

MULLA LIIKUVA MAGNEESIUMI SISALDUSE NING KALTSIUMI JA MAGNEESIUMI SUHTE MÕJU PÕLLUKULTUURIDE SAAGILE

V. Loide

Taimed vajavad oma eluks suhteliselt suurtes kogustes kuut toiteelementi: lämmastikku, fosforit, kaaliumi, väävlit, kaltsiumi ja magneesiumi. Need põhi- ehk makrotoiteelemendid on taimedes mitmesuguste ainete koostises nagu näiteks proteiinis (eriti lämmastik ja fosfor), nukleiinhapetes (lämmastik ja fosfor), klorofüllis (lämmastik, magneesium) (Bockman, 1991).

Klorofüllis sisalduval magneesiumil on taime elus tähtis osa. Juba 1906. aastal märkas saksa teadlane Willstatter magneesiumi vajalikkust. Klorofüllis sisaldub magneesiumi üle 2,7 %, peale selle võtab magneesium osa paljude fermentatiivsete protsesside aktiveerimisest (Kollings, 1960; Magnitski, 1962; Magnitski jt., 1970; Kulakovskaja jt., 1972).

Magneesium on hädavajalik ka inimestele ja loomadele. Magneesiumi puudujääk toidus või söödas põhjustab selle sisalduse vähenemist veres ning võib veiste ja lammaste organismis esile kutsuda kaltsiumi vähenemise, kesknärvisüsteemi ja lihastalitluse häireid, sealhulgas karjamaatetaaniat (Magnitski, 1962; Bockman, 1991). Mõned meedikud (Döring, 1967, 1974) on kinnitanud, et magneesiumi vähesus aitab kaasa südameinfarkti tekkele.

Taimed ei kannata magneesiumi puuduse all mitte ainult magneesiumivaestel muldadel, ka magneesiumiga keskmiselt varustatud muldadel võivad esinedaioonantagonismist indutseeritud magneesiumipuuduse ilmingud (Schönberg, 1960). Juba 1902. aastal märkis Loew (tsit. Korabljova, 1950 järgi), et hea saagi kasvatamiseks on vaja mullas reguleerida kaltsiumi ja magneesiumi suhet, sest need elemendid esinevad taimede toitumisel antagonistidena.

Käesolev uurimistöö käsitleb Eesti põllumuldade liikuva magneesiumi (Mg) sisaldust ning kaltsiumi ja magneesiumi suhet (Ca:Mg) ning selle tähtsust taimede toitumisel.

Katsematerjal ja meetodika

Selgitamiseks väetamise mõju liikuva kaltsiumi ja magneesiumi suhtele ning magneesiumi dünaamikale mullas, analüüsiti silinder- ja nõukatsete muldi ning võrreldi saadud näitajate seost saagiandmetega. Mullaproovid koguti sügisel peale saagikoristust. Lisaks neile võeti üle vabariigi enamlevinud mullaerimitest veel 178 proovi. Liikuva Ca- ja Mg-sisaldus määrati AL-meetodil. K-sisaldus aga E.-R.-meetodil (neid meetodeid kasutatakse ka väetistarbe määramisel).

Magneesiumväetisena kasutati magneesiumsulfaati ($Mg_2SO_4 \times 7H_2O$), millega anti hektarile kas 0, 40, 80, 100, 160 kg magneesiumi.

Selgitamiseks kaltsiumi ja magneesiumi suhte mõju taimedele, kasvatati eelpool nimetatud muldadel punast ristikut ja üheaastast raiheina. Taimedest määrati proteiin Kjeldahli järgi, K, Ca ning Mg kuivtuhastamisel saadud tuha lahusest.

Andmete matemaatilisel töötlemisel kasutati dispersioon- ja regressioonanalüüsi.

Katseandmed ja nende arutelu

Liikuva kaltsiumi ja magneesiumi suhtest mullas. Et haritava maa muldadest on Eestis 52 % vähese Mg-sisaldusega (Loide, 1994), siis on püütud selgitada magneesiumväetiste vajadust ja nende kasutamise efektiivsust. Kuid nii autori kui ka mõnede teiste uurijate mitmetes varasemates katsetes ei ole magneesiumivaese mulla väetamine alati positiivseid tulemusi andnud. Järgnevalt püüame leida selle põhjusi.

Mulla analüüsiandmetest (n=478) selgus, et Ca:Mg suhe varieerub põllumuldade künnikihis võrdlemisi laiades piirides, ulatudes 1-st...30-ni ja katsemullas isegi 50-ni. Ca:Mg suhe varieerus suuresti ka ühe ja sama mullatüübi piires.

Künnikihi magneesiumisisaldusele avaldab mõju lähtekivim. Nii selgus Kase (1994) uuringutest, et dolomiitsel rähkmoreenil tekkinud mullad on tunduvalt magneesiumirikkamad kui lubjakivisel rähkmoreenil tekkinud mullad. Kask seletab ka kaltsiumi ja magneesiumi suhte laienemise põhjust: magneesiumiooni liikuvus ülalt alumistesse kihtidesse on suurem kui kaltsiumiooni liikuvus. Teravamalt tuleb see esile lubjakivisel moreenil, kus kaltsiumisisaldus on suurem. Et liiga lai kaltsiumi ja magneesiumi suhe raskendab magneesiumi omastamist taimede poolt, siis võivad magneesiumipuuduse all kannatada ka küllalt suure magneesiumisisaldusega mullal kasvavad taimed (Bolskii jt., 1978).

