

MAGNEESIUMITARBEST EESTI PÕLLUMULDADES

V. Loide

SUMMARY: Magnesium requirement of Estonian soils. *Of Estonian soils 52% require magnesium and 21.5% are extremely poor in magnesium. In spite of the quite high demand for this element, magnesium-containing fertilizers are applied in relatively small amounts. The aim of this study was to find out how plants are supplied with magnesium through the magnesium content of plants and through the magnesium content of soils, using ammonium lactate (AL-method) and 0.025N CaCl₂-extract (Schachtschabel method) for extraction of soil solutions.*

It was established that in optimum N, P, K and Ca nutrient conditions, cereals (winter wheat, spring barley) suffer for magnesium deficit (Figures 1, 2). Magnesium deficit was extremely severe in plants grown on calcium rich soils (Figure 3).

Also, it was established that in calcium rich soils, available magnesium, extracted from ammonium lactate, is not always assimilable by plants. Therefore the suitability of using this extract for determination of magnesium requirement is questionable.

Sissejuhatus

Eesti haritava maa muldadest oli väetistarbe 1974...1980. a andmete järgi 52% magneesiumivajavad, kusjuures 21,5% olid magneesiumi poolest isegi väga vaesed. Kõige enam on magneesiumivaeseid põllumuldi Harju-, Jõgeva- ja Lääne-Virumaal vastavalt 47,2; 37,0 ja 57,2%. Vaatamata selle tootelemendi küllaltki laialt ulatuslikule puudusele, kasutatakse magneesiumi sisaldavaid väetisi tagasihoidlikult. Väidetavalt aitab magneesiumibilanssi hoida tasakaalus mineraalidest murenemisprotsessis vabanev ja ka lubiväetistega mulda viidav magneesium.

Kõrge produktiivsusega põllukultuuridel on suuremad vajadused magneesiumi suhtes. Taimede nõrk varustatus magneesiumiga kahandab teiste, kasutatavate väetiste efektiivsust (Prokušev jt., 1987). Magneesiumi osavõtt nii klorofüllil moodustamisest kui ka assimilatsiooniprotsessist pole ainsaks magneesiumi funktsiooniks taimedes. Erinevalt kaltsiumist, mille peamine kogus ladestub taime väljasurevatesse osadesse, esineb magneesium koos fosforiga peamiselt elujõulistest kudedes. On kindlaks tehtud, et magneesium aktiveerib mõningaid fermente, näiteks fosfataase, mis soodustavad glükoosi ühendite tekkimist fosforhappega ja ka nende lagunemist. Need ühendid etendavad tähtsat osa süsivesikute ainevahetuses (Magnitski jt., 1970).

Magneesiumi puudus taimede toitkeskkonnas aeglustab taimede kasvu ja vähendab ka seemnesaaki. Magneesiumväetiste positiivne mõju magneesiumivaeses toitkeskkonnas avaldub nii saagi kvantiteedis kui ka selle kvaliteedis (Mengel, 1965; Mazajeva, 1978; Salonen, 1972; Vamehanova, 1968). Magneesiumi puudusel parandab magneesiumväetiste kasutamine ka lämmastikväetiste omastamist (Škljajev, 1981). Sisakjan ja Filippovitsch tõestasid, et magneesiumioonid stimuleerivad aminohapete lisandumist valgu molekuli, stabiliseerides sellega valgu sünteesil valgumolekuli moodustavate raku ribosoomide-organoidide bioloogilist aktiivsust (Mazajeva, 1978).

Üheks Eesti põllumuldi iseloomustavaks omaduseks on leeliselisest reaktsioonist kuni happeliseni ulatuv kaltsiumisisaldus, mis avaldab mõju ka toitainete omastamisele taimede poolt (Loide, 1996). Samas on suur kaltsiumisisaldus osutunud häirivaks teguriks väetistarbe määramisel. Magneesiumisisalduse määramismeetodite võrdlusest selgus, et suure kaltsiumisisaldusega muldadel on magneesiumitarve erinevate meetoditega määratuna erinev (Loide, 2001).

Lähtuvalt eeltoodust on käesoleva uurimistöö eesmärgiks seatud selgitada taimede magneesiumiga varustatuse olukorda taimede magneesiumisisalduse ning mulla magneesiumisisalduse kaudu, kasutades ekstraheerimislahustena ammooniumlaktaadi (AL-meetod) ja 0,025N CaCl₂ väljatõmmet (Schachtschabeli meetod).

