

## TAIMEDE MINERAALTOITUMISE HÄIRETE SÜMPTOOMID

R. Kalmet

***SUMMARY:** The symptoms of mineral nutritional disorder of plants. Visual pathological symptoms, caused by either abundance, absence or incorrect proportion of plant mineral elements in substratum, can be found in case of intensified effect of these factors. In case of insufficient effect of the above mentioned factors on the optimal proportion of the nutrient the deficiency is latent – undected. Pathological symptoms can reflect the absence of a particular nutritional element, but in most cases the symptoms are atypical in character, predominantly in the form of either chlorosis or a necrosis reflecting the absence of combined nutrients. Plants exposed to the soil saturated with nutritional elements can suffer severely as a result of problems of assimilation. The process of assimilation can be conditioned by a variety of factors such as the pH and humus contents of the soil, inter-relation of the elements, weather conditions, etc. Chemical analysis of a plant in earlier stage of growth can either reveal the potential nutrient supply of the plant, or the latent deficiency of it. Furthermore, analysis of the soil can provide essential information of the mineral contents of the planned place of growth.*

Põllumajandusliku toodangu suurendamisel väetisi kasutades mõjutatakse taimede bioloogilist arengut. Taimede ebapiisav või liigne väetamine häirib kasvu ja arengut, sellega ka soovitud toodangut ja kvaliteeti. Toitainete puudus või liig ei ole tingitud ainult nende ainete hulgast, vaid ka nende omavahelistest suhetest ja tasakaalust toitesubstraadis. Nii võib ühe vajaliku toitainete lisamine toitekeskkonda kaasa tuua teise, puudeseisundi piiril oleva toitainete puudenahte. Näiteks lämmastikväetise ühekülgne suurendamine liivmullal tugeva kastmise puhul võib esile kutsuda taimedel boorivaeguse. Optimaalne mineraalväetiste vahekord kasvusubstraadis muutub olenevalt väetamise nivoost (Rinkis, 1972). Madala väetisnivoo puhul esinevad põllukultuuridel puudenahted põhimiselt NPK-väetiste ebaoptimaalse vahekorra puhul, kõrge väetisnivoo korral aga tulevad esile rohkem need puudenahted, mis on seotud mikrotoitainetega.

Taimede juures disharmoniliste toitumistingimuste visuaalse ilmumise põhjuseks ei ole ainult väetiste ebakohane suhe, vaid ka toitekeskkonna füüsikalised omadused: pH, lõimise, huumus, orgaanilise aine sisaldus, lasuvustihedus, niiskus, mikrobioloogilised protsessid mullas, samuti haigused ja kahjurid. Tüüpiliste vaegushaiguste tunnuste ilmumine kergendab diagnoosi. Ebatüüpiliste nähtete (eelkõige kloroosid) puhul annab usaldatava tulemuse taime keemiline analüüs. Sel puhul saab taimes sisalduvate elementide alusel otsustada, kuivõrd soodne oli nende suhe omastamisel toitesubstraadis.

Taimed taluvad hästi suhteliselt kõrgeid makroelementide kontsentratsioone, välja arvatud lämmastik, mille liia puhul on kahjustused suured. Seevastu on paljud taimed väga tundlikud mikroelementide kõrgete kontsentratsioonide suhtes. Taimede geneetilistest omadustest ja sortidest tingitult on toitainete omastamine ja transleerimine mullast väga erinev. Nii loetakse indikaatortaimedeks (Baumeister, Burghardt, 1972):

kartulit	– K, Mg ja Zn puuduse suhtes	
teravilja	– Cu, Mg ja Mn	"
viljapuid	– Cu ja Zn	"
peete ja lutserni	– B	"
kurke	– N ja B liia suhtes.	

NKP-väetise nivoo suurendamisel hakkavad järjest selgemini ilmuma mikroelementide visuaalsed puudenahted. Sellest võib järeldada, et mikroelementide vaegus võis esineda taimedel juba varem latentsel kujul.

Üheaastaste taimede juures saavad puudenähted avalduda ainult kord vegetatsiooni-perioodil. Pika kasvueaga viljapuud on aga toitainete ebasobiva vahekorra puhul alalises "stressis". Seetõttu on eriti vajalik uurida agrokeemiliselt viljapuude ja marjaaedade kasvu-koha muldi, et vältida juba latentselt esinevaid puudenähteid, mis mõjutavad nii saaki kui ka selle kvaliteeti.

Taimede keemiline koostis on erinev, mitte üksi taime liigist, vaid ka sordist, rääkimata kasvukohast, ilmastikust ja agrofoonist. Mineraalsete toiteelementide sisaldus võib näidata, kas taim kasvab normaalselt või kannatab mõne elemendi puuduse all. Tabelis 1 on esitatud kirjanduses toodud andmeid (Bergmann, Neubert, 1976) mineraaltoitumise piirarvudest mõnede kultuuride kohta maaviljeluses.

