

MÕNEDE RASKEMETALLIDE (Cu, Mo, Mn, Co) JA BOORI MÕJU SÖÖDAKULTUURIDE PROTEIINISISALDUSELE JA SELLE AMINOHAPPELISELE KOOSTISELE

R. Kalmet, S. Kartau

Valgud katalüüsivad ja reguleerivad eluprotsesse, osalevad keemilise energia muundumises teisteks energialiikideks ja on kudede ehitusmaterjaliks. Taimede valgu aminohappeline koostis on võrdlemisi stabiilne ja see on geneetiliselt determineeritud. Taimed sünteesivad aminohappeid rohkearvuliselt, kuid kõik need ei osale valgu ülesehituses. Söötade aminohappeline koostis on väga mitmesugune (Oll, Ilus, 1974). Söötade valgu koostise muutused võivad olla põhjustatud paljudest teguritest, sh. väetamisest (Tali, Raig, 1964), heintaimiku botaanilisest koostisest (Annuk, 1992), ilmastikust (Annuk, Rausberg, 1991), niitmise sagedusest (Annuk, 1992) ja arengufaasist (Kovacs, 1983; Raave, 1984). Vähe on andmeid selle kohta, mil määral väetiste mikromineraalne koostis mõjutab söötade valgusisaldust ja selle aminohappelise koostist (Annuk, Kippasto, 1982; Kalmet, Kartau, 1982).

Taimefüsioloogid (Mengel, 1972; Miidla, 1984) jaotavad väetisi selle järgi, kas toimeaineks on mittemetall, leelis- või raskemetall. Mikroväetiste ja mõnede taimekaitsevahenditega viiakse mulda või kasutatakse juureväliselt raskemetalle Cu, Mn, Mo, Co ja Zn ning mittemetalli B. Osa raskemetalle on mitmete ensüümide komponendid. Muutes oma oksüdatsiooniastet põhjustavad nad sellega ensüümreaktsioone.

Loomakasvatuse seisukohast on olulised need aminohapped, mida loomorganism ise ei ole võimeline sünteesima (leutsiin, isoleutsiin, metioniin, fenüülalaniin, treoniin, lüsiin, trüptofaan, valiin) ja mis on seetõttu asendamatud. Imendunud ja ainevahetusse lülitunud aminohappeid ei saa loomorganism piima- ja kehavalguks täielikult ära kasutada. Nende kasutamine sõltub sellest asendamatust aminohapest, mida on ainevahetuspuulis suhteliselt looma tarbega kõige vähem (Oll, 1991).

KATSEMATERJAL JA METOODIKA

Katsetes olid odrasordid 'Hellas' ja 'Nadja', põldtimut 'Jõgeva 54', varane punane ristik 'Jõgeva 433' ning sirplutsern 'Dedinovi kollane'. Mikroväetisi anti vastavalt väetistarbe kaardile, arvestusega kuni 6,25 kg vaske, 0,6 kg molübdeeni, 6,0 kg mangaani, 3,0 kg koobaltit ja 1,0 kg boori hektari kohta. Rikastatud nitrofoska, mida kasutati karjamaaraiheina väetamiseks, sisaldas 0,1 % Cu, 0,01 % Mo, 0,05 % Co, 0,2 % Zn ja 0,1 % B. Turvasmullal kasvavate heintaimede väetamiseks kasutati vaskväetisi: 25 kg/ha CuSO_4 ja 5 ts/ha püriidiräbu (vasesisaldus 0,4 %). Nõukatsetes kasutati vasksulfaati ja ammooniummolübdaati, vastavalt 10 ja 2 mg 1 kg mulla kohta.

Kõrreliste taimede proovid võeti loomise algul, liblikõieliste puhul aga õitsemise algul. Proteiini aminohappeline koostis määrati algul paberkromatograafilisel meetodil, hiljemioonvahetuskromatograafide AAA-881 ja Hitachi KLA-3B abil. Enne analüüsi toimus proovide 24-tunnine hüdroolüüs ampullides 6N HCl-ga 100°C juures (Kartau, 1969).