Materjal ja meetodika

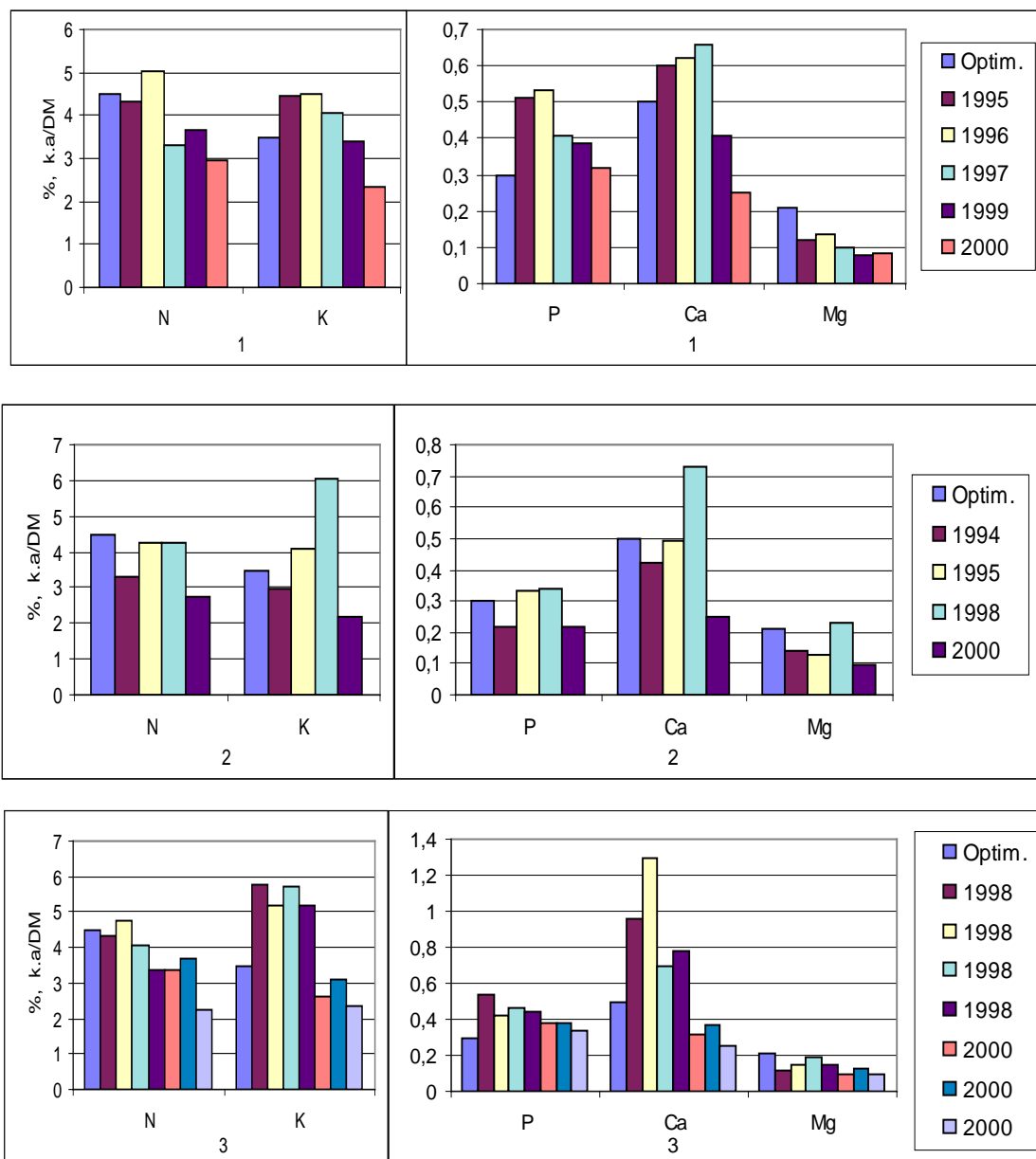
Uurimistöö materjal on pärit rähksel liivsavi (taliniisu, oder) ja glei-savi- (taliniisu, oder), glei-saviliival (oder, suvinisu) ning leostunud liivsavi (oder) paiknevate Kuusiku katsepõldudel ning Harju- ja Raplamaa tootmispõldudel (taliniisu).