**Tabel 1.** Taimede vajalike toiteelementide piirarvud (kuivaines)  
**Table 1.** The limiting numbers of necessity of nutrient elements (in dry matter) in plants  
(Bergmann, Neubert, 1976)

Taim <i>Plant</i>	Analüüsi materjal <i>Material of analysis</i>	Näitaja <i>Item</i>	Toiteelemendi vajadus <i>Necessity of nutrient element</i>		
			suur <i>high</i>	väike <i>low</i>	puudub <i>missing</i>
Oder <i>Barley</i>	oras / <i>crop</i>	N %	–	2,9	–
		P %	0,20	–	–
		K %	0,27	–	–
	võrsumine / <i>shooting</i>	Cu mg/kg	3,2	–	3,5...5,1
		Mn mg/kg	–	20	20
kõrsumine / <i>stalking</i>	B mg/kg	–	5	–	
Kartul <i>Potato</i>	taim 40-...45-päevane <i>plant 40...45 days old</i>	N %	6,0	–	–
		P %	0,12	–	0,25...0,35
		K %	1,65	–	2,85
	taim 75-päevane <i>plant 75 days old</i>	B mg/kg	<15	15...20	21...50
		Cu mg/kg	<7	7...24	25...30
Punane ristik <i>Red clover</i>	taim õitsemise algul <i>plant in the beginning of flowering</i>	N %	–	<3	3...4,5
		P %	0,2	–	0,3
		K %	<1,0	1...1,7	3,36
	lehed enne õitsemist <i>leaves before flowering</i>	B mg/kg	<8	8...20	21...46
		Cu mg/kg	<3	3...7	8...15
Mo mg/kg	<0,1	0,1...1,3	1,4...1,6		
Põldtimut <i>Timothy</i>	taim õitsemise algul <i>plant in the beginning of flowering</i>	N %	–	2,6	2,6...4,0
		P %	<0,20	0,2...0,34	0,36...0,7
		K %	<1,2	1,2...1,8	2...3
	taim võrsumisel <i>plant in the tillering</i>	Cu mg/kg	–	<4	5...15
		Mo mg/kg	–	<0,5	0,5...2,2
B mg/kg		–	<5	6...20	

Taimede toitainetega varustamist selgitatakse meil põhiliselt mullaanalüüside põhjal. Hindamise aluseks on Egner-Riehmil tehtud mullaanalüüside tulemusel koostatud tabelid. Neid tabeleid on täiendatud ja korrelatsiooni viidud Eestis tehtud põldkatsete mullaomaduste ja saagiandmetega. Eesti Riiklikus Agrokeemiakeskuses tehtavate mullaanalüüside alusel antakse talu- ja aiapidajatele andmeid fosfori-, kaali- ja teiste mineraalvähendite vajaduse kohta kultuuride väetamisel.

Tabelis 2 on toodud andmed meie põllumuldade fosfori ja kaaliumiga varustatuse kohta, kui huumusesisaldus mullas ei ületa 5 %.

**Tabel 2.** Muldade P- ja K-sisaldus ning taimede varustatuse aste**Table 2.** The content of P and K in soils and the rate of providing plants with them

Mineraalelement <i>Mineral element</i>	Näitaja <i>Item</i>	Varustatuse astmed / <i>The providing rates</i>				
		väga madal <i>very low</i>	madal <i>low</i>	keskmine <i>medium</i>	kõrge <i>high</i>	väga kõrge <i>very high</i>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/100 g	0...1,5	1,6...4,5	4,6...11	11,1...24	24
P	mg/kg	0...7	8...20	21...48	49...104	104
K <sub>2</sub> O	mg/100 g	0...5	5,1...10	10,1...20	>20	–
K	mg/kg	0...41	42...83	84...167	>167	

Tabel 1 näitas toitumistaset taimes, tabel 2 aga näitab eelnevat mulla varustatust fosfori ja kaaliumiga. Muld on väga keerukas keskkond, kust taim toitaineid saab, ning siin tuleb arvestada paljude teguritega, sellepärast ei anna mullaanalüüsid alati ammendavat vastust taime varustatusele toitainetega.

### Katsematerjal ja meetodika

Uurimismaterjali kogumiseks korraldati aastatel 1964...1966 teaduslikud ekspeditsioonid kogu Eesti ulatuses. Nendel ekspeditsioonidel koguti kultuur- ja looduslikelt rohumaadelt ning põldudelt taime- ja mullaproove mitmesugusteks uurimisteks. Käesolevas töös käsitletakse nende proovide analüüside alusel taimede toitumise häiretega seotud küsimusi (Kalmet, Michelson, 1968).

Mulla- ja taimeanalüüse tehti järgmiste elementide suhtes: N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Al, I, Cu, B, Mn, Mo, Co ja Zn. Muldade analüüsid P, K, Ca ja Mg määramiseks tehti Egner-Riehm meetoditel, mikroelementide määramine toimus Rinkise (Rinkis, 1972) järgi. Taimede keemiline üldanalüüs tehti tuhatatud materjalist.

Üldiselt võttes ei esinenud haritaval maal kasvavatel taimedel põhitaitainete (N, P, K, Ca, Mg) visuaalseid puudenähteid. Kui neid esines, siis tingituna ebahütlasest väetamisest. Enam võis tähele panna liigse väetamise tulemusi. Looduslikel rohumaadel võisid puudenähted seoses olla ka mulla reaktsiooni, lõimise ja niiskuse, vähem mulla mineraalse koostisega.

### Uurimistulemused ja arutelu

Taimed omastavad lämmastikku NH<sub>4</sub> või NO<sub>3</sub> ioonidena nii mullast kui ka õhust lehtede kaudu. Lämmastik on olulisim komponent kõigi orgaaniliste ühendite, nende hulgas ka klorofüllil tekkel. Klorofüllil vaegusel on häiritud ka fotosüntees. Ilmneb taime kogu lehepinna visuaalselt märgatav värvimuutus – rohelisest heleroheliseks või kollakasroheliseks. Värvimuutus ilmneb vanematel lehtedel varem. Kõrsviljadel on lehed lühikesed ja hoiduvad jäigalt kõrre ligi. Taim läheb varem üle generatiivsesse faasi. Seemned valmivad varem ja on väikesed.