KATSE TULEMUSED

Suur osa vabariigi muldi on normaalseks taimekasvuks vajalike mikrotoitainete poolest vaesed. See avaldub ka saagi suurusel ja kvaliteedis. Tabelis 1 on toodud odra proteiinisaldus sõltuvalt selle väetamisest. Selgub, et odra terade proteiinisaldus varieerub suurtes piirides, 67,6 %-l katsetest suurendas mikroväetis proteiinisaldust NPK-fooniga võrreldes 0,35...0,94 %, 32,4 % ulatuses jäi aga 0,24...1,34 % võrra väiksemaks.

Tabel 1

Proteiinisaldus odraterade kuivaines sõltuvalt raskemetallide või booriga väetamisest (%) / The crude protein content in dry matter of barley grains affected by heavy metals and boron (%)

Element	n	Näitaja Item	NPK	NPK+M ¹	Erinevus Difference
Cu	36	x	11,98	12,78	+0,80
		lim	9,70...17,32	10,42...17,37	
		s	3,16	3,48	
	18	x	13,79	12,75	-1,04
		lim	8,75...15,84	8,31...15,84	
		s	4,04	3,96	
B	30	x	11,6	11,88	+0,82
		lim	8,13...15,25	8,75...17,94	
		s	3,72	4,16	
	9	x	11,50	10,94	-0,56
		lim	9,00...13,94	8,44...13,37	
		s	2,40	2,64	
Mn	30	x	9,86	10,80	+0,94
		lim	8,40...13,30	8,80...14,10	
		s	1,95	2,10	
	19	x	14,97	13,63	-1,34
		lim	11,70...18,60	11,60...16,20	
		s	2,86	3,11	
Mo	4	x	10,69	11,04	+0,35
		lim	8,75...12,63	9,44...12,63	
		s	1,90	1,52	
	2	x	10,34	10,10	-0,24
		lim	10,15...10,53	9,87...10,33	
		s	0,19	0,23	

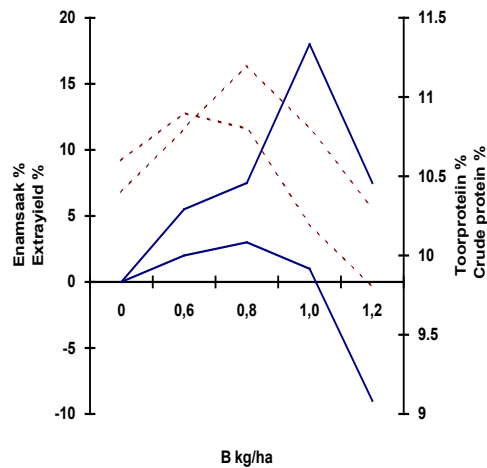
¹ Mikroelement / Trace element

Proteiinisalduse muutuste põhjuste selgitamiseks korraldati mikropõldkatsed, mis andsid joonistel 1 ja 2 esitatud tulemused.

Nendest katsetest järeldub, et vask ja boor suurendavad terade proteiinisaldust ainult nende annuste suurenemise teatud piirini, mis on aga väiksem sellest annusest, mis tagaks maksimaalse enamsaagi. Suurte saakide puhul proteiinisaldus vähenes. Saviliivmullal kasvanud odra terades oli proteiini vähem kui liivsavimullal kasvanud terades. Kergema lõimisega mullal suurendas saaki ja selle proteiinisaldust väiksem mikroväetise annus kui raskema lõimisega mullal.

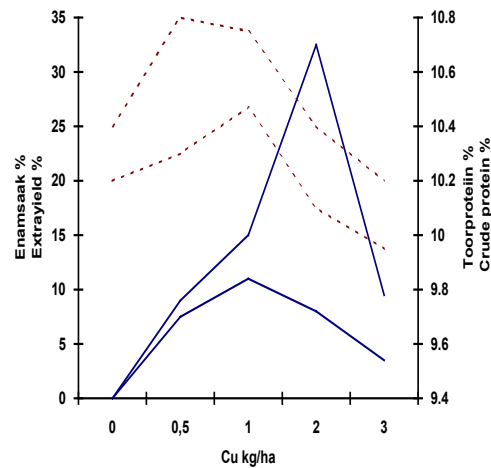
Kaunviljadega (hernes, uba) korraldatud katsetes kasutati mikroväetisena vaske, molübdeeni ja boori (tabel 2). Maksimaalse enamsaagi korral oli kaunvili ka proteiinirikkaim. Katsete keskmisena suurendasid Cu, Mo ja B kaunviljade proteiinisaldust rohkem kui kõrsteraviljade proteiinisaldust.