Katsepõldudele anti talinisule kombineeritud külvikuga paiklikult koos seemnekülviga põhiväetisena kompleksväetist (mark 0:11:20) 300...350 kg ha⁻¹. Lämmastikväetist, 80 kg N ha⁻¹, anti kevadel, vegetatsiooniperioodi esimestel päevadel. Suviteravilju väetati kompleksväetisega (mark 20:10:10), 350...400 kg ha⁻¹. Katsepõldudel rakendati kompleksset taimekaitset.

Taimne materjal (kokku 150 proovi) koguti ajavahemikus 1994...2000 teraviljade (talnisu, suvioder ja -nisu) võrsumisfaasis. Taimse Materjali Kontrolli Keskuses määrati kogutud proovidest toorproteiin Kjeldhali järgi, P, K, Ca, ning Mg kuivuhastusmeetodil ja mulla liikuv kaltsium ning magneesium AL-meetodil. Mulla liikuv magneesium Schachtschabeli meetodil määrati aga EMVI keemialaboris.

Uurimistöö tulemused ja arutelu

Kuigi teraviljad on magneesiumi osas suhteliselt vähenõudlikud, on talnisu siiski teraviljadest üks nõudlikumaid kultuure toitainete ja sealhulgas ka magneesiumi suhtes. Paljude teadlaste uurimistöö tulemusena on kindlaks tehtud, et talnisu taimede kuivaine optimaalne magneesiumisisaldus on võrsumisfaasis 0,21...0,40%, suvinisul 0,15% ja suviodial 0,21% (Bergmann, Neubert, 1976).



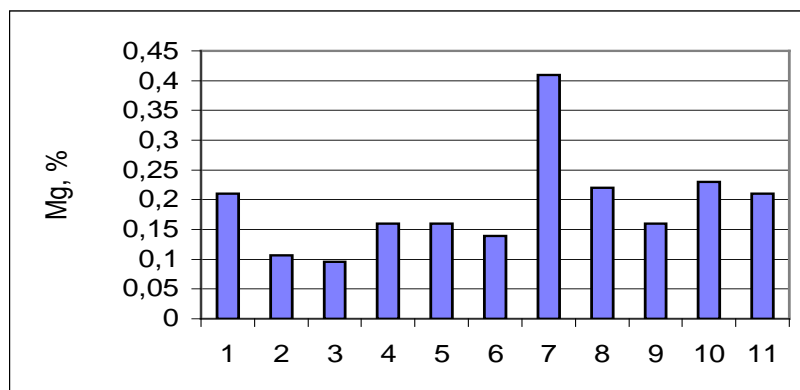
Joonis 1. Toitainete sisaldus talnisu orase kuivaines erinevatel muldadel ja aastatel: 1 – rähkne liivsavimuld; 2 – glei-savimuld; 3 – tootmispõllud

Figure 1. Dry matter nutrient content of winter wheat sprouts on different soils in different years: 1 – Pebble rendzina, clay loam; 2 – Gleysols, clay; 3 – production fields

Talinisu taimede keemilisest analüüsist ilmnis, et 132 proovist oli magneesiumi poolest optimaalsel tasemel ainult 10% proovidest. Ülejäänud taimeproovid olid magneesiumi poolest vaesed ($Mg \leq 0,21\%$) või väga vaesed ($Mg < 0,10\%$). Neid oli vastavalt 58 ja 32%. Magneesiumipuudus taimedes oli huvitav just tingimustes, kus optimaalse taseme alumise piiri ületas samal ajal fosfori-, kaaliumi- ja kaltsiumisisaldus (joonis 1). Magneesiumivaest talinisu orast esines nii rähksel liivsavi- ja glei-savimullal kui ka tootmispõldudel. Eriti magneesiumivaesed olid rähkmullal kasvanud taimed, mis sisaldasid magneesiumi vaid 0,080...0,137%. Glei-savimullal kasvanud taimed sisaldasid magneesiumi olenevalt aastast 0,096...0,233%. Ka tootmispõldudel kogutud proovid olid magneesiumivaesed, sisaldades magneesiumi 0,092...0,190%.

Odra orase proovides täheldati analoogselt talinisuga magneesiumipuudust (joonis 2). Optimaalseks magneesiumisisalduseks odra orase kuivaines peetakse võrsumisfaasis 0,21%. Kümnest proovist kuus osutusid katses magneesiumivaesteks.