Uurides pikema aja jooksul silinder- ja põldkatsetes liikuva kaltsiumi ja magneesiumi dünaamikat, ilmnes, et mulla Ca:Mg suhe muutub pidevalt. Tulenevalt magneesiumiooni ümbritsevast suurest hüdraatkihist on magneesium kergemini mullast väljahutatav kui kaltsium (Schilling, 1986). Järelikult Ca:Mg suhe laieneb, kui magneesiumi mulda juurde ei anta.

Katsetest selgus, et kaltsiumivaesel **keskmiselt leetunud kamar-leetmullal** (Lk_{II}) vähenes Mg-sisaldus siis, kui magneesiumväetist ei kasutatud. Sel juhul vähenes Mg kogus mullas igal aastal keskmiselt 48 kg/ha (tabel 1). Viie aasta jooksul eemaldus magneesiumiga väetamata künnikihist valdav osa mulla liikuvast magneesiumist (joon. 1). Magneesiumiga väetatud variantides kahanes mulla magneesiumivaru olenevalt põhiväetusest 12...30 kg/ha.

Ka vähenes mulla liikuva kaltsiumi sisaldus (joon. 2), kuid variantidevahelised erinevused olid tunduvalt väiksemad kui magneesiumi puhul. Sellest tulenevalt laienes aga Ca:Mg suhe magneesiumiga väetamata mullas katse algul 14:1, viis aastat hiljem aga juba 40:1. Suure magneesiumiannuse (Mg₁₆₀) korral kitsenes Ca:Mg suhe aga samal ajal 14:1-lt 8:1-le.

Tabel 1. Kaltsiumi ja magneesiumi kadu keskmiselt leetunud kamar-leetmullas sõltuvalt väetamisest / Loss Ca and Mg from medium podzolized sodpodzolic soil depending on fertilization

Näitajad Indicators	Väetisvariandid kg/ha Variants of fertilizers kg/ha						
	N ₉₀	N ₉₀	N ₉₀	N ₂₄₀	N ₀	N ₉₀	N ₉₀
	P ₃₅	P ₃₅	P ₃₅	P ₃₅	P ₃₅	P ₃₅	P ₃₅
	K ₁₉₈	K ₀	K ₆₆	K ₆₆	K ₆₆	K ₆₆	K ₆₆
	Mg ₈₀	Mg ₈₀	Mg ₈₀	Mg ₈₀	Mg ₈₀	Mg ₁₆	Mg ₀
	0						
Mulla Ca-sisaldus mg/kg / Ca content in soil mg/kg							
katse algul / at the beginning of the trial	1290	1160	1350	1250	1300	1350	1350
katse lõpul / at the end of the trial	700	680	800	700	630	600	800
muutus aastas / annual difference	-118	-96	-110	-110	-134	-150	-110
kg/ha aastas / year	-354	-288	-330	-330	-402	-450	-330
Mulla Mg-sisaldus mg/kg / Mg content in soil mg/kg							
katse algul / at the beginning of the trial	100	100	100	100	100	100	100
katse lõpul / at the end of the trial	60	60	50	50	55	80	20
muutus aastas / annual difference	-8	-8	-10	-10	-9	-4	-16
kg/ha aastas / year	-24	-24	-30	-30	-27	-12	-48
Ca : Mg							
katse algul / at the beginning of the trial	13	12	14	13	13	14	14
katse lõpul / at the end of the trial	12	11	16	14	11	8	40

Joonis 1. Väetamise mõju liikuva magneesiumi sisaldusele mullas
Figure 1. Moving magnesium content change in accordance with fertilizing

Joonis 2. Väetamise mõju liikuva kaltsiumi sisaldusele mullas
Figure 2. Moving calcium content change in accordance with fertilizing

Ca:Mg suhte laienemine, tingituna magneesiumi suuremast liikuvusest kaltsiumi suhtes, toob kaasa ka veel teise magneesiumi eemaldumise põhjuse. Nimelt on lüsimetriilistes uuringutes leitud, et magneesiumi leostumist soodustab ka lai Ca:Mg suhe ise (Belskii jt., 1978).

Mg ja Ca leostumist mullast suurendavad füsioloogiliselt happeliste väetiste, nagu ammooniumsalpeetri ja kaaliumkloriidi süstemaatiline kasutamine (Mazajeva, 1950, 1967; Kulakovskaja jt., 1972). Lk_{II}-mullal korraldatud katses avaldas teatud negatiivset mõju Ca-sisaldusele mullas ka suur (198 kg/ha) kaaliumiannus. Magneesiumi leostumist ei suurendanud ei kaaliumi ega lämmastiku suur annus.

Kamar-karbonaatmullast, milles oli rohkem Ca ja Mg, eemaldus nimetatud elemente ka suuremas koguses. Olenevalt väetisvariandist ulatus see 630...900 kg-ni/ha aastas. Sellel mullal suurendas märgatavalt Ca eemaldumist magneesiumväetise suur annus (160 kg/ha), kus Ca-kadu oli 900 kg/ha aastas (tabel 2). Seda põhjustas nähtavasti magneesiumväetise sulfaatioon. Vastupidiselt LK_{II} mullale vähenes mulla Ca-sisaldus kõige vähem just suure kaaliumväetisannuse (630 kg/ha) kasutamisel. Osaliselt on see seletatav sellega, et Ca suure ülekaaluga mullas eemaldub saagiga kaaliumi vähem, millest tuleb juttu allpool.