Molübdeeni mõju oli tunduvalt suurem kui vase ja boori mõju. Eriti efektiivseks osutus vase ja molübdeeni kooskasutamine, millele on viidatud ka kirjanduses (Ziznevskaja, 1972, Rubens, Kralova, 1973).



— saak/yield, - - - proteiin/protein %
 ls - liivsavi/sandy loam 0,10 mg/kg B in soil
 sl - saviliiv/clay-sand 0,08 mg/kg B in soil

Joonis 1. Odra 'Maja' enamsaak ja proteiini-sisaldus terade kuivaines B mõjul
Figure 1. The extra yields and crude protein content in dry matter of barley 'Maja' under influence of B.



— saak/yield, - - - proteiin/protein %
 K- Kuusiku, 0,72 mg/kg Cu in soil
 M - Mooste, 1,27 mg/kg Cu in soil

Joonis 2. Odra 'Maja' enamsaak ja proteiini-sisaldus terade kuivaines Cu mõjul
Figure 2. The extra yields and crude protein content in dry matter of barley 'Maja' under influence of Cu.

Tabel 2

Cu, Mo ja B mõju kaunviljade seemnete kuivaine proteiinisaldusele (%) / The effect of Cu, Mo and B on the crude protein content in the dry matter of leguminous plants' seeds (%)

Väetis Fertilizer	n	Proteiinisaldus / Protein content %		
		NPK	NPK+M ¹	erinevus/difference
Cu	8	22,63	22,91	+0,28
Bo	7	20,73	23,10	+2,37
B	11	21,68	23,57	+1,89
Cu+Mo	3	21,80	24,96	+3,15

PD_{0,05}=0,32

¹ Mikroelement / trace element

Veisekasvatases, mis jääb ilmselt meie vabariigi põllumajanduses domineerivaks tootmisloiguks, on rohusöödad põhilised. Rohusöödade kvaliteedi olulisemaks näitajaks on nende proteiinisaldus. Ruminantidel ei ole proteiini kvaliteet, s.o. üksikute aminohapete sisaldus otsustava tähtsusega, nende seedekanalisis sünteesivad bakterid kõiki aminohappeid. Olulisem on asendamatute aminohapete (lüsiini jt.) sisaldus sigade söödas (Navratil, Prokop, 1976).

Tabelis 3 on näidatud mikroväetise mõju põldheina proteiinisaldusele. Selgub, et liblikõielistes on proteiini sünteesi stimuleerinud kõik väetisena kasutatud raskemetallid. Ristiku väetamisel booriga vähenes mõnes katses heina proteiinisaldus, mis võis olla tingitud suurest enamsaagist. Raskemetallide ja boori mõju põldtimuti proteiinisaldusele oli väike, sageli ka negatiivne. Üldiselt mõjutasid kasutatud elemendid kõrreliste heintaimede, samuti kõrsteraviljade haljasmassi saake ja selle proteiinisaldust vähe. Erandi moodustas

koobalt, mille toimel suurenes põldtimutis ja ka teistest kõrrelistest koosnevates heintaimikutes proteiinisaldus, mitte aga saak. See küsimus vajab veel lähemat uurimist.

Tabel 3

Cu, Bo, Mn, Co ja B mõju punase ristiku, sirp-lutserni ja põldtimuti kuivaine proteiinisaldusele (%) / The effect of Cu, Mo and B on the crude protein content of red clover, alfalfa and timothy (% in DM)

Heintaimed Herbage	n	Foon Back- ground	Cu	Mo	Mn	Co	B	
Punane ristik Red clover	17	x	16,14	17,29	17,34	16,70	-	17,44
		lim	11,55...	12,25...	12,42...	12,31...	-	10,25...
			20,73	20,30	20,21	18,05		22,75
Sirp-lutsern Alfalfa	7	x	15,45	16,30	16,63	-	-	16,19
		lim	11,63...	12,60...	12,25...	-	-	12,86...
			18,20	18,66	18,20			18,37
Põldtimut Timothy	12	x	11,38	11,50	11,57	11,24	12,53	10,65
		lim	7,87...	6,56...	6,82...	6,92...	9,70...	5,60...
			13,65	16,36	14,17	14,12	14,84	15,31

PD_{0,05}=0,48

Valk ei ole aga alati ühesuguse väärtusega, selle väärtus oleneb aminohappelisest koostisest. Taimse valgu aminohappelist koostist mõjutavad nii taimesisesed kui ka välised tingimused (Kartau, 1967). Üks välistest tingimustest on, nagu juba eespool käsitletud, väetistena mulda viidud raskemetallid, mille mõjul muutub taimedes mitte ainult proteiinisaldus, vaid ka selle aminohappelise koostis. Ühel ja samal mullal kasvatatud odra puhul saadi vase ja molübdeeniga väetamisel tabelis 4 toodud tulemused.