Eesti mullad on lämmastikuga vaesed (0,1...0,3 % N) ja saagiga eemaldatava lämmastiku hulga katmine on mulda viidava lämmastikväetise kogusest. Visuaalselt on lämmastiku vaegust hõlpsam tähele panna, kui viljapõllul on jäänud mõni riba või nurk lämmastikväetiseta. Selline nähe ilmnes Põlva lähedal odrapõllul. Analüüside tulemused näitasid, et rohelistes odrataimed sisaldasid lämmastikku 3,2 mg/kg, kollakasrohelistes 1,9 mg/kg.

Kartuli lehed on lämmastikupuudusel väiksemad ja värvuselt heledamad. Taimed on madalama kasvuga. Vanemad lehed koltuvad ja varisevad varem maha. Latentset lämmastikuga vaegust oli näha Tormas, kus kerge lõimisega kartulipõllu äär oli jäänud sõnnikuta. Normaalseis kartulilehtedes oli N-sisaldus 6,2 %, sõnnikuta kasvavate taimede lehtedes aga 5,0 %.

Liigne lämmastikväetis kahjustab taime seisukindlust ja resistentsust haigustele. Taime lehed on sel puhul tumerohelised, laiad, mahlakad ja pikema kasvueaga. Taimed lamanduvad, seemnesaak väheneb ja saagi kvaliteet langeb. Järvemaal Lõõlas korraldatud tootmiskatses

väheneb liigse lämmastiku foonil odra saak lamandunud lappidel 22,1...43,2 %, seejuures odrataimes oli kõrsumisel lämmastikku 4,45 %.

Fosfor nagu lämmastikki on taimes asendamatu orgaaniliste ühendite koostisosa. Fosforisisalduse suurenedes tõuseb kudedes valgu hulk. Taim omastab fosforit ortofosforhappe anioonidena  $PO_4^3$ ,  $HPO_4^2$ . Fosforit vajab taim NPK-kompleksis kõige vähem. Fosforiga ebapiisavalt varustatud taimed jäävad väikesteks ja nende areng aeglustub – õitsemine ja valmimine hilineb. Taimede värvus on määratud-tumeroheline, mis tuleneb sellest, et lehe kasv pidurdub fosforivaegusel enam kui klorofüllil moodustumine, mille tõttu on lehtedes suhteliselt rohkem klorofüllil moodustavaid kudesid (Hecht-Buchholz, 1967). Antotsüaani moodustamise tagajärjel tekivad punakad ja violetsed värvitoonid varte alumises osas, kuid ka vanemate lehtede basaalses lõigus. Võib esineda ka lehtede jäika seis. Ekspeditsioonidel võetud proovidest ilmnes, et väetamata rohumaadel kasvanud põldtimutis oli Põhja-Eesti fosforirikastel muldadel märksa enam fosforit kui Lõuna-Eestis. Võttes aluseks kirjanduses toodud (Neubert jt., 1970) taimede fosforiga varustatuse piirnorme, on uuritud muldadel kasvanud taimedes saadud järgmisi tulemusi (tabel 3).

**Tabel 3.** Põldtimuti fosforisisaldus (protsentides) olenevalt mullast  
**Table 3.** The content of phosphorus in timothy (in %) depending on soil

Kasvukoht <i>Place</i>	P mullas <i>P in soil</i> mg/100 g	Fosforivajadus / <i>The necessity of phosphorus</i>		
		suur / <i>high</i> < 0,20	väike / <i>low</i> 0,20...0,34	puudub / <i>missing</i> 0,34...0,70
Sisaldus põldtimutis (%) / <i>Content in timothy (in %)</i>				
Saue	16,6	–	–	0,65
Taebla	14,5	–	–	0,61
Arkna	14,8	–	–	0,47
Põltsamaa	2,6	–	0,26	–
Piistaoja	2,0	–	0,27	–
Vagula	1,52	0,12	–	–
Jõgeveste	2,2	0,13	–	–

Toodud andmed näitavad, et Lõuna-Eesti fosforivaestel muldadel võib taimedel fosforivaegus esineda sageli latentselt. Fosforivajadus on punasel ristikul, lutsernil ja hernel suurem võrreldes kaera, rukki ja odraga. Fosfori liiga taimede toitumisel esineb harva, sest fosfaatioonid fikseeritakse mullas väga tugevasti. Fosfori liig mullas aga pidurdab taimedel Fe ja Zn omastamist, osaleb proteiinstruktuuride moodustamisel, aktiveerib fermente ja fotosünteesi ning reguleerib veebilanssi. Kaaliumi puudusel ja kaltsiumi liial on häiritud taime veebilanss, mille tõttu on taimedes soojal ajal madal turgor ja nad näivad närtsinuina, vastupidi N- ja P-puudusele, mil puhul on lehed jäigalt kõrre ligi. Väheses süsivesikute moodustumise tõttu on mehaaniliste kudede areng ebapiisav ja sellest tingituna esineb viljade, eriti aga kiudtaimede lamandumine (Pissarek, 1973).

Kaaliumi puudenähted ilmnevad üheidulehelistel taimedel lehe tipus, mis alul koltub, hiljem pruunistub, kaheidulehelistel aga lehe äärtel peente nekrootiliste plekkidena. Taimede varred on lühikesed ja peened. Kaaliumi vaegusnähted on üldiselt atüüpilised ja on seetõttu teistest vaegusnähetest raskesti eraldatavad. Parema ülevaate vaegustest annab taime keemiline analüüs (tabel 4).

Kaaliumi vaegusel on kartulilehed sinirohelised, soontevahelistel aladel esineb pruune laike, mis kiiresti laienevad. Lehed on kulbikujulised ülespoole pöörduvate labaservadega.

Taimed taluvad hästi kõrget kaaliumi kontsentratsiooni toitesubstraadis, sest  $K^+$ -ioonid fikseeritakse mullas tugevasti.

