

VÄETISTARBE HINDAMISEST MEHLICH 3 VÄLJATÕMBEST

V. Loide, M. Nõges, J. Rebane

ABSTRACT. *Assessment of the fertiliser requirement using the extraction solution Mehlich 3. To determine the requirement of macro- and microelements, seven extraction solutions have been employed in Estonian practice. Double lactate (DL) extraction has been used for determination of the phosphorus and potassium requirement, ammonium lactate (AL) extraction for determination of the calcium and magnesium requirement, and five more different extractions have been used for determination of microelements. Hence the need for a more appropriate extraction solution was due to the large number of the extraction solutions used until now, which made determination of the fertiliser requirement less efficient; also in some cases use of some extraction solution did not yield reliable results in the case of particular plants. It was found in this study that the extraction solution Mehlich 3 is suitable for determining the fertiliser requirement of the soils of Estonia, considering their diverse agrochemical properties, while it allows to reduce the number of the extraction solutions.*

Keywords: *fertiliser requirement, available phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, manganese, double lactate extraction, ammonium lactate extraction, 1 N HCl extraction, 1 N (NH₄)₂SO₄ extraction, Mehlich 3 extraction.*

Sissejuhatus

Eesti mullastikku kuulub palju erinevaid mullatüüpe, mis on väga erinevate agrookeemiliste omadustega (mullareaktsioon, huumusesisaldus, kaltsiumisisaldus) ja seetõttu on elementide sisalduse hindamiseks sobiva väljatõmbelahuse leidmine raskendatud. Seni väetistarbe hindamisel kasutatav DL- ja AL-väljatõmbe ning veel mikroelementide määramiseks 5 väljatõmbe kombinatsioon oli suhteliselt väheoperatiivne. Samuti oli taimede toiteelementide omastamist arvestades häirivaks asjaolu, et antagonistlikud elemendid, nagu kaalium ja magneesium, määrati antud juhul erinevatest väljatõmmetest. Veel ilmnes AL-väljatõmbe sobimatus magneesiumitarbe määramiseks üldmagneesiumi poolest rikastel muldadel, kuna ammooniumlaktaatväljatõmme tõi sealt kaasa ka taimedele omastamatut magneesiumi. Seetõttu ei väljendanud tulemused tegelikku olukorda mulla ja taimede vahel ning magneesiumirikkal mullal kasvanud taimed olid tihti magneesiumi poolest sama vaesed kui magneesiumivaesel mullal kasvanud. Samal põhjusel olid magneesiumväetised efektiivsed ka niisugustel muldadel. Hinnates aga mulla magneesiumisisaldust AL-väljatõmbe asemel Schachtschabeli või Mehlich 3 ekstraheerimislahusest, oli neil juhtudel tegemist magneesiumivaeste muldadega (Loide, 2002).

A. Mehlich (1984) on välja töötanud universaalse Mehlich 3 ekstraheerimislahuse, mis võimaldab samast väljatõmbest määrata enamiku taimedele vajalikest toiteelementidest. Tulenevalt eeltoodust ongi käesoleva uurimistö eesmärgiks seatud selgitada Mehlich 3 ekstraheerimislahuse sobivust Eesti muldade agrookeemiliste omaduste hindamiseks ja püüda sellega lahendada senisel väetistarbe määramisel ilmnunud puudused. Järgnevalt võrreldakse Mehlich 3 ekstraheerimislahusest määratud taimetoiteelementide fosfori, kaaliumi, magneesiumi, kaltsiumi, vase ja mangaani sisalduste seoseid seni kasutatud väljatõmmetest määratutega.

Võtmesõnad: väetistarve, liikuvad fosfor, kaalium, kaltsium, magneesium, vask, mangaan, topeltlaktaat-, ammooniumlaktaat-, 1 N HCl, 1 N (NH₄)₂SO₄ ja Mehlich 3 väljatõmme.

Materjal ja meetodika

Mehlich 3 ekstraktsioonilahuse sobivuse selgitamiseks mulla agrookeemiliste omaduste hindamiseks tehti mulla keemilised analüüsid nii seni kasutatud kui ka uue väljatõmbelahusega. Analüüsitud mullaproovide kogum (vähemalt 500 mullaproovi) iseloomustab Eesti valdavaid mullatüüpe (rähkmullad, leostunud ja leetjad mullad, leetmullad). Mullaproovides määrati pH_{KCl}, huumusesisaldus Tjurini järgi, liikuvate elementide sisaldus (mg kg⁻¹): fosfor ja kaalium topeltlaktaat- ehk DL-väljatõmbest, kaltsium ja magneesium ammooniumlaktaat- ehk AL-väljatõmbest, vask 1 N HCl ja mangaan 1 N (NH₄)₂SO₄-väljatõmbest.

Mehlich 3 ekstraheerimislahuse sobivust väetistarbe määramiseks kontrolliti paralleelproovide muld-taim vastavate toiteelementide sisalduste korrelatsioonseoste abil. Uuriti talinisutaimi, mis koguti üle Eesti enam levinud muldadelt 6 lehe faasis.