Tabel 4

Cu ja Mo mõju odra terade kuivaine aminohappelisele koostisele (%) / The effect of Cu and Mo on the amino acid composition of barley grain' dry matter

Näitaja Item	Sort 'Hellas' / Variety 'Hellas'			Sort 'Nadja' / Variety 'Nadja'		
	Foon (F) Background	F+Cu	F+Cu, Mo	Foon (F) Background	F+Cu	F+Cu, Mo
Proteiin, %	19,70	18,90	21,10	18,50	18,30	19,30
AA ¹ % kuivaines in DM proteiinis in crude protein	3,34	3,42	3,65	3,09	3,22	5,22
	53,70	53,50	54,10	53,80	52,70	52,20

¹ Asendamatud aminohapped / Essential amino acids

Selgus, et odraterade proteiinisaldus on sorditi erinev, mis sõltub taimesisesest füsioloogilistest ja biokeemilistest protsessidest taime kasvades. Vase viimisel

toitekeskkonda on muutused sortide proteiinis kui ka asendamatute aminohapete sisalduses väikesed, nihked olid vähenemise suunas. Seevastu vase ja molübdeeni koosmõjul suurenes terade kuivaine proteiinisaldus sordil 'Hellas' 1,4 % ja sordil 'Nadja' 0,8 % võrra. Asendamatute aminohapete sisaldus terade kuivaines suurenes sordil 'Hellas' 3,34 %-lt 3,65 %-ni, sordil 'Nadja' aga 3,09 %-lt 5,22 %-ni, kuid nende sisaldus proteiinis suurenes küll sordil 'Hellas', aga vähenes sordil 'Nadja'. Sellega allub odra kuivaine proteiini- ja asendamatute aminohapete sisaldus iga sordi piires raskemetallide, eriti aga nende kombinatsioonide puhul erinevatele muutustele. Antud katses paranes terade kvaliteet raskemetallide toimele sordil 'Hellas' rohkem kui sordil 'Nadja'.

Suuremal määral kui terades muutub heintaimede proteiinisaldus ja selle kvaliteet raskemetallidega rikastatud väetiste kasutamisel (tabel 5).

Tabel 5

Muutused karjamaa raiheina valgukompleksis rikastatud nitrofoska toimele / Changes in the crude protein complex of perennial rye grass caused by concentrated nitrophosca

Väetusvariant Treatments	Proteiin % Protein, %	Asendamatud aminohapped % Essential amino acids %	
		kuivaines in dry matter	proteiinis in crude protein
Väetamata / No fertilizer	10,10	3,27	27,73
Harilik nitrofoska / Nitrophosca	9,66	3,59	34,92
Rikastatud nitrofoska / Concentrated nitrophosca	11,46	4,07	33,72

Katses karjamaa-raiheinaga kasutati väetamiseks rikastatud nitrofoskat, mis sisaldas 0,1 % Cu, 0,01 % Mo, 0,005 % Co, 0,2 % Zn ja 0,1 % B. Selle väetise toimele suurenes kuivaines kõigi analüüsitud aminohapete sisaldus, välja arvatud metioniin ja asparagiin. Eriti suurel määral tõusis kuivaines lüsiini- (0,09 %), fenüülalaniini- (0,12 %) ja leutsiini- (0,19 %) sisaldus. Proteiini koostises aga vähenes aminohapete sisaldus metioniini-, treoniini-, arginiini- ja fenüülalaniinisalduse arvel. Rikastatud väetiste kasutamisel võib nendes sisalduvate raskemetallide omavahelistes suhetes esineda nii antagonismi kui ka sünergismi (Rinkis, 1972), mis mõjutab valgusünteesi ja selle koostist nii positiivses kui ka mõnikord negatiivses suunas.