Magneesiumivaesed taimed olid pärit glei-savimullalt ja rähkmullalt. Magneesiumirikkamaid taimi leiti glei-saviliivmullalt, kus ka mulla liikuva magneesiumi sisaldus oli põhjavee mõjutuse tõttu käsitletavatest muldadest suurim – 600...800 mg kg⁻¹.



Joonis 2. Magneesiumisisaldus kuivaines odra taimede võrsumisfaasis olenevalt väetamisest ja mullast: 1 – optimaalne sisaldus, 2...5, 11 – glei-savimuld; 7...8 – glei-saviliivmuld; 9 – rähkne liivsavimuld; 10 – leostunud liivsavimuld

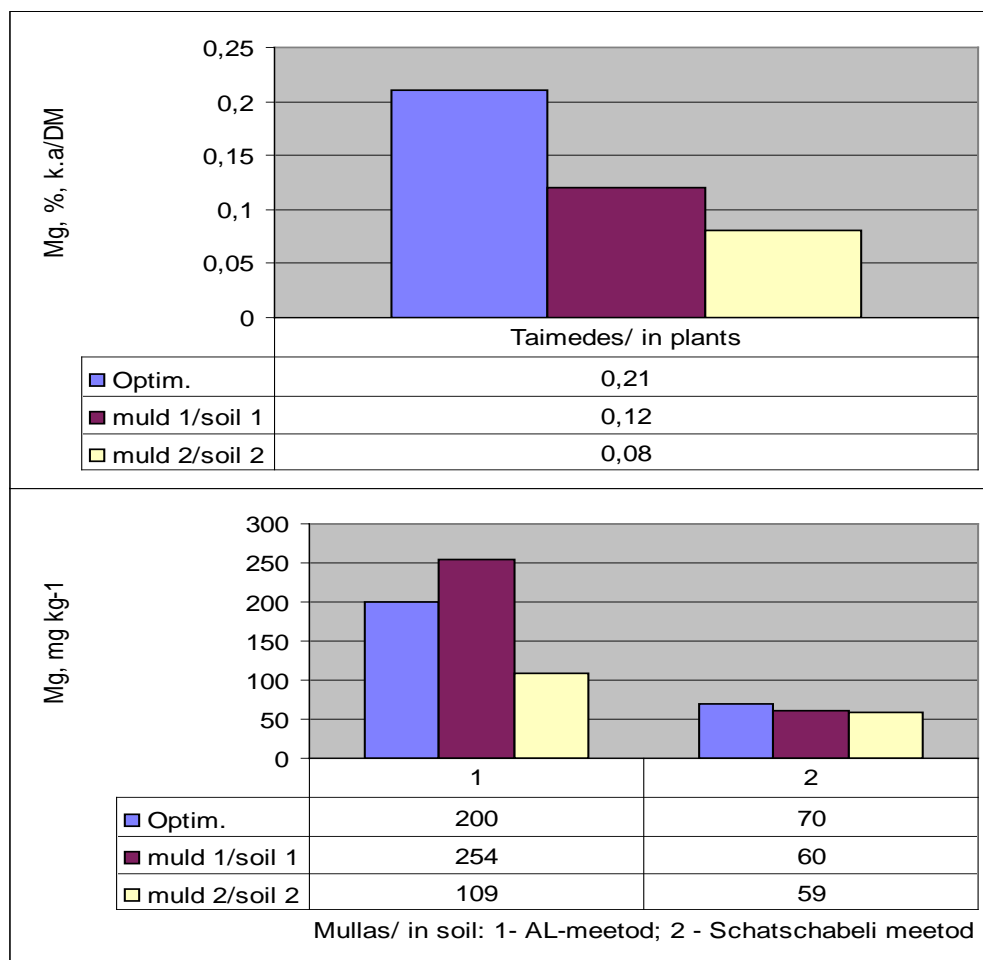
Figure 2. Dry matter magnesium content of barley plants in the sprouting phase depending on fertilizing and soil: 1 – optimum content, 2...5, 11 – Gleysols, clay; 7...8 – Gleysols, sandy loam; 9 – Pebble rendzina, clay loam; 10 – gleyed pebble rendzina, clay loam

Suvinisu taimed sisaldasid võrsumisfaasis samuti suure magneesiumisisaldusega glei-saviliivmullal kasvades optimaalsest tasemest tunduvalt (27%) rohkem magneesiumi. Piisavaks magneesiumisisalduseks suvinisu orase kuivaines peetakse võrsumisfaasis 15%.