Tabel 2. Kaltsiumi ja magneesiumi eemaldumine kamar-karbonaatmullast sõltuvalt väetamisest / Changes of Ca and Mg content in sod calcareous soil depending on fertilization

Näitajad Indicators	Väetisvariandid kg/ha Variants of fertilizers kg/ha						
	N ₉₀ P ₃₅ K ₁₉₈ Mg ₈₀	N ₉₀ P ₃₅ K ₀ Mg ₈₀	N ₉₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₈₀	N ₂₄₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₈₀	N ₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₈₀	N ₉₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₁₆	N ₉₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₀
Mulla Ca-sisaldus mg/kg / Ca content in soil mg/kg							
katse algul / at the beginning of the trial	6400	6680	6630	6250	6450	6500	6700
katse lõpul / at the end of the trial	5350	5400	5450	5000	5050	5000	5500
muutus aastas / annual difference	-210	-256	-236	-250	-280	-300	-240
kg/ha aastas / year	-630	-768	-708	-750	-840	-900	-720
Mulla Mg-sisaldus mg/kg / Mg content in soil mg/kg							
katse algul / at the beginning of the trial	290	280	310	310	290	270	300
katse lõpul / at the end of the trial	300	300	310	280	320	500	240
muutus aastas / annual difference	+2	+4	0	-6	+6	+46	-12
kg/ha aastas / year	+6	+12	0	-18	+18	+138	-36
Ca : Mg							
katse algul / at the beginning of the trial	22	24	21	20	22	24	22
katse lõpul / at the end of the trial	18	18	18	18	17	10	23

Mulla liikuva magneesiumi sisaldus muutus sõltuvalt sellest, kas kasutati suurt (160 kg/ha) magneesiumiannust või ei kasutatud magneesiumväetist üldse. Esimesel juhul tõusis magneesiumisisaldus tasemele, mis ületas 500 mg/kg. Künnikihti arvestades suureneb magneesiumisisaldus 138 kg/ha aastas. Samal ajal vähenes magneesiumiga väetamata karbonaatse mulla magneesiumisisaldus enam-vähem võrdselt leetunud mulla magneesiumisisaldusega – 36 kg/ha aastas. Ka lämmastikväetis mõjutas mullas magneesiumisisaldust. Kui suure (240 kg/ha) lämmastikväetisannuse korral mulla magneesiumisisaldus vähenes, siis lämmastikuta variandi puhul suurenes see 18 kg/ha aastas. Põhi- ja magneesiumväetiste mõõdukal kasutamisel jäi mulla magneesiumisisaldus muutumatuks. Kaaliumväetise küllus või puudus ei avaldanud olulist mõju magneesiumi eemaldumisele mullast.

Hoolimata mulla Ca- ja Mg-sisalduse muutustest ei muutunud Ca:Mg suhe siiski oluliselt. Ainult suure magneesiumiannuse (160 kg/ha) korral ahenes kaltsiumi ja magneesiumi suhe 24-lt...10-le.

Silinderkatsete tulemuste kinnitamiseks uuriti mulla magneesiumi dünaamikat ka **põldkatsetes**, millest üks korraldati kamar-karbonaatmullal Läänemaal ja teine kamarleetmullal Põlvamaal.

Selgus, et Kedre (Läänemaal) katse liivsavisest kamar-karbonaatmullas, mis sisaldas liikuvat kaltsiumi 3000...4000 mg/kg ja liikuvat magneesiumi 150...190 mg/kg, vähenes Ca- ja Mg-sisaldus väetamata variandi puhul niisama palju kui variandi N₉₀P₃₅K₆₆ korral – vastavalt 100 ja 9 mg/kg (joonised 3 ja 4) ehk 300 ja 27 kg/ha aastas. Järelikult ei suurene mõõdukal väetamisel Ca ja Mg leostumine, kuid suur (140 kg/ha) lämmastikuannus suurendas nii Ca kui ka Mg eemaldumist mullast. Kaltsiumi eemaldus 414 ja magneesiumi 33 kg/ha aastas. Ka selles katses ei mõjutanud erinevad kaaliumväetisannused oluliselt mulla Ca- ega Mg-sisaldust.

Ca- ja Mg-sisalduse ning nende omavahelise suhte muutusi magneesiumiga väetatud mullal iseloomustab **joonis 5**. Magneesiumväetise mõju mulla Ca- ja Mg-sisaldusele avaldus lineaarselt, kusjuures korrelatsioonikordaja oli vastavalt -0,441 ja 0,910. Võrrandist selgub, et mulla Mg-sisaldus püsis esialgsel tasemel, kui kasutati magneesiumväetist annuses 40 kg Mg/ha. Samal ajal Ca-sisaldus vähenes ja magneesiumiannuse edasine suurendamine vähendas seda veelgi. Ca:Mg suhe oli katse algul 23, magneesiumiga väetamata variandis laienes see aga 29-ni (**tabel 3**). Magneesiumväetise kasutamisel, vastupidi, kitsenes see suhe märgatavalt.

Joonis 3. Väetamise mõju liikuva kaltsiumi sisaldusele kamar-karbonaatmullas põldkatses

Figure 3. Moving calcium content change in accordance with fertilizing in field trial

Joonis 4. Väetamise mõju liikuva magneesiumi sisaldusele kamar-karbonaatmullas põldkatses

Figure 4. Moving magnesium content change depending on fertilizing in field trial

Tabel 3. Magneesiumväetise mõju Ca:Mg suhtele kamar-karbonaatmullas / Influence of Mg fertilizer to the relation Ca:Mg in sod calcareous soil

Väetisvariandid Variants of fertilizers	Ca : Mg	
	katse rajamisel at the beginning	kuuendal katseaastal after the 6 years of experiment
Mg ₀	23	29
Mg ₄₀	23	18
Mg ₈₀	23	15
Mg ₁₂₀	23	11
Mg ₁₆₀	23	9

Järgnevalt selgitatakse kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse dünaamikat **Ca-vaesel kamar-leetmullal korraldatud põldkatses**.