Vasel on oluline mõju asendamatute aminohapete koostisele proteiinis, kui kasutatakse väetamiseks suuri lämmastikväetise annuseid. Katses hariliku keraheina ülekaaluga rohus, kus määrati ainult ühe olulisema asendamatute aminohapete (lüsiini) sisaldus, saadi tabelis 6 esitatud tulemused.

Tabel 6

Vase mõju lüsiinisaldusele (%) / The influence of Cu on the lysine content (%)

Väetisvariant Treatments	Toorproteiinis In crude protein	Kuivaines In dry matter
N ₈₅	5,1	0,45
N ₈₅ +1 kg Cu/ha	5,9	0,53
N ₃₄₀	6,5	0,99
N ₃₄₀ +1 kg Cu/ha	6,0	0,90
N ₃₄₀ +2 kg Cu/ha	6,4	1,05

Kui lämmastikväetisele N₈₅ lisati veel 1 kg Cu/ha, suurenes lüsiinisaldus nii proteiinis kui ka kuivas heinas. Viies aga mulda neli korda suurema lämmastikuannuse, ei suutnud endine vasekogus lüsiinisaldust enam suurendada, selleks kulus nüüd 2 kg Cu/ha.

Analoogilisi tulemusi, mille puhul lämmastikväetise foonil on vase viimine mulda suurendanud eriti heina lüsiinisaldust, on saadud ka teiste uurijate katsetes (Annuk, 1992).

Saamaks ülevaadet meie vabariigis perspektiivsemateks mikroelementideks osutunud Cu, Mo ja B mõjust heintaimede väetamisel, analüüsiti põldtimuti ja punase ristiku kui põhiliste söödakultuuride aminohappelise koostist (tabel 7).

Tabel 7

Põldtimuti 'Jõgeva 54' ja varase punase ristiku 'Jõgeva 433' proteiini aminohappeline koostis Cu, Mo ja B mõjul (%) / Amino acid composition of crude protein in timothy 'Jõgeva 453' and early red clover 'Jõgeva 433' caused by Cu, Mo and B (%)

Aminohapped Amino acids	Põldtimut / Timothy				Punane ristik / Red clover			
	Foon Back- ground (F)	F+Cu	F+Mo	F+B	Foon Back- ground (F)	F+Cu	F+Mo	F+B
Lüsiin	4,3	4,4	4,2	4,2	4,2	4,4	4,1	4,1
Freoniin	3,0	3,4	3,2	3,2	2,9	3,2	2,8	2,9
Valiin	3,2	3,7	3,5	3,8	3,0	3,4	3,0	3,3
Metioniin	2,6	3,3	2,4	2,7	0,01	0,02	0,01	0,01
Isoleutsiin	2,1	2,2	2,3	2,3	1,6	1,9	1,7	1,7
Leutsiin	4,3	4,9	4,9	4,8	3,9	4,4	4,0	3,8
Fenüülalaniin	2,9	3,1	3,2	3,2	2,9	3,1	2,3	2,8
AA ¹ kokku/total	22,4	25,0	23,7	24,2	18,51	20,42	17,91	18,51
Arginiin	4,1	5,7	5,0	4,2	2,1	3,2	1,8	2,2
Histidiin	2,0	1,9	2,0	2,0	2,2	2,3	1,7	2,2
Tsüstiin	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03
Türosiin	0,3	0,4	0,2	0,4	1,7	3,1	0,2	1,6
Asparagiin	8,6	8,4	6,8	7,2	13,9	13,6	12,1	13,7
Seriin	3,4	3,6	3,5	3,4	3,6	4,1	3,6	3,7
Glutamiin	8,3	8,8	8,8	8,5	7,0	8,8	6,8	6,7
Proliin	9,2	9,3	9,6	9,9	9,2	9,2	9,2	9,4
Glütsiin	2,6	3,0	2,9	2,8	3,0	3,2	3,0	3,0
Alaniin	4,0	4,7	4,8	4,5	3,6	3,9	3,5	3,5
AH ² kokku/total	64,91	70,81	67,3	67,1	64,84	71,86	59,84	64,54

