrollvariandi seemneid leotati vees. Kaunu korjati vastavalt koristusküpsusele, igas katses kolmel korral. Määrati toorkaunte kogusaak.

Uurimaks teravilja külvi eel mulda antud HMM mõju suvinisule, korraldati 2001. aastal ühesuguse skeemi järgi põldkatsed EMVI Olustvere katsejaamas sordiga 'Munk' ja Sakus Üksnurme katsealal sordiga 'Tjalve'. HMM normiga  $\Sigma R_2O_3$  0,5 ja 1,0 kg/ha doseeriti Silmeti lämmastikvedelväetisesse, mis sisaldas N 204 g/l ja Na 30 g/l ja mida anti külveelse kultiveerimise alla N 60 kg/ha. Katselapi suurus oli Olustveres 45 m<sup>2</sup> ja Sakus 35 m<sup>2</sup>. Katsed oli neljas korduses. Määrati nisu saagikus ja terade proteiinisaldus.

2001. ja 2002. aastal uuriti Sakus põldkatsetes umbrohutõrjel töölahusesse lisatud HMM ( $\Sigma R_2O_3$  228 g/ha) toimet suvinisule. Herbitsiidina kasutati Granstari 10 g/ha + Staranet 500 ml/ha. Pritsimislahuse kulunorm oli 250 l/ha.

Kasvuhoonekõõgiviljadel katsetati HMM toimet kahel viisil. Katsetes salatiga doseeriti HMM vastavalt eellahjendatud lahustega turvassubstraadisse enne salatitõusmete pikeerimist sellele. Katsetati kontsentratsioone  $\Sigma R_2O_3$  1,08 kuni 108 mg ühe liitri substraadi kohta. Määrati saak katsenõu kohta ja salati nitraatidesisaldus.

Kolmel aastal selgitati istikute HMM-lahustega pritsimise mõju kasvuhoonekurgu ja -tomati saagile ning kvaliteedinäitajatele, sh maitsele. Turvassubstraadil potitaimedena kasvatatud hästiarenenud istikute lehti pritsiti paar päeva enne kasvukohale istutamist lahustega, mis sisaldasid 0,05 kuni 0,5%  $\Sigma R_2O_3$ . Kontrollvariandi taimi pritsiti veega. Katsed olid 5–6 korduses. Üks taim moodustas korduse, saagiarvestust peeti üksiktaimede kaupa. Tomati maitset degusteeriti kahel korral, kokku 29 hindaja poolt.

Katseandmed töödeldi variatsioonstatistiliselt dispersioonanalüüsi meetodil.

## Tulemused ja arutelu

Suvinisu 'Satu' seemnete leotamist HMM erineva kontsentratsiooniga lahustes uuriti kokku viies nõukatses (Järvan *et al.*, 1999). HMM mõju nisu tärkamisele ja noorte taimede kasvule olenes terade leotamise ajast ja lahuse kontsentratsioonist.

Lühiajaline (45 minuti jooksul) leotamine mõõduka kontsentratsiooniga ( $\Sigma R_2O_3$  1,1; 2,2; 5,5 ja 11 g/l) lahustes ei mõjutanud tärkamist. Tugevamate kontsentratsioonide puhul hakkas tärkamine veidi vähenema. HMM mõõduka kuni kõrge kontsentratsiooniga ( $\Sigma R_2O_3$  1,1; 2,2; 5,5; 11; 22; 55; 110 g/l) lahustes lühiajalise leotamise tulemusena kasvanud nisutaimede keskmine mass oli 17,9–21,7% suurem kui veega leotamise puhul.

24 tundi kestnud leotamine mõõduka kontsentratsiooniga ( $\Sigma R_2O_3$  1,1–5,5 g/l) lahustes ei mõjutanud tärkamist, kuid suurendas noorte taimede massi 20,4–26,2%. Lahused kontsentratsiooniga >5,5 g/l  $\Sigma R_2O_3$  mõjusid nisule toksiliselt – tärkamine pidurdus ning taimede mass vähenes järsult.

Eelkirjeldatud kahe katse tulemuste alusel otsustati, et edaspidi tasub nisuterade leotamise katsetusi jätkata mõõduka kuni nõrga kontsentratsiooniga HMM-lahustega. Välismaistes, põhiliselt Hiina päritoluga kirjandusallikates ebapiisavalt avaldatud meetodikate tõttu ei olnud HMM optimaalsete kontsentratsioonide osas kahjuks võimalik tugineda teiste teadlaste uuringutele.