Keskmiselt leetunud kamar-leetmuld, mis sisaldas 860...900 mg Ca/kg (tabel 4), oli teiste katsemuldadega võrreldes kõige kaltsiumivaesem. Ka mullast eemalduv kaltsiumikogus oli väikseim. Väetamata variandi mulla kaltsiumikadu oli keskmiselt 21 kg/ha aastas. NPK-väetis suurendas kaltsiumikadu mullast. Variandi N₆₀P₂₆K₅₀ kasutamisel eemaldus mullast liikuvat kaltsiumi aastas 51 kg/ha.

Joonis 5. Magneesiumväetise mõju mulla liikva Ca ja Mg sisaldusele kamar-karbonaatmullas
Figure 5. Influence of magnesium fertilizer to content of moving Ca and Mg in sod calcareous

Tabel 4. Keskmiselt leetunud kamar-leetmulla kaltsiumi- ja magneesiumisisalduse dünaamika (põldkatses 1967...1975) / Changes in the content of Ca and Mg in medium podzolized sod podzolic soil (field experiment 1967...1975)

Näitajad Indicators	Väetusvariandid kg/ha Variants of fertilizers	
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₀ P ₂₆ K ₅₀
Mulla Ca-sisaldus mg/kg / Ca content in soil		
katse algul / at the beginning of the trial	863	913
katse lõpul / at the end of the trial	688	788
muutus aastas / annual difference	-7	-17
kg/ha aastas / year	-21	-51
Mulla Mg-sisaldus mg/kg / Mg content in soil		
katse algul / at the beginning of the trial	98	108
katse lõpul / at the end of the trial	103	115
muutus aastas / annual difference	+0,6	+0,9
kg/ha aastas / year	+1,8	+2,7
Ca : Mg		
katse algul / at the beginning of the trial	9	8
katse lõpul / at the end of the trial	7	7

Mulla Mg-sisalduse muutus oli niivõrd väike, et see jäi määramistäpsuse piiridesse.

Liikuva kaltsiumi ja magneesiumi suhe oli katse algul 8...9, kuid katse lõpuks kahanes see 7-le. Sellisel mullal muudaks magneesiumväetise kasutamine ilma samaaegse lupjamiseta selle veelgi kitsamaks ning toitainete omastamine taimetele vajalikes vahekordades saaks veelgi rohkem häiritud.

Mõned uurijad on ära märkinud magneesiumi ja mitmete teiste katioonide suhte tähtsust seoses Mg omastamisega taimede poolt (Magnitski, 1952; Mazajeva, 1960). Samuti on tõdetud, et rikkalikul omastamisel nõrgeneb Mg omastamine ja vastupidi (Radi jt., 1973).

Eestis kasutatakse muldade lupjamiseks valdavalt tolmpõlevkivituhka, mis sisaldab 34,9 % kaltsiumi ja 2,7 % magneesiumi (Turbas, 1992). Kaltsiumi ja magneesiumi suhe on tolmpõlevkivituhhas 13:1, mis sobib ka mulla kaltsiumi ja magneesiumi liiga kitsa suhte parandamiseks.

Ülevaate väetiste toimest kamar-leet- ja kamar-karbonaatmuldade magneesiumisisaldusele annavad tabelis 5 toodud katsete keskmised andmed. Selgub, et kamar-leetmullal oli liikuva magneesiumi bilansi suhtes parem see variant, mille puhul ei kasutatud mineraalväetist. NPK-väetiste kasutamine vähendas liikuva magneesiumi sisaldust mullas. NPK-väetiste mõõdukas kasutamisel (variant 2) eemaldus künnikihist liikutavat magneesiumi aastas keskmiselt 36 kg/ha. Kasutades aga samal ajal ka magneesiumväetist (80 kg Mg/ha), oli vähenemine ligikaudu poole väiksem. Magneesiumi bilanss jäi kamar-leetmullal küll sel juhul positiivseks, kui magneesiumi anti 160 kg/ha, kuid mulla Mg-sisaldus suurenes ainult 5 mg/kg ehk 15 kg/ha. Mineraalväetistest soodustas magneesiumi eemaldumist mullast kõige enam lämmastikväetis.

Liivsavi lõimisega kamar-karbonaatmullal vähenes Mg-sisaldus väetamata variandi mullast 23 kg/ha aastas. NPK-väetiste kasutamine ei põhjustanud otseselt magneesiumikadude olulist suurenemist, kuid magneesiumsulfaadiga väetatud variantides ilmnis lämmastikväetise negatiivne mõju mulla magneesiumisisaldusele. Suure lämmastikuannuse korral vähenes mulla magneesiumisisaldus variandi N₂₄₀P₃₅K₆₆Mg₀ puhul 18 kg/ha, kuid lämmastikuta variandis (variant 9) korral suurenes see samapalju. Kaaliumväetise toime jäi

Tabel 5. Kamar-leet- ja kamar-karbonaatmulla magneesiumisisalduse muutus sõltuvalt väetamisest / Changes in the content of Mg in sod podzolic and sod calcareous soil depending on fertilization