¹ Asendamatud aminohapped / Essential amino acids

² Kõik aminohapped / Total amino acids

Selgus, et foonil kasvanud punase ristiku ja timuti proteiinis on aminohappeid protsentuaalselt peaaegu võrdselt. Vahe on aga asendamatute aminohapete sisalduses, mille suhteline osakaal on põldtimutis märksa suurem kui punases ristikus. Eriti ilmneb see metioniinisalduses. Viimane võib limiteerida ka suuretoodanguliste lehmade piimavalgusünteesi (Navratil, Prokop, 1976). Seevastu ristik sisaldab timutist rohkem asparagiini, mis on lämmastiku salvestajaks taimedes (Miidla, 1988). Vase mõjul suurenes mõlemates heintaimedes nii aminohapete summa kui ka kõigi asendamatute aminohapete, eriti leutsiini- ja valiinisaldus. Molübdeeni mõjul suurenes aminohapete sisaldus ainult põldtimutis, punases ristikus aga vähenes. Ka boor suurendas üldist ja asendamatute

aminohapete sisaldust ainult põldtimutis, punases ristikus olid muutused väga väikesed ja kogusummas võrdus nende suhteline sisaldus fooni suhtelise sisaldusega.

Järelikult on Cu, Mo ja B mõju aminohapete sünteesile mitmesugune ja see oleneb taimeliigist. Vase eriti aktiivne toime seostatakse kirjanduse andmeil (Mitchell, 1952; Possingham, 1956; Mengel, Kirkby, 1979) vahetu osavõtuga valgu sünteesist. Vaske on rohkesti lehtede kloroplastides, kus ta elektronvahetuse korras võtab osa fotosünteesi katalüütilistest protsessidest.

Tuleb märkida, et põldtimutis suurendasid nii Cu, Mo kui ka B aminohapete sisaldust, punases ristikus toimis selliselt ainult vask. Neid elemente sisaldavate mikrovaetiste kasutamisel suurenes põldtimuti saak vähem kui punasel ristikul (Kalmet, 1979). Seega ilmnes ka nende elementide puhul saagi suurenemise ja selle kvaliteedi paranemise vahel pöördvõrdeline sõltuvus.

Suuresaagilisi kultuurrohumaid rajatakse turvasmuldadele. Eelkõige kannatavad need mullad vasepuuduse all, sest suur orgaaniliste kolloidide sisaldus nendes muldades seob väga tugevasti raskemetalli vaske kui ka molübdeeni. Vase ja molübdeenväetise toimel suurenes turvasmuldadel kasvatatavates heintaimedes proteiinisaldus (tabel 8), kusjuures liblikõielistes heintaimedes märksa suuremal määral kui kõrrelistes.

Tabel 8

Cu ja Mo mõju madalloomullal kasvavate heintaimede proteiinisaldusele (%) / The effect of Cu and Mo on the crude protein content of herbage growing on the low moor soil (%)

Katse koht Site of trial	Heintaimed Herbage	Väetis Fertilizer	Proteiin Crude protein
Saku	Punane ristik / Red clover	PK	13,55
	Punane ristik / Red clover	PK+Cu	16,08
	Valge mesikas / Sweet clover	PK	17,15
	Valge mesikas / Sweet clover	PK+Mo	24,50
Mooste	Punane ristik / Red clover	PK	12,42
	Punane ristik / Red clover	PK+Cu	19,60
Tooma	Külvatud kõrrelistes / Sowed grasses	PK	13,13
	Külvatud kõrrelistes / Sowed grasses	PK+Cu	14,33
Ihaste	Looduslikud heintaimede liigid Natural herbage	PK	11,20
	Looduslikud heintaimede liigid Natural herbage	PK+Cu	11,38

Ihaste loodusliku heintaimikuga lammi-madalloomullal muutus rohus proteiini aminohappeline sisaldus vase mõjul vähe (-0,18 %) (tabel 9).

Mineraalmullal kasvanud heintaimedes suurenes vase mõjul asendamatute aminohapete sisaldus, kuid Ihaste turvasmullal kasvanud rohus see vähenes, põhiliselt lüsiini (-0,12 %) ja leutsiini ning isoleutsiini (-0,12 %) arvel. Selle põhjuseks tuleb pidada väga mitmekesise liigilise koosseisuga taimestikku, kus iga taim võis vaskväetise toimele reageerida erinevalt vastavalt selles taimes toimivatele biokeemilistele protsessidele, mille tulemusena mõne aminohappe sisaldus kas suurenes või vähenes ja lõppresultaadina esines heinas aminohapete üldises sisalduses väga väike muutus. Seega vaskväetise toimel võib looduslikult rohumaalt saada küll suurt saaki, kuid saagi proteiini kvaliteet muutub vähe.