Nisuterade leotamisel nõrga kuni mõõduka kontsentratsiooniga HMM-lahustes mõjusid taimede kasvule kõige efektiivsemalt lahused, mille  $\Sigma R_2O_3$ -sisaldus oli 0,1–0,5 g/l. Selliste kontsentratsioonide toimel suurenes terade 21-tunnise leotamise korral noorte taimede mass juunis läbiviidud katses 8,7–16,3% ning 24-tunnise leotamise korral septembris-oktoobris 5,9–7,1%. Tõenäoliselt võis nende kahe katse tulemusi mõjutada ka erinev päeva pikkus, mis juunis tehtud katse ajal oli keskmiselt 18,5 tundi, sügisel tehtud katsete puhul aga 11,5 tundi. Valgusvaesel ajal (septembris-oktoobris) andis paremaid tulemusi nisuterade lühiajaline (12 tundi) leotamine, siis suurenes taimede mass HMM ( $\Sigma R_2O_3$  0,2–1 g/l) toimel 13,3–16,9%.

Herne 'Carneval' seemnete leotamiseks kasutati mõõduka kuni tugeva kontsentratsiooniga HMM-lahuseid (Järvan, 2001a). Kontsentratsioonid 1,1 ja 2,2 g/l  $\Sigma R_2O_3$  praktiliselt ei mõjunud herne tärkamisele, nendest tugevamad kontsentratsioonid aga vähendasid tärkamist oluliselt. Kui vees leotatud herne tärkamine oli keskmiselt 93%, siis kontsentratsioonidel >2,2 g/l  $\Sigma R_2O_3$  langes see 78–56%-le. Hernetaime keskmine mass suurenes mai algul rajatud katses 3,5-tunnisel leotamisel kontsentratsioonide 1,1–2,2 g/l  $\Sigma R_2O_3$  piirkonnas 13,0–27,0%. Juuni esimesel poolel läbiviidud katses suurendas 4-tunnine leotamine HMM-lahustes kontsentratsiooniga 5,5–22 g/l  $\Sigma R_2O_3$  hernetaimede massi 21,8–31,0%. Üllatav oli hernetaimede massi oluline suurenemine ülitugevate (110 ja 220 g/l  $\Sigma R_2O_3$ ) kontsentratsioonidega lahustega töötlemise tulemusena. Nendesse lahustesse asetatud herned, erinevalt nõrgemakontsentratsioonilistes lahustes leotatutest, ei paisunud, s.t toksilise kontsentratsiooniga lahus ei pääsenud seemnetesse. Tõenäoliselt ilmnes HMM positiivne toime tänu seemnete pinnale jäänud ainele.

Hernetaimede maapealse osa ja pestud juurte kuivmaterjali analüüsimisel selgus, et HMM kõik kontsentratsioonid, välja arvatud maksimaalne, 220 g/l  $\Sigma R_2O_3$ , suurendasid kaltsiumi sisaldust maapealses osas ja vähendasid seda juurtes. HMM kontsentratsioonid, mis olid efektiivsed hernetaimede kasvu seisukohalt (5,5–22 g/l  $\Sigma R_2O_3$ ), suurendasid juurte fosforisisaldust 7,5–25,3% ja kaaliumisisaldust 14,4–28,9%. Sellest võib järeldada, et HMM abil on võimalik mõjutada teiste toiteelementide omastamist. Ka mitmed teadlased (Leonard *et al.*, 1975; Guo, 1985; Zhu *et al.*, 1994; Diatloff *et al.*, 1995) on oma katsetes erinevate kultuuridega teinud kindlaks, et HMM teatud kontsentratsioonides soodustavad fosfori ja kaaliumi omastamist juurte poolt ning nende liikumist lehtedesse; tugevamad kontsentratsioonid aga inhibeerivad taimetoitainete vastuvõtmist, juurte ja maapealsete orgaanite kasvu ning võivad põhjustada lehtede kahjustusi.

Aedherne 'Kelvedon Wonder' leotamine nõrgakontsentratsioonilistes HMM-lahustes 3,5 tunni jooksul enne külvamist suurendas toorkaunte saaki kõigis neljas katses (tabel 1). Lahused kontsentratsioonides 0,05; 0,1 ja 0,2%  $\Sigma R_2O_3$  avaldasid peaaegu ühesugust toimet, suurendades saaki umbes 20%.