Väetusvariandid Variants of fertilizers	Kamar-leetmuld Sod podzolic soil		Kamar-karbonaatmuld Sod calcareous soil	
	mg/kg	kg/ha	mg/kg	kg/ha
N ₀ P ₀ K ₀ Mg ₀	+0,6	+2	-7,5	-23
N ₉₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₀	-12,0	-36	-8,5	-26
N ₁₆₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₀	–	–	-8,6	-26
N ₉₀ P ₃₅ K ₁₉₈ Mg ₀	–	–	-8,1	-24
N ₉₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₈₀	-5,3	-16	0,0	0
N ₉₀ P ₃₅ K ₁₉₈ Mg ₈₀	-4,5	-14	+2,0	+6
N ₉₀ P ₃₅ K ₀ Mg ₈₀	-5,0	-15	+4,0	+12
N ₂₄₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₈₀	-6,7	-20	-6,0	-18
N ₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₈₀	-3,7	-11	+6,0	+18
N ₉₀ P ₃₅ K ₆₆ Mg ₁₆₀	+5,0	+15	+27,0	+81

ebaselgeks, sest vahed muutustes olid suhteliselt väikesed ja erisuunalised. Suur magneesiumiannus (160 kg/ha) tõstis mulla magneesiumisisaldust tugevasti – 81 kg/ha aastas.

Lähtudes asjaolust, et Ca-vaese ja Ca-rikka kamar-leetmulla mõjutamisel magneesiumsulfaadiga ilmnes oluline erinevus magneesiumi fikatsioonil. Pöörati tähelepanu ka mulla neelavale kompleksile (Loide, 1985). Ka näeme tabelist 6, et Ca-vaesel mullal, kus Mg₈₀ variandi puhul fikseerus aastas 80 mg/kg, oli neelamismahutavus (T) ainult 88,6 mg-ekv ühe kilogrammi mulla koht; Ca-rikkal mullal aga vastavalt 140 ja 209,6 mg-ekv/kg. Seega seob suurema neelamismahutavusega muld rohkem magneesiumioone, mis võimaldab väetamise abil parandada mullaviljakust. Väikese neelamismahutavusega mullas jääb suurte väetisannuste korral palju ioone mullalahusesse, kust nad kergesti välja uhitakse. Samuti rikutakse sel viisil tugevasti mullalahuse füsioloogilist tasakaalu, raskendades sellega taimedel vajalike toitainetekoguste omastamist. Variandi Mg₁₆₀ korral, kus erinevus mulla Mg-sisalduste vahel puudub, tuleb aga arvestada magneesiumväetise suure annuse tugevat toimet Mg leostumisele.

Tabel 6. Magneesiumväetise mõju mulla Ca:Mg suhtele ning punase ristiku saagi sõltuvus sellest / Influence of Mg fertilizer to relation of Ca:Mg and to the yield of red clover

Muld Soil	T mg-e./kg	Mullas / In soil		Ca:Mg	Saak g/nõu Yield g/vessel	Enamsaak g/nõu Changes in yield g/vessel
		Mg	Ca			
Ca-rikas Rich in Ca	209,6	60	3000	51:1	171	–
		140	2800	22:1	177	4 ¹
		160	2800	11:1	241	70 ¹
Ca-vaene Poor in Ca	88,6	50	900	18:1	223	–
		80	650	8:1	177	-46 ²
		150	600	4:1	141	-7 ²

¹ PD_{0,05} = 39

² PD_{0,05} = 25

Mulla Ca, Mg ja K omavaheliste suhete tähtsusest taimede elus

Nagu eespool öeldud, on taimede normaalseks toitumiseks oluline Ca:Mg suhe mullas, mis ei või olla liiga lai ega liiga kitsas. Tabelist 6 näeme, et vaatamata suuremale mulla Mg-sisaldusele on Ca-rikka mulla Mg₀-variandis Ca:Mg suhe ligikaudu kaks korda laiem kui väiksema magneesiumi sisaldusega Ca-vaesel mullal – vastavalt 50 ja 27; Mg₈₀-variandi korral aga vastavalt 20 ja 9 ning Mg₁₆₀-variandis 11 ja 5. Punase ristiku maksimaalne saak saadi mõlemal mullal siis, kui Ca:Mg suhe oli lähedane 10:1. Suhte 5:1 puhul oli saak aga madalam kui sama mulla Mg₀-variandis, mis oli küll Mg-vaesem, kuid Ca:Mg suhe (27:1) osutus järelikult taimetele soodsamaks. Seega kinnitavad antud katseandmed eespool toodud väidet, et Ca:Mg suhe mullas mõjutab taimede toitumist ja saagi suurust. Analoogilisi tulemusi saadi ka teistel muldadel korraldatud katsetes, mis grupeeriti, et üldistada Ca:Mg suhte mõju punase ristiku saagile. Selgus (tabel 7), et punase ristiku saak suurenes magneesiumväetise mõjul kuni mulla Ca:Mg suhte kitsenemiseni 19-lt...10-ni. Edasisel Ca:Mg suhte ahenemisel langes saak veelgi madalamale, kui see oli väga laia, s.o. üle 20 puhul.

*Tabel 7. Mulla kaltsiumi ja magneesiumi suhte mõju punase ristiku saagile
Influence of relation of Ca and Mg in soil to the yield red clover*

Ca:Mg	Saak / Yield
26...50:1	100
10...19:1	134
9...10:1	81
6:1	77

Taimede eluks vajalike toitainete omavaheliste suhete tähtsust nende omastamisel aitas selgitada ka katse üheaastase raiheinaga, mida kasvatati viiel erineva K-, Ca- ja Mg-sisaldusega mullal. Neist kolmel mullal saadi usutav saagitõus, kahel mitte.

Üheks mullaks, kus magneesiumväetis osutus efektiivseks, oli kamar-leetmuld. Sellel mullal andis magneesiumiannus Mg₁₀₀ usutava enamsaagi – 1,0 g/nõu. Teised katsetatud Mg-annused ei mõjutanud saaki usutavalt (tabel 8).