Kliimaatilised tingimused mõjutavad toitainete kättesaadavust temperatuuri ja niiskuse kaudu. On teada, et põua tingimustes on magneesiumi omastamine taimede poolt raskendatud. Ilmekaks näiteks oli 2000. aasta ränk põud aprillis-mais, kus kogunes vegetatsiooni algusest kuni maikuu III dekaadi alguseni õhusooja rohkem kui 2 korda üle normi ja samal ajal sademeid oli üle 2 korra vähem. Võrreldes varasemate aastatega oli magneesiumisisaldus taimedes sel aastal tagasihoidlikum nagu ka fosfori-, kaaliumi- ja kaltsiumisisaldus. Kuid ebasoodsate ilmastikutingimuste mõju magneesiumipuudusele taimedes ei ole siin siiski olnud määrav. Magneesiumivaegust ilmnis taimedes ka nende kasvuks soodsamatel aastatel ja eriti teravalt tuli see esile rähkmullal kasvanud taimedel.

Magneesiumipuuduse põhjuste selgitamiseks võrreldi magneesiumisisaldust talinisu taimedes, mis kasvasid erineva liikuva magneesiumi ja kaltsiumi sisaldusega rähksel liivsavimullal. Jooniselt 3 näeme, et taimed, mis kasvasid mullal 1 ja mis sisaldas liikuvat kaltsiumi 3610 mg kg⁻¹ ning magneesiumi AL-meetodi järgi tasemel (254 mg kg⁻¹), mille järgi magneesiumitarve antud mullas puudub, kannatasid praktiliselt samasuguse magneesiumipuuduse käes kui suure magneesiumitarbega mullal 2 (Ca 2570 ja Mg 109 mg kg⁻¹) kasvanud taimed. Neis sisaldus magneesiumi vastavalt 0,12 ja 0,08% kuivaines.

Kaltsium kui magneesiumi antagonist võib laia kaltsiumi-magneesiumi suhte korral mullas raskendada magneesiumi kättesaadavust taimedele (Simon jt., 1979). Vaadeldavate muldade Ca:Mg suhe oli kaltsiumirikkamas mullas siiski kitsamgi kui -vaesemas, vastavalt 14:1 ja 24:1. Kaltsiumirikkamal mullal kasvanud taimedes sisaldus mõnevõrra rohkem kaltsiumi, kuid see ei ületanud kummagi mulla puhul optimaalset (1,5%) taset. Seega ei ole antud juhul magneesiumi vähesus taimedes tingitud mulla suurest kaltsiumisisaldusest.



Joonis 3. Magneesiumisisaldus taimedes ja erineva kaltsiumisisaldusega muldades määratuna AL- ja Schachtschabeli meetodil; Ca-sisaldus mullas 1 – 3610 mg kg⁻¹ ja mullas 2 – 2570 mg kg⁻¹

Figure 3. Magnesium content of plants and soils of with different calcium content determined by AL-method and Schachtschabeli methos; Ca-contents of soil 1 – 3610 mg kg⁻¹ and in soil 2 – 2570 mg kg⁻¹

Ekstraheerimislahuse omadustest sõltub suurel määral mullast määratava elemendi hulk. Määrates nimetatud muldade magneesiumisisaldust Schachtschabeli meetodil, mille puhul on taimede jaoks mulla liikuva magneesiumi sisalduse kriitiline piir 70 mg kg⁻¹, ilmnes, et selle meetodi järgi vajasis mõlemad mullad ühtviisi magneesiumi – magneesiumisisaldus oli neis vastavalt 60 ja 59 mg kg⁻¹. Siit järeldub, et Schachtschabeli meetodi järgi hinnatud mulla magneesiumisisaldus korreleerub tugevamini taimede poolt omastatava magneesiumiga kui AL-meetodi puhul. Järelikult ekstraheerub ammooniumlaktaadiga kaltsiumirikast mullast küll palju liikuvat magneesiumi, kuid see kõik ei ole taimede poolt alati omastatav. Leidub muldi, kus magneesiumisisaldus on suur nii ühe kui ka teise väljatõmbelohuse korral ja seal on taimedeski magneesiumisisaldus olnud suur (näiteks vaata oder ja suvinisu glei-saviliivmullal).