**Tabel 1.** Haruldaste muldmetallide ( $\Sigma R_2O_3$ ) mõju aedherne saagile

Leotuslahuse kontsentratsioon	Toorkaunte mass, g/m <sup>2</sup>				Katsete keskmine	
	I	II	III	IV	g/m <sup>2</sup>	%
0	1406	1414	1233	1516	1392	100
0,05% $\Sigma R_2O_3$	1590	1722	1786	1610	1677	120,5
0,10% $\Sigma R_2O_3$	1547	1627	1863	1570	1652	118,7
0,20% $\Sigma R_2O_3$	1920	1861	1294	1709	1696	121,8
PD 95%					235	16,9

Teraviljakulvi eel mulda antud HMM mõju suvinisule uuriti ühesuguse skeemi järgi tehtud suuremahulistes põldkatsetes Sakus ja Olustveres. Kultiveerimise alla antud lämmastikvedelväetisesse doseeritud HMM mõjul saadi Olustveres saagilisa 149–310 kg/ha ehk 3,2–6,8% (tabel 2). Saku katse tingimustes ei avaldanud HMM suvinisu saagikusele positiivset toimet. Kummaski katses ei suurendanud HMM ka terade proteiinisisaldust.

**Tabel 2.** Lämmastikvedelväetise ja haruldaste muldmetallide mõju suvinisu saagile

Katsevariant	Olustvere, sort 'Munk'		Saku, sort 'Tjalve'	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Väetiseta	3570	100	4073	100
Vedelväetis N60 kg/ha	4587	128,5	4888	120,0
Vedelväetis N60 kg/ha+ $\Sigma R_2O_3$ 1,0 kg/ha	4897	137,2	4838	118,8
Vedelväetis N60 kg/ha+ $\Sigma R_2O_3$ 0,5 kg/ha	4736	132,7	4837	118,8
PD 95%	275	7,7	388	9,5

HMM-ga väetamine on majanduslikult efektiivsem teha koos mõne teise agrotehnoloogilise tööga. On võimalik, et teatud juhtudel lisandub ka sünergismi efekt. Nii näiteks suurenes kõrsumisfaasis HMM ja kasvuregulaatoriga töötlemise koosmõjul nisusaak rohkem kui nende preparaatidega eraldi pritsimisel

(Zhang, 1985). Sakus uuriti kahel aastal herbitsiidilahusesse lisatud HMM mõju teraviljade saagikusele. HMM normiga  $\Sigma R_2O_3$  228 g/ha suurendas suvinisu 'Tjalve' saaki 632 kg/ha ehk 14,0% (Järvan *et al.*, 2002).

Ka kirjanduses leidub positiivseid tulemusi suvinisu HMM-ga töötlemise kohta. Seemne töötlemine ja kasvuaegne pritsimine HMM-lahustega on nõukatses suurendanud terasaaki olenevalt mullaerimist 5,2–14,0% (Xie, Chang, 1985). Samade autorite poolt Hiina erinevates piirkondades tehtud põldkatsetes, kus suvinisu seemet puhiti ja taimikut pritsiti HMM-lahustega, suurenes suvinisu saak nelja aasta keskmisena 11%. Saagi juurdekasvu tagas suurem terade arv peas, samuti suurem 1000 tera mass. Nimetatud saagistruktuuri näitajate ja lisaks veel produktiivvõrsete arvu suurenemist HMM mõjul on täheldanud ka teised autorid (Shi *et al.*, 1994).

Eesti Maaviljeluse Instituudis uuriti HMM toimet ka katses kasvuhoonekõõgiviljadega. Mitmeetapilistes katses salatiga 'Cheshunt' viidi turvassubstraatidesse HMM vastavalt eellahjendatud lahustega kuni 100-kordselt erinevates normides. Selgitati mõju salati saagikusele ja nitraadisaldusele. Katsete tulemusena selgus, et salati jaoks optimaalne HMM kontsentratsioon on umbes vahemikus 10–50 mg  $\Sigma R_2O_3$  ühe liitri kasvu-substraadi kohta (Järvan, 2001b).

Üks HMM taimekasvatuse kasutamise võimalusi on ka taimelehtede pritsimine nõrgakontsentratsiooniliste lahustega. EMVI-s alustati sellealaseid katsetusi kasvuhoonekurgi ja -tomatiga 1998. aastal. Kurgiistikuid pritsiti nelja pärislehe faasis, tomatiistikuid vahetult enne esimese õiekobara nähtavale ilmumist. Kontrolltaimi pritsiti veega. Paar päeva pärast töötlemist istutati potitaimed lavatitele turvassubstraadile. Esialgu katsetati HMM kontsentratsiooni ulatuslikumas diapsoonis. HMM-lahus kontsentratsiooniga 0,5%  $\Sigma R_2O_3$  põhjustas kurgi- ja tomatitaimedel lehekahjustusi, isegi kuni nekroosilaikudeni välja, mistõttu pritsitud lehtede kasv pidurdus. Uued lehed arenesid normaalselt. Edasistes katses otsustati taimede pritsimiseks kasutada nõrgemaid kontsentratsioone: 0,05; 0,1 ja 0,2%  $\Sigma R_2O_3$ .