Kamar-karbonaatmuldadel A ja B saadi suurimad saagid mullal B Mg₁₀₀- ja mullal A Mg₁₆₀-variandis, kus saak suurenes usutavalt vastavalt 12 ja 13 %. Seega avaldus magneesiumväetise positiivne mõju mullal A, mis erines mullast B suurema Ca- ja Mg-, kuid madalama K-sisalduse poolest, alles Mg₁₆₀-variandis. Võrreldes seejuures nimetatud elementide omavahelisi suhteid, oli Ca:Mg suhe mullal A 38 ja mullal B 61 ning Ca:K suhe vastavalt 90 ja 17. Seega väga Ca-rikkal ning Ca:Mg laia suhtega ja veel eriti laia Ca:K suhtega mullal suutis alles kõige suurem katses olnud Mg-annus (160 kg/ha) viia nimetatud suhte raiheina kasvuks optimaalsesse piirkonda ning usutavalt mõjutada saaki.

Ka teised autorid on leidnud, et kui Ca:Mg suhe on liiga lai, tunnevad taimed magneesiumipuudust ka mulla suure Mg-sisalduse puhul (McVickar jt., 1965, Cook, 1970). Nii suurenes suhkrupeedi saak 27 ts/ha ja suhkruksisaldus 1,2 %, kui mulla lupjamise ja Mg-väetisega viidi Ca:Mg suhe 11,3-lt 10,4-le (Stsetsetina jt., 1978). Katses kartuli ja nisuga suurenes saak, seni kuni Ca:Mg suhe kitsenes 40-lt 5-le. Kui Ca:Mg suhe oli ainult 2, hakkas saak uuesti vähenema (Hvoštšova, 1972).

Järelikult sõltub magneesiumväetise efektiivsus mitte üksnes magneesiumi vähesusest mullas, vaid ka mullalahuses olevatest teistest katioonidest. Sellega on seletatav asjaolu, miks mitte igal magneesiumivaesel mullal ei avalda magneesiumväetis positiivset mõju. Juhul kui mullas esinevate toiteelementide suhe ja kontsentratsioon muutuvad magneesiumiga väetamisel taimedele ebasoodsaks, võib magneesiumväetise kasutamisel saak isegi väheneda.

Tabel 8. Magneesiumväetise mõju üheaastase raiheina saagile ja selle keemilisele koostisele / Influence of Mg fertilizer to the yield and chemical composition of ray grass

Muld Soil	Mg kg/ha	Saak / Yield		Proteiin Crude protein %	P %	K %	Ca %
		g/nõu g/vessel	%				
A	0	12,8	100,0	7,00	0,27	2,32	0,59
	40	13,0	101,6	6,88	0,28	2,31	0,63
	100	12,8	100,0	7,56	0,29	2,28	0,87
	160	14,4	112,5	7,81	0,27	2,32	0,85
PD _{0,05} =0,57							
B	0	12,1	100,0	6,56	0,26	3,08	1,15
	40	13,0	107,0	7,44	0,29	3,36	1,08
	100	13,5	111,6	6,94	0,29	3,50	1,11
	160	13,2	109,1	7,94	0,27	3,30	1,12
PD _{0,05} =1,13							
LK _{II}	0	14,9	100,0	–	–	–	–
	40	14,7	98,7	–	–	–	–
	100	15,9	106,7	–	–	–	–
	160	15,0	100,7	–	–	–	–
PD _{0,05} =0,77							

Mullalahuses olevate katioonide kontsentratsioon ja nende omavahelised suhted mõjutavad ka taimede keemilist koostist. Eespool kirjeldatud katses üheaastase raiheinaga näeme, kui võrd võib selle keemiline koostis sõltuda peale magneesiumi veel mulla Ca- ja K-sisaldusest ning nende omavahelisest suhtest. Taime keemilises koostises ilmnesid erinevused neil muldadel kasvanud raiheina proteiini, K- ja Ca-sisalduses. Raiheina fosforisisaldus sõltus vähe magneesiumväetise annusest, samuti ei erinenud need näitajad mullas A ja B.

Mullal A korraldatud katses (tabel 8) oli saagi proteiinisaldus kõige suurem Mg₁₆₀-variand puhul. Siin saadi ka suurim saak. Proteiinisaldus tõusis siin 7,00 protsendilt 7,81-le. Mullal B ilmnes saagis proteiinisalduse tõus juba Mg₄₀-variandis. Proteiinisaldus suurenes siin 6,56 protsendilt 7,44-le. Veelgi proteiinirikkam saak saadi Mg₁₆₀-variandis. Selle variandi saak sisaldas 7,94 % proteiini. Maksimaalse saagiga Mg₁₀₀-variandis oli proteiinisaldus küll teistest magneesiumivariantidest madalam, kuid see võis olla tingitud ka suurema saagi kujunemiseks vajaliku lämmastiku nappusest mullas. Magneesiumväetis mõjutab taimede proteiinisaldust rohkem kui erinevused muldade Ca-, Mg- ja K-sisalduse vahel.

Taimede kaaliumi- ja kaltsiumisisaldus oleneb aga nimetatud elementide hulgast ning suhtest mullas. Mullal A, mis oli väga suure Ca-sisaldusega ning väga laia (90:1) Ca:K suhtega (joonis 6), kasvanud raihein sisaldas vähem kaaliumi kui mullal B kasvanud raihein, kus Ca:K suhe oli tunduvalt kitsam – 18. Magneesiumväetise mõjul jäi mullal A kasvanud taimedes K-sisaldus muutumatuks, küll aga suurenes Ca-sisaldus. Mullal B vähenes mõnevõrra raiheina Ca-sisaldus.