Tabel 9

Vase mõju Ihaste lammi-madalloomullal kasvanud loodusliku heina aminohapete sisaldusele (%-des kuivainest) / The influence of Cu on the amino acid content (% in DM) of natural hay grown on the Ihaste alluvial-low moor soil

Aminohapped / Amino acids	Väetus / Fertilizer	
	PK	PK+Cu
Lüsiin / Lysine	0,83	0,71
Treoniin / Threonine	0,64	0,62
Alaniin / Alanine	0,49	0,51
Valiin / Valine	0,43	0,45
Fenüülalaniin / Phenylalanine	0,80	0,78
Leutsiin+isoleutsiin / Leucine+Isoleucine	0,99	0,87
Arginiin / Arginine	0,67	0,66
Asparagiin / Asparagine	1,02	1,04
Glutamiin / Glutamine	0,92	0,95
Glütsiin / Glycine	0,41	0,43
Serin / Serine	0,60	0,60
Aminohapete summa / AA total	7,80	7,62

KOKKUVÕTE

Teravilja maksimaalne proteiinisaldus ilmneb väiksema mikrovaetise annuse mõjul kui sama vaetise poolt põhjustatud maksimaalne saak. Vase, molübdeeni, mangaani, koobalti ja boori toimet suureneb heintaimede kuivaines ja kaunviljades proteiinisaldus rohkem kui kõrsteraviljades. Vase ja molübdeeni mõju odra terasaagile ja proteiini-saldusele on erinev sorditi. Kõrreliste heintaimede vaetamisel lämmastikvaetistega soodustab lisaks antud vaskvaetis lüsiini sünteesi. Asendamatu aminohapete suhtelist sisaldust suurendab kõige enam vask, molübdeeni ja boori mõju on aga varieeruv. Raskemetallidega rikastatud põhivaetiste mõju söödataimede proteiinisaldusele on väike, tõenäoliselt nendes sisalduvate elementide omavaheliste antagonistlike mõjude tõttu. Turvasmullalt saadud loodusliku heina proteiinisaldust mõjutab vaskvaetis vähe, mis on tingitud taimekoosluse liigirohkusest, kusjuures iga liik reageerib vaskvaetisele erinevalt.

KIRJANDUS

- Annuk: Аннук К. Создание и интенсивное использование полейдерных лугов на торфяных почвах. - Таллинн, 1992. - 199 с.
- Annuk: Аннук К. Х., Киппасто А. Б. Влияние НРК-удобрения и некоторых микроэлементов на аминокислотный состав урожая сеяного пойменного луга. - Сб. науч. трудов ЭСХА, N 135, Тарту, с. 92...100, 1982.
- Annuk, K., Rausberg, P. Saagi formeerumise perioodi ilmastiku mõju mõnede kõrreliste heintaimede aminohappelisele koostisele. - EPA teaduslike tööde kogumik nr. 171. - Tartu, lk. 156...164, 1991.
- Kalmet, R. Mikroelemendid Eesti NSV maaviljeluses. - Tallinn, 1979. - 186 lk.
- Kalmet, Kartau: Калмет Р., Картау С. Влияние некоторых микроэлементов на белковый состав растений. - ЕММТУИ теадуслике tööде kogumik LI, Mullaviljakuse tõstmisest Eesti NSV-s. - Tallinn, lk. 145...156, 1982.
- Kartau, S. Biokeemilistest muutustest põldoa haljasmassis sõltuvalt kasvuajast ja arengufaasist. - ЕММТУИ теадуслике tööде kogumik X. - Tallinn, lk. 195...205, 1967.
- Kartau: Картау С. И. Об изучении аминокислотного состава некоторых кормов Эстонской ССР методом хроматографии на бумаге. - Автореферат диссертации канд. наук. - Тарту, 1969. - 32 с.