Väetistarbe määramise seisukohalt on aga tähtis, et väljatõmbelohusest määratav toitainete sisaldus korreleeruks taimedes sisalduvaga.

Toiteelementide koosmõjul on taimede toitumisel suur tähtsus. Et magneesium koos fosforiga etendab tähtsat osa süsivesikute ainevahetuses, on nende puudus häirivaks teguriks nimetatud protsessis. Süsivesikute ainevahetuse normaalseks toimumiseks peetakse peale optimaalse magneesiumisisalduse vajalikuks talinisu väetamisel arvestada magneesiumväetistega ka magneesiumi-fosfori suhet taimedes, mille kriteeriumiks on Baieri järgi >0,35 (tsit. Bergmann, Neubert, 1976). Lähtuvalt eeltoodust selgub tabeli 1 andmetest, et antud materjali puhul oleks magneesiumväetisi soovitat kasutada ainult fosforirikamate taimede korral. Nii oli karbonaatmullal kasvanud taimedes, mis sisaldasid fosforit 0,318...0,531% ja magneesiumi 0,08...0,137%, leiduv magneesium fosforiga tasakaalustamata. Nende taimede magneesiumi-fosfori suhe oli vahemikus 0,21...0,27. Fosfori efektiivsuse suurendamiseks on vaja täiendavat magneesiumi. Seevastu glei-savimullal kasvanud taimede puhul, mille fosfori- ja magneesiumisisaldus oli vastavalt 0,216...0,339% ja 0,096...0,239% ning

magneesiumi-fosfori suhe esines vahemikus 0,44...0,69, ei ole magneesiumväetiste kasutamine aktuaalne, sest nende taimede fosfori- ja magneesiumisisaldused olid tasakaalus.

Tabel 1. Talinisu taimede magneesiumi- ja fosforisisaldus kuivaines (%) ning nende omavaheline suhe võrsumisfaasis

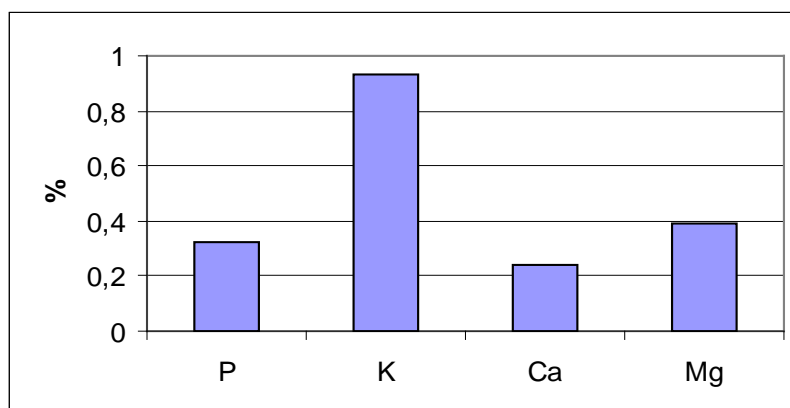
Table 1. Dry matter magnesium and phosphorus content of winter wheat plants (%) and their ratio in the sprouting phase

Opt. sisaldus ja suhe <i>Critical content and ratio</i>	P	Mg	Mg/P
	0,3...0,45	0,21...0,4	>0,35
Aasta / Year	Rähkne liivsavimuld / <i>Pebble rendzina, clay loam</i>		
1995	0,510	0,120	0,24
1996	0,531	0,137	0,26
1997	0,407	0,098	0,24
1999	0,389	0,080	0,21
2000	0,318	0,086	0,27
	Glei-savimuld / <i>Gleysols, clay</i>		
1994	0,216	0,140	0,65
1995	0,333	0,129	0,69
1998	0,339	0,233	0,69
2000	0,216	0,096	0,44
	Tootmispõllud / <i>Production fields</i>		
1998-1	0,538	0,120	0,22
1998-2	0,419	0,150	0,36
1998-3	0,460	0,190	0,41
1998-4	0,447	0,150	0,34
2000-1	0,382	0,096	0,25
2000-2	0,377	0,125	0,33
2000-3	0,341	0,092	0,27