Seega ilmnes, et K, Ca ja Mg väga suur ülekaal ühe või teise elemendi suhtes mõjutab nimetatud elementide omastamist ja Mg-väetise efektiivsust.

Nii Ca:Mg kui ka Ca:K suhte tähtsust mullalahuses nende ja paljude teiste elementide omastamisel on uurinud mitmed teadlased. Uurimused on näidanud, et nii madala kui ka väga kõrge kaltsiumisisalduse puhul langeb tihti teiste ionide omastatavus. Keskmise taseme korral omastab taime kaaliumiooni kõige intensiivsemalt (Hunar jt., 1970). Eestis on seda küsimust uurinud Sirendi (1970) ja leidnud, et ühe elemendi (K, Ca) tugev ülekaal pidurdab teiste elementide omastamist, mis omakorda kajastub saagis ja selle kvaliteedis. Magneesiumi

omastamist mõjutab veel ka liikuva kaaliumi ja magneesiumi suhe mullas. Döring (1974) leiab, et sobiv suhe kaaliumi- ja magneesiumioonide vahel on 3:1. Rubanov (1961) on arvamisel, et liiga kitsas kaaliumi ja magneesiumi suhe on taimetele kahjulikum kui hästi lai suhe. Järelikult magneesiumi, mis kuulub koos kaaliumi ja kaltsiumiga mulla neelavas kompleksis asendatavate elementide hulka, omastamist mõjutavad mullalahuses olevad teised elemendid ja nende omavahelised suhted. Sellega on seletatav, miks ühel või teisel juhul ei avalda magneesiumväetis oodatud mõju. Magneesiumiga väetamisel on vaja arvestada ka teiste asendusadsorptsiooniprotsesside kulgemist mõjutavate teguritega.

Joonis 6. Magneesiumväetise mõju üheaastase raiheina keemilisele koostisele sõltuvalt mulla Ca:K ja Ca:Mg suhtest muldadel A ja B

Figure 6. Influence of magnesium fertilizer to annual ray grass chemical content in dependence of Ca:K and Ca:Mg in soils A and B

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöö tulemustest selgus järgmist.

1. Põllumuldade liikuva kaltsiumi ja magneesiumi suhe varieerub laiades piirides – 6-st kuni 50-ni.

2. Tingituna magneesiumi paremast liikuvusest mullas, leostub see suhteliselt kergemini kui kaltsium. Selle tulemusena laieneb kamar-karbonaatmuldadel, kus ei kasutata magneesiumi sisaldavaid lubiväetisi, Ca:Mg suhe pidevalt.

3. Kamar-leetmuldadel on aga väikese kaltsiumisisalduse tõttu Ca:Mg suhe sageli nii kitsas, et vaatamata magneesiumi vähesusele mullas, osutub magneesiumiga väetamine kasutuks.

4. Taimedele ei ole toitainete omastamiseks sobiv ei liiga lai ega liiga kitsas Ca:Mg suhe. Punasele ristikule osutus sobivaimaks suhtarvuks 10...19. Tähtsad on ka Ca:K ja K:Mg suhted, mis mõjutavad eriti K, Ca ning Mg omastamist.

5. Mulla magneesiumibilansi tasakaalus hoidmiseks on mineraal- või orgaanilise väetisega vaja ühele hektarile aastas anda 30...40 kg magneesiumi.

Kirjandus

- Belskii jt.: Бельский Б. Б., Борилова Н. Г., Войтова А. С., Тиво П. Ф., Шепеткин С. С. Эффективность доломитов и других магниевых удобрений на торфяно-болотных почвах Белорусской ССР. – Бюллетень АИУА, № 39, с. 18...23, 1978.
- Bóckman, O., Kaarstad, O., Lic, O. H., Richards, I. Pflanzenernährung und Landwirtschaft. – Oslo, 1991. – 259 S.
- Cook: Кук Дж. У. В кн.: Регулирование плодородия почвы. Магия. – М., 1970, с. 84...93.
- Döring, H. Elf Jahrzehnte Magnesium-Düngung. – Mitteilungen der DLG, H. 44, S. 1368...1369, 1974.
- Döring, H. Magnesium in seiner Bedeutung für Boden, Pflanze, Tier und Mensch. – Mitteilungen der DLG, S. 932...934, 1974.
- Hunar jt.: Гунар И. И., Листова М. П., Петрова-Спиридонов А. Е. Поглощение фосфатов и сульфатов проростками ячменя при варьировании отношения К:Са в растворе. – Изд. Тимирязевской с.-х. акад., вып. 4, с. 3...9, 1970.
- Hvoštšova: Хвоштова Б. Г. Применение магниевых удобрений в некоторых зарубежных странах. – Сел. хозяйство за рубежом. Растениеводство, № 2, с. 14...16, 1972.
- Kask, R. Dolomiitsel rähkmoreenil kujunenud muldade omapärast. – Käsikiri, 1994. – 10 lk.
- Kollings: Коллингс Г. Х. Удобрения содержащие второстепенные элементы питания – серу, кальция и магний. – Промышленные удобрения, их производство и применение. – М., с. 328...360, 1960.
- Korabljova: Кораблева Л. И. Действие магния на плодородие кислых почв (дерново-подзолистых и красноземных). – Тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева, т. XXXIII, М., с. 82...91, 1960.
- Kulakovskaja jt.: Кулаковская Т. Н., Детковская Л. П. Паланс кальция и магния в пахотных землях Белоруссии. – Химия в с.-х-ве, № 12, с. 16...20, 1972.
- Loide, V. Magneesiumsulfaadi mõjust põllukultuuride saagile ja mulla magneesiumi sisaldusele. – Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi põllumajanduses, Tallinn, nr. 30, lk. 36...43, 1985.
- Loide, V. Magneesiumisisaldusest Eesti põllumuldades ja magneesiumväetise efektiivsusest. – Põllumajandus, nr. 5/6, lk. 20...21, 1994.
- Magnitski: Магницкий К. П. Магниевые удобрения. 1952.
- Magnitski: Магницкий К. П. Проблема магния в сельском хозяйстве СССР. – Земледелие, № 7, с. 55...60, 1962.
- Magnitski jt.: Магницкий К. П., Соколова В. А., Жуков С. Н. Действие магниевых удобрений на урожай и качество зерна озимой ржи. – Химия в с.-х-ве, № 8, с. 5...8, 1970.
- Mazajeva: Мазаева М. М. О критическом содержании магния в почвах. – Агрохимия, № 10, с. 93...105, 1967.
- Mazajeva: Мазаева М. М. Магниевы удобрения как фактор ускорения развития растений на легких дерново-подзолистых почвах. – Сборник трудов по известкованию дерново-подзолистых почв. – Минск, с. 189...202, 1969.
- Mazajeva: Мазаева М. М. Нуждаемость растений в магнии в зависимости от внесения калийных удобрений – Сборник трудов по известкованию дерново-подзолистых почв. – Минск, с. 203...208, 1969.
- McVickar jt.: МакВикар М. Х., Бриджер Г. Л., Нельсон Л. В. Удобрения. Производство и применение минеральных удобрений. – М., с. 335...338, 1965.
- Radi jt.: Ради А. Ф., Мубашер А. Х., Хейкал М. М. Влияние различных концентраций кальция и магния на поглощение питательных элементов растениями. – Изв. ГСХА, 1973, вып. 3, с. 14...18.