Kurgile  $F_1$  'Strema' mõjus positiivselt istikute pritsimine 0,1%  $\Sigma R_2O_3$  lahusega. See suurendas keskmist viljade arvu taime kohta 5,8 tk võrra ja saaki ühelt taimelt 0,67 kg ehk 11,2% (Järvan, 2001b).

Katses tomatiga 'Moneymaker' 1999. aasta tingimustes suurendas istikute pritsimine HMM 0,1%- ja 0,2%-liste lahustega saaki 11,7 ja 10,3% (tabel 3). Nende variantide taimedel arenes ka rohkem vilju. Seaduspärasust ei leitud HMM mõjus tomativiljade biokeemilisele koostisele – nitraadi, suhkrute ja orgaaniliste hapete sisaldusele. Küll aga mõjutas istikute pritsimine 0,05%  $\Sigma R_2O_3$  sisaldava lahusega positiivselt viljade maitset. 2000. aasta tingimustes tehtud katses aga ei suurendanud HMM kontsentratsioonides 0,05–0,2%  $\Sigma R_2O_3$  tomati saagikust.

**Tabel 3.** Haruldaste muldmetallide ( $\Sigma R_2O_3$ ) mõju tomatile

Pritsimislahuse kontsentratsioon	Saak taimelt, kg	Vilju taime kohta, tk	Suhkur %	Orgaanilised happed %	Maitse
0	4,77	63,2	2,96	0,46	3,22
0,05% $\Sigma R_2O_3$	4,73	72,4	2,80	0,48	3,96
0,10% $\Sigma R_2O_3$	5,33	79,2	3,10	0,40	3,40
0,20% $\Sigma R_2O_3$	5,26	79,0	2,78	0,49	3,54
PD 95%	0,51	13,3			0,47

### Kokkuvõte ja järeldused

Eesti Maaviljeluse Instituudis aastail 1997–2002 läbiviidud katsete tulemusena selgus, et haruldaste muldmetallide ehk lantanoidide kasutamine võimaldab mõjutada põllu- ja katmikultuuride bioloogilisi protsesse ja saagikust. Haruldasi muldmetalle sisaldavaid lahuseid saab kasutada mitmesugusel viisil: seemnete külvielseks leotamiseks või puhtimiseks, mulda või kasvu-substraadisse viimiseks, taimede kasvuaegseks pritsimiseks, samuti lisamiseks paagisegusse taimekaitsetöödel või lehekaudsel väetamisel. Parimad kasutusviisid ja optimaalsed kontsentratsioonid nii põllu- kui kasvuhoonekultuuridele olenevad taimeliigist, kasvutingimustest ja tõenäoliselt veel paljudest teistestki teguritest, mis vajaksid selgitamist edasistes uuringutes.

Suvinisu külvieline töötlemine haruldaste muldmetallide nõrga kuni mõõduka kontsentratsiooniga lahustes suurendas nõukatses noorte taimede massi olenevalt lahuse kontsentratsioonist, töötlemise kestusest ja päeva pikkusest 5,9–26,2%. Lahused kontsentratsiooniga  $>5,5$  g/l  $\Sigma R_2O_3$  mõjusid toksiliselt – tarkamine pidurdus ning taimede mass vähenes järsult.

Põldkatses suurenes suvinisu saak umbrohutõrjel herbitsiidilahusesse lisatud haruldaste muldmetallide mikrokoguse mõjul 14,0%.

Põldherne seemnete külvielseks leotamiseks saadi paremaid tulemusi kontsentratsioonidega vahemikus 5,5–22 g/l  $\Sigma R_2O_3$ . Võrreldes vees leotamisega suurenes noorte taimede mass 21,8–31,0%. Oluliselt suurenes ka fosfori ja kaaliumi sisaldus herne juurtes. Seega võib järeldada, et haruldased muldmetallid avaldavad toimet ka taimetoitainete omastamisele.