Magneesiumibilansi tasakaalustamisel tuleb arvestada peale mullas sisalduva ka saagiga eemaldatavat elementide hulka. Magneesiumi nagu teistegi elementide sisaldus taimedes on määratletud geneetiliselt, kuid samal ajal sõltub see magneesiumi kontsentratsioonist toitekeskkonnas. Seega sõltub saagiga mullast eemaldatav magneesiumihulk taimede geneetilisest iseärasusest, kontsentratsioonist ja saagi suuruselt (Iljin, 1985). Vaadeldes seemnetes leiduvate elementide sisaldust selgub, et talinisu terades järgneb magneesium tuhaelementidest sisalduse poolest kaaliumile (joonis 4).

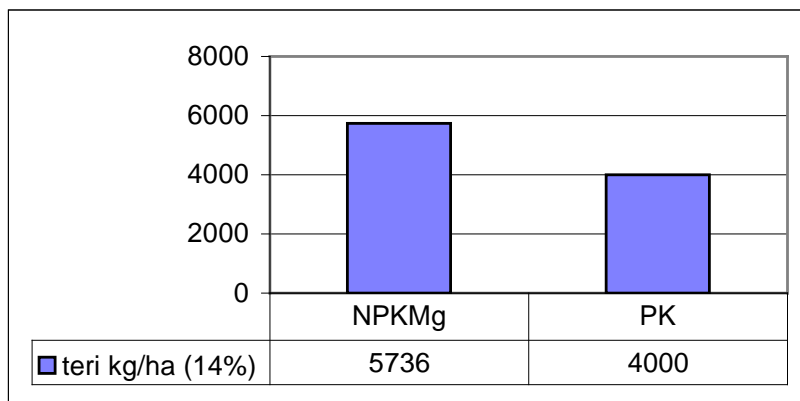
Talinisu terade kuivaine sisaldas elemente keskmiselt järgmiselt: P – 0,321% (0,24...0,38), K – 0,932% (0,81...0,932), Ca – 0,24% (0,210...0,265) ja Mg – 0,391% (0,270...0,510). Teistest elementidest enam varieerus terade magneesiumisisaldus. Olenevalt väetamisest, mullast, sordist jne. eemaldatakse 1 tonni talinisu terasaagiga mullast magneesiumi 2,7...5,1 kg, fosforit aga 2,4...3,8 kg. Seevastu odra terades sisaldus magneesiumi märksa vähem (0,1...0,12% kuivaines).

Saagiga mullast eemaldatav magneesiumihulk on seda tähelepanuväärsem, mida produktiivsem on kultuur, ja sellega arvestamine magneesiumibilansis on igati vajalik.



Joonis 4. Talinisu terade tuhaelementide keskmine sisaldus kuivaines (n=28)
Figure 4. Average dry matter ash winter wheat grains (n=28)

Magneesiumväetistest on olnud sobivamad magneesiumi sisaldavad kompleksväetised. Näiteks: võrreldes PK-väetisega reageeris talinisu eriti hästi kompleksväetisele, millega lisandus PK-väetisele veel 18 kg lämmastikku (kevadep anti mõlemale variandile 80 kg ha⁻¹) ja 24 kg magneesiumi hektarile (joonis 5).



Joonis 5. Magneesiumi sisaldava taliviljaväetise mõju talinisu terasaagile rähkmullal
Figure 5. The effect of magnesium-containing fertilizer for winter cereals on the grain yield of winter wheat on pebble

Kompleksväetise puhul on raskem hinnata üksiku elemendi osatähtsust enamsaagis. Talinisu 3. lehe faasi (sügisel) taimede keemilisest analüüsist selgus, et kõige enam suurenes kompleksväetise mõjul taimede magneesiumi- ja kaltsiumisisaldus, vastavalt 0,34lt 0,39 ja 0,63lt 0,71 protsendini; N-, P- ja K-sisaldused erinesid tunduvalt vähem või olid võrdsed PK-väetise variandis kasvanutega. Kuigi lämmastikusisalduse suurenemist ei täheldatud, ei ole alust arvata, et kogu efekt oli tingitud ainult magneesiumist, aga osaliselt siiski. Küll järeldeb siit, et talinisu on tänu mitmekülgele väetisele (magneesiumi ning lämmastiku ja fosfori mõlemasunaalne sünergeetiline mõju) ja saadud enamsaak korvab kompleksväetisele tehtud suuremad kulud. Magneesiumsulfaadi mõjul on varasemates katsetes suurenenud talinisu terasaak rähkmullal ligi 18% (Loide, 1985).