- Rubanov: Рубанов В. С. Действие магниевых удобрений на дерново-подзолистой почве. – Почвоведение, № 6, с. 39...46, 1961.
- Schönberg, W. Über Magnesiummangel auf Sandböden. – Die Deutsche Landwirtschaft, H. 10, S. 539...542, 1960.
- Sirendi, A. Kaalium-kaltsiumpotentsiaalid kamar-karbonaat- ja kamar-leetmullal. – EMMI tead. tööde kogumik, XX, lk. 202...214, 1970.
- Vogelsang, R. Magnesiummangel – auch bei Ihnen. – Landwirtsch.-Bl. – Weser-Ems., Jg 134, Nr. 14, S. 6...9, 1987..

THE EFFECT OF MOVABLE MAGNESIUM CONTENT AND Ca:Mg RATIO ON FIELD CROPS

V. Loide

Summary

The aim the research work was to find out the ratio of mobile Ca and Mg in the arable layer of soils and the dependence of the ratio on fertilization. Also the importance of Ca-, Mg- and K-ratio for plants development and in case of Mg-fertilization was studied. The trials were conducted on soddy-podzolic and soddy-calcareous soils, where red clover and annual ryegrass were grown.

The following results were obtained:

1. The ratio of mobile Ca and Mg in the arable layer varies a great deal: from 6 to 50.
2. As Mg has a better mobility in soil than Ca, it is also more easily leached out. The result is that in soddy-calcareous soils where no Mg-fertilizers are used, Ca:Mg ratio constantly widens.
3. In soddy-podzolic soils where Ca-content is low, the ratio Ca:Mg is often so narrow that inspite of Mg shortage in soil, the fertilization with Mg turnes out to be useless.
4. Neither too wide, nor too narrow Ca:Mg ratio is good for the take-up of nutrients by plants. For red clover the most suitable ratio was between 10...19. Important are also the ratios Ca:K and K:Mg, which affect particularly the assimilation of K, Ca and Mg.
5. In order to have Mg balance in soil, it is necessary to apply either with mineral or organic fertilizers 30...40 kg Mg ha/year.

ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР СОДЕРЖАЩЕГОСЯ В ПОЧВЕ ПОДВИЖНОГО Mg и ЗНАЧЕНИЕ ЕГО СООТНОШЕНИЕ с Ca

В. Лойде

Резюме

Целью опытов было изучение соотношения между подвижными кальцием и магнием в пахотном слое и его зависимость от вносимых удобрений на дерново-подзолистых почвах, предшествующими культурами на которых были клевер красный и райграс. Определено оптимальное для жизнедеятельности растений соотношение содержания в почве кальция, магния и калия при использовании удобрений содержащих магний.

Выводы:

1. В изученных почвах (дерново карбонатных и дерново-подзолистых почвах) соотношение между подвижными кальцием и магнием в пахотном слое находится в достаточно широких пределах – от 6 до 50.

2. Из-за более легкой подвижности магния, при вымывании он выносится из почвы в большем количестве чем кальций. В результате этого на дерново-карбонатных почвах соотношение кальция и магния постоянно увеличивается, при условии, что не используются удобрения содержащие магний.

3. На дерново-подзолистых почвах, из-за низкого содержания кальция, соотношения кальция и магния настолько низкое, что без известкования почв применение удобрений содержащих магний нецелесообразно.

4. Для нормального роста и развития растений необходимо оптимальное соотношение кальция и магния. Для клевера красного оптимальным соотношением Ca:Mg является 10...19. Значение имеют и соотношения Ca:K и K:Mg, которые особенно влияют на усвоение K, Ca и Mg.

5. Для поддержания магниевого баланса в почве необходимо ежегодно вносить с минеральными или органическими удобрениями от 30 до 40 кг/га магния.