Kaltsium on asendamatu element taime juurekava arengul. Ta soodustab rakkude arenemist ja jagunemist, suurendab rakuseinte plastilisust, soodustab huumuse teket, reguleerib ionide tasakaalu toitesubstraadis ja intensiivistab mulla mikroorganismide tegevust.

**Tabel 4.** Punase ristiku kaaliumisisaldus (protsentides) olenevalt mullast  
**Table 4.** The content of potassium in red clover (in %) depending on soil

Koht Place	K mullas K in soil mg/100 g	Kaaliumivajadus / The necessity of potassium		
		suur / high < 1,0	väike / low 1,0...1,7	puudub / missing 1,8...3,0
Sisaldus ristikus (%) / Content in red clover (in %)				
Jõgeva	2,6	0,50	–	–
Põltsamaa	1,8	0,40	–	–
Suure-Jaani	2,2	0,27	–	–
Massu	8,2	–	1,64	–
Piistaoja	7,8	–	–	1,80
Parasmetsa	6,0	–	1,75	–
Tihemetsa	12,4	–	1,65	–
Linte	16,5	–	–	2,25
Saue	12,5	–	–	2,20

Kaltsiumi puudusel väheneb eelkõige taime juurekava. Taime noored lehed on väikesed, moonduvad ja laienevate klorootiliste laikudega. Esineb õievarte murdumist (Bussler, 1963).

Meie tingimustes kõrsviljadel kaltsiumi visuaalset vaegust ei esine, küll võib seda esineda punasel ristikul (tabel 5) ja rapsil happelistel lupjamata muldadel (Turbas, 1966).

**Tabel 5.** Punase ristiku kaltsiumisisaldus (protsentides) olenevalt mullast  
**Table 5.** The content of calcium in red clover (in %) depending on soil

Koht Place	pH	Ca mullas Ca in soil mg/100 g	Kaltsiumivajadus / The necessity of calcium		
			suur / high < 0,6	väike / low 0,6...1,9	puudub / missing 2,0...2,6
Sisaldus ristikus (%) / Content in red clover (in %)					
Saue	6,71	306	–	–	2,16
Maardu	6,46	300	–	–	2,36
Lohusuu	5,44	48	–	1,65	–
Helme	5,32	31	–	1,70	–
Audru	4,40	30	–	0,85	–
Jõgeva	4,63	20	0,39	–	–
Kaansoo	4,97	16	0,55	–	–
Linte	4,77	18	0,56	–	–

Visuaalsete nähete puudumisel võib kaltsiumivaegus punasel ristikul ilmnedas alles keemiliste analüüside tulemuste alusel.

Kaltsiumi liia nähteid taimede juures praktiliselt ei tunta, küll on aga kaltsiumi liiast indutseeritud paljud Mg, B, Mn, Fe, Cu ja Zn vaegusnähted.

Taimede mikroelementide visuaalsed puudesümptoomid hakkavad ilmnedas kultuuride kasvatamisel kõrgel agrofoonil või nendele elementidele eriti tundlikult reageerivate taimede juures. Mõlemal juhul on meie põllumajanduses tegemist põhiliselt aedviljade ja puuviljade kasvatamisega. Neid kultuure väetatakse ohtralt NPK-väetistega, mis sisaldavad vähe või üldse mitte (enamik lämmastikväetisi) mikrotoitaineid. Sõnnikus on neid küll rohkem. Peale selle on kaltsiumi mikrotoitaine vajadus suurel määral taime liigist ja nende omastatavus toitesubstraadi omadustest – pH, huumus, lõimis, niiskus, toitelementide omavahelised suhted jne.

Alljärgnevalt (tabel 6) on toodud väljavõtted Eesti Riiklikus Agrookeemiakeskuses kasutatavatest tabelitest muldade mikroelementidega varustatuse kohta, kui mulla huumuse-sisaldus on  $\leq 5\%$ .

**Tabel 6.** Mikrotoitainete sisaldus mullas ja kultuuride varustatuse aste nendega (mg/kg)  
**Table 6.** The content of micronutrients in soils and providing cultures with them (mg/kg)

Mikro- element <i>Trace elements</i>	Varustatuse aste <i>Rates of nutrient</i>			Varieerumise olulisem põhjus <i>The main reason of variability</i>
	madal <i>low</i>	keskmine <i>middle</i>	küllaldane <i>sufficient</i>	
Cu	0...3,0	3,1...5,0	> 5	huumus <i>humus</i>
Mn	0...30	31...70	> 70	huumus, niiskus <i>humus, moisture</i>
Zn	0...0,75	0,76...1,50	> 1,50	huumus, pH, P <i>humus, pH, P</i>
Mo	0,05	0,06...0,10	> 0,10	huumus, pH <i>humus, pH</i>
B	0,8/1,2+ 0,6/0,9++	1,2/2,7+ 0,9/2,1++	> 1,2/2,7+ > 0,9/2,1++	lõimis, pH <i>texture, pH</i>
Lõimis / <i>Texture</i>	+ liivsavi/savi ++ liiv/saviliiv	<i>sandy loam/clay sand/loamy sand</i>		

Vasel on oluline osa valkude moodustamise protsessis, ligniini biosünteesil (kõrte puitumisel) ja ensüümide ülekandmisel bioloogilistes protsessides. Vasevaegus mõjutab taime arengut eriti tugevasti generatiivses faasis – sellega saagikust, kusjuures vegetatiivne kasv võib olla isegi tugevam. Kõige intensiivsem  $\text{Cu}^{++}$  vastuvõtt taimesse toimub arengu algfaasis – teraviljadel orasest kuni võrsumiseni. Mõned teadlased (Thiel, 1972) leiavad, et kõige paremini näitab vasevajadust sel perioodil taimes N:Cu suhe. Optimaalseks suhteks loetakse kaeral 8:1, odral 6...7:1, akuutseks puuduseks peetakse suhet  $>N_{16}:Cu_1$ .