- Kovacs: Ковач Д. Динамика аминокислотного состава некоторых злаковых трав в зависимости от фазы вегетации. - Сб. науч. трудов ЭСХА, N 140, Тарту, с. 65...73, 1983.
- Mengel, K. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. - Stuttgart, 1972.
- Mengel, K., Kirkby, E. F. Principles of plant nutrition. - Berne, 1979. - 593 pp.
- Miidla, H. Taimefüsioloogia. - Tallinn, 1984. - 424 lk.
- Mitchell, H. H. The relationship between the protein content of corn and the nutritional value of protein. - J. Nutr. vol. 48, p. 461...471, 1952.
- Navratil, B., Prokop, V. Untersuchungen über den Aminosäurenbedarf wachsender Schweine in CSSR. - Tag. Ber. Akad. Landwirtsch. Wiss. DDR, Berlin, Nr. 142, S. 71...75, 1976.
- Oll, Ü. Lehmade metaboliseeruva proteiini, RDP- ja UDP-tarve. - EPA teaduslike tööde kogumik nr. 171. - Tartu, lk.21...33, 1991.
- Oll, Ü., Ilus, A. Söötade keemilise koostise ja toiteväärtuse tabelid. - Tallinn, 1974. - 60 lk.
- Possingham, J. V. Mineral nutrition and amino acids in tomato. - Austr. J. Biol. Sci., vol. 9, p. 539...551, 1956.
- Põllumehe teatmik. - Tallinn, lk. 174...177, 1979.
- Raave: Рааве Л. Содержание протеина в пастбищной траве и основные факторы влияющие на него. - Научн. труды ЭНИИЗМ ЛП. Кормопроизводство. - Таллин, с. 64...71, 1984.
- Rinkis: Ринкис Т. Я. Оптимизация минерального питания растений. - Рига, 1972. - 355 с.
- Rubens, L. Kralova, M. The effect of mineral nitrogen and molybdenum on the symbiotic fixation of nitrogen in pea. - Rostlina Vyroba, Praha, p. 397...408, 1973.
- Ziznevskaja: Жизневская Т. Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений. - Москва, 1972. - 72 с.
- Tali, V. Raig, H. Mineraalväetiste mõju lutserni aminohappelisele koostisele. - EPA teaduslike tööde kogumik nr. 39. - Tartu, lk. 102...109, 1964.

THE INFLUENCE OF SOME HEAVY METALS (C, Mo, Mn, Co) AND BORON ON THE PROTEIN CONTENT OF FODDER CULTURES AND AMINO ACID CONTENTS

R. Kalmet, S. Kartau

Summary

The heavy metals Cu, Mo, Mn, Co and nonmetal B carried into the soil as fertilizers, in case of great shortage of these elements in soil, increase the crude protein content in cereals to a slight degree, the effect is higher in seeds of legumes and in vegetative parts of leguminous plants. The influence of Cu and Mo on the content of crude protein of barley is different, depending both on the element and the variety. The dose of fertilizer in order to get maximum crude protein of cereals is smaller than the dose for getting maximum yield. Cu increases the content of lysine in grasses on the background of nitrogen fertilizer. The essential amino acids in the yields of field crops is increased mostly by Cu, the influence of other elements is varied and depends on the species of the plant. The NPK fertilizers, enriched by heavy metals, have less influence on the content of crude protein of fodder plants and its amino acid content, due to mutual antagonistic effects of these elements. The crude protein content of natural grasses, growing on peat soils, changes less under the influence of Cu. This is due to the species-rich herbage, whereby each species reacts to the copper differently.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Mo, Mn, Co) и В НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОТЕИНА И ЕГО АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ

Р. Кальмет, С. Картау

Резюме

Тяжелые металлы (Cu, Mo, Mn, Co) и В, вводимые в почву в виде удобрений, в случае большой потребности почвы в этих элементах, повышают содержание сырого протеина в меньшей мере в зерне зерновых и в большей мере - в семенах бобовых и вегетативной массе бобовых трав. Влияние Cu и Mo на содержание сырого протеина в зерне ячменя в зависимости от элемента, а также от сорта, разное. Доза удобрения для достижения максимального содержания сырого протеина в зерне меньше, чем для получение максимального урожая. На фоне азотных удобрений Cu увеличивает в сене содержание лизина. На урожай больше всего влияет Cu; влияние же других элементов варьирует в зависимости от вида растения. Обогащенные тяжелыми металлами РК-удобрения мало влияют на содержание в кормовых растениях сырого протеина и аминокислотный состав его из-за взаимного антагонистического влияния между этими элементами. Содержание сырого протеина в сене естественных сенокосов, расположенных на торфяных почвах, под влиянием Cu изменяется мало, что обуславливается многообразием видого состава травостоя, причем каждый вид реагирует на внесение медных удобрений по-разному.