Aedherne külvielseks leotamiseks haruldaste muldmetallide nõrgakontsentratsioonilistes lahustes suurenes toorkaunte saak nelja mikropõldkatse keskmisena 18,7–21,8%.

Katsetes kasvuhoonekultuuridega mõjutas istikute lehtede pritsimine haruldaste muldmetallide nõrgakontsentratsiooniliste lahustega positiivselt viljade moodustumist ning suurendas kurgi saaki 11,2% ja tomati saaki 10,3–11,7%. Tulemused ei olnud siiski kõikides eri aastatel kurgi ja tomatiga läbi viidud katsetes positiivsed.

### Tänuavaldus

Käesolev uurimus sai teoks tänu AS Silmeti rahalisele toetusele aastail 1997–2004. Osaliselt on tööd rahastatud ka sihtfinantseeritava teema nr 0110193s98 raames.

### Kasutatud kirjandus

- Asher, C. J. 1991. Beneficial elements, functional nutrients, and possible new essential elements. – *Micronutrients in agriculture*, second edition. Eds. J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman, R. M. Welch, p. 703–723.
- Bai, B. Z., Ma, J. Y., Tian, W. X., Yang, F., Ling, F. L., Bai, S. 1993. Effects of presowing soaking of seeds with rare earth solution on the growth and physiological activity of sunflower. – *Oil Crops of China*, 4, p. 36–38.
- Brown, P. H., Rathjen, A. H., Graham, R. D., Tribe, D. E. 1990. Rare earth elements in biological systems. – *Handbook on the physics and chemistry of rare earths*. Eds. K. A. Gschneider Jr. and L. Eyring), vol. 13, p. 423–452.
- Diatloff, E., Smith, F. W. Asher, C. J. 1995. Rare earth elements and plant growth. – *Journal of Plant Nutrition (Australia)*, 18:10, p. 1963–1976.
- Guo Baisheng. 1985. Present and future situation of rare earth research in Chinese agronomy. – *New frontiers in rare earth science and application*. Eds. Xu Guangxian, Xiao Jimei. Science Press, Beijing, China, p. 1522–1526.
- Haley, T. J. 1985. Toxicity of rare earths. – *New frontiers in rare earth science and application*. Eds. Xu Guangxian, Xiao Jimei. Science Press, Beijing, China, p. 679–683.
- Järvan, M. 1997. AS Silmeti haruldaste muldmetallide nitraadilahuste katsetamine põllu- ja aiakultuuridel. – Lepingulise uurimistöö aruanne. Saku, 16 lk (käsikiri).
- Järvan, M. 2001a. Effect of rare earths on pea. – *NJF-Rapport* 329: 15–19.
- Järvan, M. 2001b. Haruldaste muldmetallide toimest kõõgiviljadele. – *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised* 14, lk 61–64.
- Järvan, M., Kalmet, R., Rausberg, P. 1999. Lantanoidide mõju suvinisu ja herne bioloogilistele protsessidele. – *Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi Toimetised* 9, lk 13–16.
- Järvan, M., Paide, T., Soasepp, A., Valgus, T. 2002. Lämmastikvedelväetise ja haruldaste muldmetallide toimest suvinisule. – *Agraarteadus*, XIII, 5, lk 261–265.
- Leonard, R. T., Nagahashi, G., Thomson, W. W. 1975. Effect of lanthanum on ion absorption in corn roots. – *Plant Physiology*, 55, p. 542–546.
- Shi, G. L., Nie, J. H., Chen, B. C., Ding, F. J. 1994. A study on the optimum application period, concentration and times of rare earth in wheat. – *Journal of Shandong Agricultural University*, 25: 4, p. 439–443.
- Zhang, X. S. 1985. Effects of foliar application of rare earth elements and DPC on wheat. – *Shanxi Agricultural Science*, 11, p. 4–5.
- Zhong, X. B., Zhang, Z. Y., Li, D. Y. 1996. The effects of rare earth elements on crop product quality and the environment. – *Journal of Henan Agricultural Sciences*, No. 8, p. 19–20.
- Zhu, Y. Y., Chen, J. J., Yang, J. C., Liu, X. L. 1994. Effects of rare earth with high La on the uptake of N and P by spring wheat and its yield. – *Acta Agric. Nucleatae Sinica*, 8:1, p. 41–45.
- Xie, H. G., Chang, Q. Z. 1985. Study on the effect of rare earth elements on the yield of wheat. – *New frontiers in rare earth science and application* Eds. Xu Guangxian, Xiao Jimei. Science Press, Beijing, China, p. 1505–1509.