Vasepuudus esineb esmajoonel soomuldadel, milles 1N HCl-s on lahustuvat vaske  $\leq 5$  mg/kg, samuti mineraalmuldadel alla 1,5 mg/kg. Vasevaeguse all kannatavad kõige enam teraviljadest kaer, oder ja talinisu. Nende viljade oraste otsad koltuvad, kuivavad ja keerduvad, kuna alumine lehelaba jääb rohelisteks. Soojade ilmade puhul ilmnevad vaegustunnused mõni nädal pärast tõusmete ilmutumist, jahedate ilmade puhul hiljem.

Katsetes Pärnumaal Ridalepas, kus meresetelisel liivadel kujunenud muldades oli vaske ainult 0,54 mg/kg, oli odra taimedes võrsumise faasis vaske 2,9 mg/kg, kuna vaskväetise variandis oli seda 4,8 mg/kg. Odra enamsaak vaskväetise kasutamisel oli tootmiskatses 54,3 %. Vasevaegusel võib teravili hakata tugevasti võrsuma, kuid võrsetel ei arene pead. Selline nähe ilmnes Audru majandis, kus tugeval NPK foonil (mullas Cu 0,50 mg/kg) kasvas ilus oder, mis väljaarenemata peade puhul kasutati haljassöödaks.

Vasevaeguse all kannatavad ka ristik, hernes, lutsern, uba ja vikk. Taimedel on hele-roheline värvus, nad näivad närtsinuina, nagu kannataks põua all. Seemnesaak kas puudub või väheneb tugevasti. Ridalepa põldkatsetes oli vaskväetiseta ristik kasvult madalam kui vase foonil. Lehtedes oli vasesisaldus vastavalt 3,2 ja 4,8 mg/kg. Saak suurenes vaskväetise puhul 34,9 %. Moostes Lutsu jõe madalsoo (vaske turvasmullas 3 mg/kg) katses ilmnes ristiku kasvatamisel vaskväetise mõju palju tugevamini kui Ridalepa mineraalmullal. Ristiku lehtedes oli vaske varsumisel vaseta foonil 2,9 ja vaskväetise puhul 7,4 mg/kg, saak aga suurenes 87,1 %.

Vasevaeguse all kannatavate köögiviljade lehtede värvus ei muutu, kuid nendes väheneb turgor. Tomatil aeglustub võrsete kasv ja juurte areng, lehed hakkavad keerduma ja näivad sinakasrohelistena, õisi moodustub vähe. Salati lehed on vasevaegusel nigelad, nõrga kasvuga ja kahvatud. Sibul on vasevaeguse korral koheva ehitusega ja ebanormaalselt õhukeste valkjaskollaste soomustega.

Viljapuudel esineb vasevaeguse korral nn. kuivlatvus põhiliselt happelistel liivmuldadel, kuid ka karbonaatsetel või liigselt lubjatud muldadel. Aedades võib vasevaegust põhjustada ka suurtes kogustes lämmastikväetiste kasutamine, tasakaalu puudumine toite-substraadis mõjutab valkude sünteesi. Õuna-, pirni- ja ploomipuudel esineb vasevaeguse

korral lehtede soontevahelisel alal kloroos, okstel tekivad leherosetid, kasvude areng seiskub ja nende ladvad surevad. Viljapuude lehtede keemiline analüüs, mida tehti Räpina ja Polli ümbruse aedadest võetud proovidest, näitas, et vasepuude all kannatavate viljapuude lehtedes on vaske märksa vähem kui normaalse vasevarustuse korral – vastavalt 1,6...3,2 ja 4,8...10,5 mg/kg kuivaines.

Liigne vaskväetise kasutamine muudab taimede noored lehed tumeroheliseks, selle järel tekib kloroos alul lehe ääres, sealt laieneb lehe keskele, muutudes punakaspruuniks nekroosiks. Taimede juured muutuvad tumedaks. Vase mürgisust saab leevendada puude või ka taimede pritsimise või väetamise teel raudsulfaadiga, mulla lupjamisega ja huumuse-sisalduse suurendamisega.

Booril on oluline osa taimede valgu- ja nukleiinhapete sünteesis, boori puudusel suureneb taimedes nitraatide sisaldus. Boor on ainevahetuses sillaks ensüümide ja substraadi vahel, reguleerib ionide vastuvõtmist ja veemajandust. Boori vaegusel kogunevad süsivesikud taime lehtedesse ega laeku küllaldaselt juurviljade juurikaisse; samuti ei arene toitekeskkonnas mügarbakterid. Sümbioosi asemel liblikõieliste taimede ja bakterite vahel võib tekkida bakterite parasiitne elu taime kulul. Booril on suur positiivne mõju taimede viljastusele (Školnik, 1967).

Boori puudenähted ilmnevad selgemini ja tugevamalt põua puhul karbonaatsel ( $\text{pH} > 7,2$ ) või tugevasti lubjatud kergetel muldadel, milles veelahustuvat boori  $< 0,2$  mg/kg. Üldiselt on boorivaeguse tunnusteks noorimate lehtede kloroos, pungade kärbumine, varte ja lehtede paksenemine, korkmoodustised puuviljadel, juurte (eriti narmasjuurte) vähesus, juurikate kuivmädanik ja nende klaasisus.