Kokkuvõte ja järeldused

Uurimistöös on püütud selgitada magneesiumi osa taimedes. Tehtud analüüsides järeldub, et talinisu ja suviadra taimed kannatasid võrsumisfaasis magneesiumipuuduse käes ja eriti teravalt avaldus see kaltsiumirikkal rähkmullal kasvanud taimedel. Magneesiumipuuduse all kannatavate taimede magneesiumisisaldus kuivaines oli 0,08...0,19%. Taimede toitumisolukorra hindamisel ja magneesiumväetiste efektiivsemaks kasutamiseks on otstarbekas arvestada ka teiste toitainetega.

Arvestades magneesiumi kergest liikuvust mullas ja kõrge produktiooniga kultuuride saagiga eemaldatavat suhteliselt suurt magneesiumihulka, väärib mulla magneesiumibilans Eesti põllumuldades senisest suuremat tähelepanu.

Samuti leidis kinnitust, et kaltsiumirikka mulla korral ei ole ammooniumlaktaadist ekstraheeritud liikuv magneesium alati taimede poolt omastatav ja seetõttu jätab soovida selle väljatõmbe kasutamise sobivus magneesiumitarbe määramisel.

Mulla liikuva magneesiumi sisaldus, määratuna 0,025N CaCl₂-väljatõmbest, korreleerus magneesiumisisaldusega taimedes paremini kui ammooniumlaktaadist ekstraheeritud magneesiumisisaldus. Järelikult tuleks tõsiselt kaaluda AL-meetodi sobivust ja otstarbekust ning võtta magneesiumitarbe määramiseks 0,025N CaCl₂ või mõni teine analoogselt toimiv väljatõmme.

Kirjandus

- Bergmann, W., Neubert, P. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse zur Ermittlung von Ernährungsstörungen und des Ernährungszustandes der Kulturpflanzen. Jena, 1976. – 688 S.
- Илjin: Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. – Новосибирск: Наука, 1985. – 128 с.
- Loide, V. Magneesiumsulfaadi mõjust põllukultuuride saagile ja mulla magneesiumisisaldusele. – Teaduse saavutusi ja eesrindlike kogemusi põllumajanduses, nr. 30, Tallinn, lk. 36...43, 1985.
- Loide, V. Mulla liikuva magneesiumi sisalduse ning kaltsiumi ja magneesiumi suhte mõju põllukultuuride saagile. – Agraarteadus, nr. 1, lk. 39...54, 1996.
- Loide, V. Liikuva magneesiumi sisaldusest ning kaaliumi ja magneesiumi suhtest Eesti põllumuldades. – Agraarteadus, nr. 1, lk. 51...55, 2001.

- 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 н. 8, с. 5...8, 1970.
- Mazajeva: Мазаева М. М. Магниевое питание растений и применение магниесодержащих удобрений. – Бюллетень ВИУА, н. 39, с. 5...9, 1978.
- Mengel, K. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. – Zweite Aufgabe. Jena, 1965. – 378 S.
- Prokošev jt.: Прокошев В. В., Неугодова О. В., Смирнов Ю. А., Государева З. И. Магниевые удобрения в интенсивном земледелии. – Москва, 1987. – 50 с.
- Putjatin: Пуятин Ю. В. Влияние возраставшего содержания магния и кальция дерново-подзолистых супесчаных почвах на продуктивность звена севооборота. – Автореферат, Москва 1993. – с. 3...20.
- Salonen, M. Envidig konstgödsling kan vålla magnesiumbrist. – Lantmån och Andelsfolk., 53, 11: 503, 1972.
- Simon, C. et al. Effect of varying Ca:Mg ratios on yield and composition of corn (*Zea mays*) and alf-alfa (*Medicago sativa*). – Communic. In Soil SC Plant Analysis, 10, ½, p. 153...162, 1979.
- Škljajev: Шкляев Ю. Н. Магний в жизни растений. – Москва: Наука, 1981. – 96 с.
- Vamehanova: Вамеханова Г. Ж. О физиологической роли магния в растениях. – Агрохимия н. 12, с. 121...129, 1968.