Teravili ei ole kuigi tundlik boorivaeguse suhtes ja visuaalseid tunnuseid ei ole täheldatud, kuigi boorivaestel muldadel on selle väetise mõjul terasaak suurenenud. Tundlikumad boorivaeguse suhtes on ristikud ja lutsern. Boorinappusel ristikute noored lehed alul koltuvad, siis muutuvad erk- kuni purpurpunasteks ja kärбуvad. Üldiselt pidurdub ristikute kasv, lehti on vähe ja seemnesaak on tugevasti vähenenud. Boorväetise mõjul oli ristikute haljasmassi suurenemine tagasihoidlik, kuid seemnesaak suurenes 16...95,6 % (Kalmet, 1965). Lutsernil koltuvad boorivaegusel kasvukuhiku juures asuvad lehed, muutudes sageli isegi punaseiks, kuna alumised lehed jäävad rohelisteks, sõlmevahed lühenevad ja taimed jäävad madalamateks.

Väga tundlik boorivaeguse suhtes on lina (tabel 7). Lõuna-Eesti lubjatud muldadel pärast linataimede tärkamist kasv bakterioosi tõttu pidurdub või isegi lakkab. Arenenud vartel on lehekesed üksteise ligi rosetjas asetuses, õied ei arene, kõrvaljuured paksenevad.

Kartulipõllul ilmnevad boorivaeguse tunnused peamiselt mugulatel, vähem lehtedel, viimasel juhul on taim põõsasjas, ülespoole keerduvate leheservadega. Boorivaegusel kasvanud mugulad on keetmisel vesised, seesmised kihid lagunevad, pealispinnal võib esineda lõhesid. Et boorväetise doseerimise piirid on kitsad, siis üledoseerimisel muutuvad kartuli vanemate lehtede ääred kuld kollaseks, punktikujulised nekroosinähud on alul lehe äärtel, tipus, hiljem kogu lehel.

Eriti tundlikud booripuuduse suhtes on peedid. Sakus Tõdva tootmispõllul oli 1963. a. põuasel suvel suhkrupeet laiguti väga tugevasti kahjustunud – esines noorte lehtede nekroos ja juurte kuivmädanik. Mulla keemiline analüüs näitas, et kahjustatud laikudel oli mulla  $\text{pH} > 7,0$  ja vees lahustuvat boori 0,13 mg/kg, kuna kahjustamata mulla  $\text{pH}$  oli 5...5,5 ja boori 0,23 mg/kg (Kalmet, 1965). Sellega kaltsiumi mõjul oli boori liikuvus ja Ca:B tasakaal karbonaatses keskkonnas kasvavas peedis tugevasti häiritud. Boorinappusel esineb söödakaalika juurikates klaasjaid läbipaistvaid või pruunikaid laiike (Kalmet jt., 1973). Sellised juurikad säilitamisel tohletuvad ja hakkavad mädanema. Söödakaalika klaasistumist esineb peamiselt Lõuna-Eesti tugevasti lubjatud muldadel.

Boorivaeguse all kannatavad paljud aiakultuurid ja viljapuud, mis kasvavad kõrgel agrofoonil (Kalmet, 1971). Viljapuudel esineb visuaalselt booripuudus viljaliha seesmise (õunad) ja välise (õunad, pirnid) korgistumise, pungade kärbumise ja lehtede väärarengu näol. Alguses esinevad viljalihas vesised laigud, mis pruunistuvad ja selle järel korgistuvad, kuid vili ei deformeeru. Vili on mõrkjas ja valmib varem. Viljade väline korgistumine algab varakult – noortele viljadele tekivad vesised laigud, mis pruunistuvad ja muutuvad kõvaks, koor lõheneb, või moodustab kirme. Õunad langevad varakult maha või kuivavad puu otsas.

Korgistunud pirnid oleks nagu nõoriga kokku pigistatud. Pungade kärbumine algab kasvude tipul. Allpool hakkab arenema suurel hulgal peenikesi kasve, tekitades luuasarnase kimbu. Lehtede väärarengut iseloomustab väikeste paksenenud lehtede moodustumine, mis esinevad okstel rosettidena väikeste vahemaade järel. Ploomidel tekib boorinappusel viljakestale vaigutilgakesi, vahel isegi viljalihasse. Kirsid on boorinappusel klorootiliste kestadega, mis vihmaste ilmade puhul pragunevad. Kirsipuu lehed on väikesed, sageli kloroossed.

**Tabel 7.** Taimede mikrotoiteelementide vajaduse piirarvud  
**Table 7.** The limiting numbers of necessity of plants in microelements  
 (Bergmann, Neubert, 1976)

Taim <i>Plant</i>	Analüüsi materjal <i>Material of analysis</i>	Näitaja <i>Item</i> mg/kg	Toiteelemendi vajadus <i>Necessity of nutrient element</i>		
			suur <i>high</i>	väike <i>low</i>	puudub <i>missing</i>
Lina / <i>Flax</i>	õitsemise lõpul / <i>end of flowering</i>	B	< 18	–	32
		Cu	< 1,5	1,5...2,3	> 2,3
		Zn	< 18	32	32...83
		Ca	–	–	0,57
Peakapsas <i>Cabbage</i>	lehed / <i>leaves</i>	Cu	1,7	1,7...3,0	5...12
		B	18	18...21	22...38
Tomat <i>Tomato</i>	noor leht / <i>young leaf</i>	Cu	2,5...3,5	–	13,7...15,6
	leht enne taime õitsemist / <i>leaf before flowering</i>	Zn	< 30	30...40	41...100
	leht taime õitsemise alul / <i>leaf in beginning of flowering</i>	Mn	–	49	50...150
	leht enne taime viljumist / <i>leaf before fruitage</i>	Mo	–	0,19	0,34...0,50
Õunapuu <i>Apple tree</i>	väljaarenenud leht / <i>developed leaf</i>	B	< 16	16...27	28...30
		Cu	–	< 5	5...20
		Zn	–	< 15	15...80
		Mn	–	< 20	21...125

Väetamisel on boorväetise küllaldase ja liigse doosi vahe väga väike, sellest johtuvalt võib esineda üledoseerimise oht. Selle karaktersemaks tunnuseks on kurkide ja mõnede laialeheliste lillede leheäärte kuld kollaseks muutumine.

Molübdeenisisaldus on meie põllumuldades taimede arenguks väga väike (0...0,1 mg/kg). Molübdeeni suur vajadus seisneb selles, et ta avaldab valentsvahetuse kaudu katalüütilist mõju nitraatreduktaasile, olles liblikõieliste taimede sümbiootilisel lämmastiku sidumisel asendamatu. Samuti märgitakse molübdeeni osavõttu paljudest teistest taimes toimuvatest füsioloogilistest protsessidest. Taimed võtavad molübdeeni vastu anioonina  $\text{MoO}_4^{2-}$ , võrreldes teiste toiteelementidega väga vähesel hulgal. Märkimisväärne on aga asjaolu, et molübdeenisisaldus taimedes võib kõikuda 100...1000 korda, ilma et ilmuksid toksilisuse tunnused (Bergmann, 1969). Loomadele aga muutub ta toksiliseks siis, kui söödas on molübdeeni üle 5 mg/kg.

Tüüpilise molübdeenivaeguse tunnuseks esineb lillkapsa lehelabade deformeerumine. Vaeguse tunnused liblikõieliste taimede juures on atüüpilised, kuid sarnanevad väga lämmastikuvaeguse tunnustega. Audru ja Jõgeva happelistel (pH 4,40 ja 4,63) ja molübdeenivaestel (Mo 0,08 ja 0,10 mg/kg) muldadel kasvanud punane ja valge ristik kannatasid molübdeenivaeguse all – taimed olid hele- kuni kollakasrohelised, lühikesed, mõned kärbumistunnustega. Keemiline analüüs näitas, et antud juhtudel sisaldasid punane ja valge ristik molübdeeni vastavalt 0,08 ja 0,12 mg/kg kuivaines, kuna küllaldase molübdeeni hulga puhul mullas sisaldavad ristikud tavaliselt seda elementi 0,7...1,5 mg/kg. Molübdeeni-



vaegusel jääb taimedesse enam taandamata nitraate. Salatil on molübdeenivaegusel lehed helerohelised, närtsinud äärtega ja paberjate plekkidega.

Mangaani füsioloogiline toime taimedes seisneb oksüdatsiooni- ja reduktsiooniprotsesside suunamises süsivesikute ja valkude ainevahetuses (Dennis, 1971). Mangaanipuudusel väheneb taimedes suhkrute- ja tselluloosisisaldus, suureneb nitraatide hulk. Küllaldasel mangaaniga varustatusel väheneb taimede veetarve.

Mangaanivaeseid muldi on Eestis vähe (14,8 %), pealegi oleneb taimedele omastatava  $Mn^{2+}$ -sisaldus ilmastikulistest tingimustest – jahedate ja vihmaste ilmadega on mullas enam mangaani taimedele hästi omastataval kujul. Latentselt esineb mangaanivaegust eelkõige karbonaatsetel ja tugevasti lubjatud huumusrikastel muldadel, mille  $pH_{KCl} \geq 6,5$ , aktiivse mangaani sisaldus mullas  $< 7$  mg/kg.

Kõige tundlikumad kultuurid mangaanivaeguse suhtes on peedid, kaer, kartul ja õunapuud. Peetide lehtedel ilmuvad mangaanivaegusel soonte vahele klorootilised laigud, kuna sooned jäävad rohelisteks. Lehe äär hakkab ülaltpoolt kärbuma. Söögipeedi lehed, mis sisaldavad palju punast pigmenti, muutuvad aeglaselt tumepunaseks kuni peaaegu lillaks. Kaeral ilmnevad tugeva mangaanipuuduse tunnused nn. hall-laiksuse kujul, mille karakterseks ilminguks on hallikaskollaste laikude teke lehel. Laigud ühinevad pikkadeks lintideks piki lehte. Lehe äärtel on nõrk turgor, keskel, mõne sentimeetri kaugusel lehe algusest tekib närtsiv ala, mille tõttu ülemine lehe osa murdub alla (Bussler, 1963).

Tootmiskatses odraga Järvamaal, kus mullas oli aktiivset mangaani  $< 20$  mg/kg ja asenduvat 4 mg/kg, mangaanivaegust visuaalselt ei olnud märgata, kuid mangaanväetis suurendas saaki 29,1 %. Keemiline analüüs näitas, et odra kõrsumisel oli odra lehtedes NPK-lapil mangaani 15 mg/kg ja NPK+Mn-lapil 34 mg/kg. Tavaliselt on odra lehtedes mangaani 25...30 mg/kg.

Liblikõielistel taimedel on mangaanivaegusel nooremas eas heleroheline värvus, hiljem aga muutuvad taimed rohelisteks, mis tuleneb sellest, et juured ulatuvad sügavamale mulda, kus mangaani tasandamistingimused on soodsamad. Hernel võivad tekkida mangaanivaegusel seemne idulehe pinnale pruunid või mustad laigud. Viljapuudel esineb mangaanivaegust harva.

Taimed võivad kannatada ka mangaani liia all, mis võib esineda niisketil happelistel leetmuldadel. Mangaani liia suhtes on tundlikud lutsern, suhkrupeet, kuid ka kõrsviljadele ja kultuurrohumadele ei ole mangaani liig kasuks.

Tsink on paljude ensüümide metallkomponent. Oluline on tsingi osa valgu ainevahetuses seoses nitraatide taandamisega. Tsingi vaegusel on häiritud süsivesikute ainevahetus ja sellega seoses pidurdub puu okste puitumine, mille tõttu noored kasvud on külmatundlikud. Oluline osa on tsingil auksiini ainevahetuses, millest sõltub taimede kasv. Tsingi omastamine oleneb taimedel eelkõige toitekeskkonna pH-st ja fosforisisaldusest. Fosfor ei põhjusta tsingi fikseerimist mullas, vaid suurte fosforiannuste vastuvõtmisega kaasneb taime juurtes tsingi fikseerimine liikumatu proteiinkompleksina (Bergmann, 1969).

Taimede tundlikkus tsingivaeguse suhtes on väga erinev. Lehtede keemiline analüüs näitab, et oal ilmnevad tsingivaeguse tunnused siis, kui lehtedes on tsinki alla 15 mg/kg, kaeral alla 10 mg/kg ja suhkrupeedil alla 5 mg/kg kuivaines. Viljapuudel esineb tsingivaegusel väikelehisus, leherosettide moodustumine ja noorte kasvude kuivamine. Need puudenähted esinesid Virumaal fosforirikaste muldade tsoonis Kullaaru viljapuuaias. Samas tsoonis asuval Arkna põllul, kus mullas oli fosforit 52 mg/100 g ja tsinki ainult 0,25 mg/kg, oli tugeva tsingivaeguse puhul punasel ristikul lehe kesksuonte ümber punakas-pruun värvus, väikelehisus ja lühikesed varrevahed. Tsingivaegust esineb kõige enam neil taimedel, mis kasvavad leetunud liivadel, karbonaatmuldadel, toorhuumuslikel või melioreeritud muldadel.

## Kokkuvõte

Taime mineraalsete toiteelementide puudusest, liiast või ebaõigest vahekorrast toite-substraadis tingitud haiguslikud nähted võivad esineda visuaalselt ainult nende põhjuste tugeval kõrvalekaldel, nõrga kõrvalekalde puhul normaalsest olukorrast on puue latentne – peidetud. Haigusnähted võivad olla teatud toiteelemendi puudele tüüpilised, enamasti on nad aga atüüpilised, esinedes klorooside ja nekroosidena, olles tihti mitme toiteelemendi puude

kombinatsiooniks. Mullas võib olla taime toiteelemente küllaldaselt, see ei taga veel nende kättesaadavust taimedele. Omastamine oleneb paljudest tingimustest, nagu toitesubstraadi pH, lõimis, huumus, elementide omavahelised suhted, ilmastik jne. Kuivõrd hästi on taim toitainetega varustatud, sellele annab parema vastuse noores kasvustaadiumis võetud taime keemiline analüüs, mis võib osutada ka latentsele puudele. Mullaanalüüs seevastu annab juba eelnevalt väga vajaliku teabe taime toitesubstraadi mineraalsest koostisest.

### Kirjandus

- Baumeister W., Burghardt H. Erhöhung und Entwicklungsablauf bei Pflanzen. – Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. – Wien–New York, Bd. 1, S. 920...991, 1972.
- Bergmann W. Einige Hinweise für die Entnahme von Blattproben zur Mineralstoffbestimmung. A. Thaer. – Arch. 13, S. 63...69, 1969.
- Bergmann W., Neubert P. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. – Jena, 1976. – 711 S.
- Bussler W. Calcium-Mangelsymptome an höheren Pflanzen. – Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk., S. 129...142, 1963.
- Dennis E. J. Micronutrients – a new dimension in agriculture. – Publ. Nation. Fert. Sol. Assoc. Peoria. – Illinois, USA, p. 38...42, 1971.
- Hecht-Buchholz Ch. Über die Dunkelfärbung des Blattgrünes bei Phosphormangel. – Z. Pflanzenern. Düng. Bodenkunde, 118, S. 12...22, 1967.
- Kalmet R. Eesti NSV muldade boorisaldus ja boorväetiste kasutamise. – Tallinn, 1965. – 108 lk.
- Kalmet R. Mikroelementide vaegushaigustest aias ja põllul. – Taimkaitse nr. 1. – Tallinn, 1971. – 31 lk.
- Kalmet R., Michelson H. Mõnede Eesti lammimuldade ja nendel kasvavate taimede mineraalsest koostisest. – EMMTUI teaduslike tööde kogumik XII, lk. 117...130, 1968.
- Kalmet R., Niinepuu E., Tiits A. Ristöieliste juurviljade klaasistumishaigusest. – Sotsialistlik Põllumajandus nr. 4, lk. 154...156, 1973.
- Neubert P., Wrazidlo W., Vielemeyer H. P., Hundt I., Gollinck F., Bergmann W. Tabellen zur Pflanzenanalyse. – Erste orient. Übersicht, Publ. Inst., Pflanzenernähr. Jena d. ADL d. DDR, Jena, 1970. – 40 S.
- Pissarek H. P. Einfluss unterschiedlicher Kaliumgaben auf die Standfestigkeit von Getreide. – Kaliumbriefe, Fachg. 2, 5. Folge, S. 1...7, 1973.
- Rinkis: Ринькис Г. Я. Оптимизация минерального питания растений. – Рига, 1972. – 356 с.
- Školnik M. J. Die physiologische Rolle von Bor in den Pflanzen. – Bot. Zurn. 52, S. 259...275, 1967.
- Thiel H. Ermittlung von Grenzwerten optimaler Kupfersorgung für Hafer und Sommergerste in Gefäßversuchen und unter Feldbedingungen Schleswig-Holsteins. – Uniw. Kiel, Diss., 1972. – 189 S.
- Turbas E. Muldade lupjamine. – Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. – Tallinn, lk. 67...102, 1966.