Mehlich 3 meetodi väljatõmbelohus koosneb (Sen Tran, Simard, 1993):

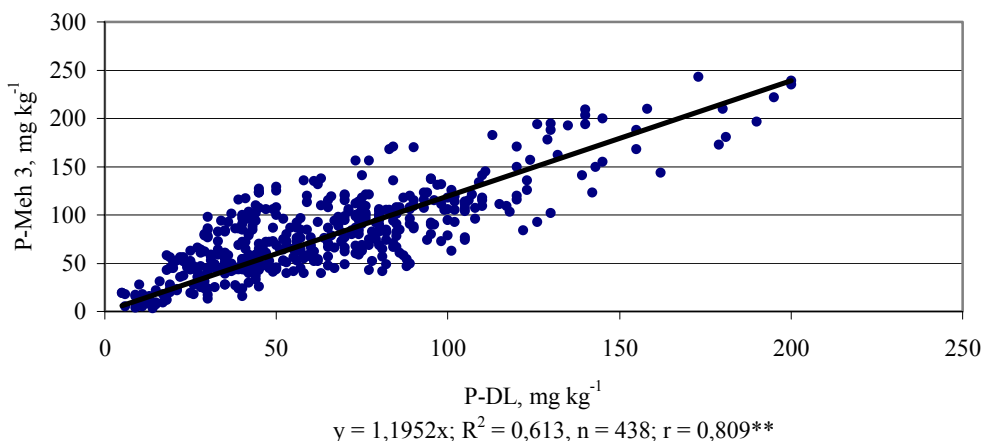
- 1) 0,2 N CH₃COOH – puhverdab pH 2,5-ni ja väldib Ca sadenemist,
- 2) 0,25 N NH₄NO₃ – ekstraheerib Ca, Mg, K, Na,
- 3) 0,013 N HNO₃ – ekstraheerib osa Ca-fosfaate,
- 4) 0,015 N NH₄F – fluoriid ekstraheerib Fe- ja Al-fosfaadid ja NH₄⁻ täiendab ammoniumnitraati,
- 5) 0,001 M EDTA – viib mikroelemendid kompleksühenditeks ja takistab Ca väljasadenemist

Taimsest materjalist määrati fosfor, kaalium, magneesium, vask, mangaan, kasutades kuivtuhaastust. Keemilised analüüsid viidi läbi Põllumajandusuuringute Keskuses. Andmete matemaatilisel töötlusel kasutati korrelatsioon- ja regressioonanalüüsi MS Exceli keskkonnas.

Tulemused ja arutelu

Fosfor on taimede elus üks tähtsamaid toiteelemente, kuid samas on taimedele kättesaadav fosfor keemiliste omaduste tõttu raskemini määratav. Taimedele kättesaadava fosfori ületoomist mullast väljatõmbelohusesse mõjutavad mitmed tegurid. Fosfor esineb mullas erinevate vormidena (mineraloogilised ja orgaanilised, mis omakorda sisaldavad erinevaid keemilisi vorme e soolasid), millel on erinev transformatsiooni kiirus ja nad lahustuvad väljatõmbelohustes erinevalt (Sallade, Sims, 1997). Eesti mullastikku iseloomustab mulla liigiline paljusus, esineb nii karbonaatseid kui ka mittekarbonaatseid muldi, mida tuleb arvestada ka väetistarbe määramiseks sobiva väljatõmbelohuse valikul. Põhjalikke uuringuid erinevate väljatõmbelohuste toime kohta liikuva fosfori sisalduse hindamisel on teinud mitmed uurijad. J. Matula (2000) hinnangul korreleerus võrreldes Mehlich 2, Mehlich 3, CaCl₂-väljatõmbe, mullalahuse, elektroultrafiltratsiooni ja UNIBEST meetodiga taimede fosforisisaldus kõige paremini vesileotisest määratud fosforisisaldusega. Tšehhimaal J. Zbirali (2001) juhtimisel leiti Mehlich 3 ja Egnér-Riehm (DL) väljatõmbest määratud tulemuste võrdlusel, et Mehlich 3 ekstraktatsioonil vabaneb fosfor paremini. Eriti suur erinevus avaldus karbonaatmuldadel ja DL-väljatõmme hinnati seepärast karbonaatmuldadele mittesobivaks.

Käesolevas töös saadi Egnér-Riehm (DL) ja Mehlich 3 ekstraheerimislahuste võrdlushindamisel järgmised tulemused. Vabariigi valdavate mullatüüpide mullaproovidest (karbonaadid ja mittekarbonaadid mineraalmullad) koosneva kogumi võrdlusanalüüsi tulemustest (joonis 1) ilmnes, et kahel meetodil määratud liikuva fosfori sisalduste vahel esines tugev (korrelatsioonikordaja $r=0,809^{**}$) korrelatsioon.



Joonis 1. DL- ja Mehlich 3 meetodil määratud liikuva fosfori sisalduste vaheline lineaarseos

Figure 1. Linear correlation between the contents of available phosphorus determined from the DL extraction solution and from the extraction solution Mehlich 3

Siinjuures ilmnes, et antud seosega on haaratud mullad, mille huumusesisaldus oli vahemikus 2–15%. Selgus, et seosed (tabel 1) sellest väiksema või suurema huumusesisalduse puhul avaldusid erinevalt, mis võib olla tingitud erinevate fosfori vormide esinemisest antud muldades.

Hinnates mullas ja taimedes sisalduva fosfori omavahelisi seoseid (tabel 2), ilmnes, et taimedes sisalduv fosfor oli Mehlich 3 ekstraheerimislahusest määratud fosforisisaldusega tugevamas korrelatsioonis kui DL-väljatõmbest määratu (korrelatsioonikordajad vastavalt 0,849^{**} ja 0,613^{**}). Tabelis 3 on toodud regressioonseosed talinisu terasaagi ja DL- ning Mehlich 3 väljatõmbest määratud fosforisisalduse vahel. Ilmnes, et Mehlich 3 väljatõmbest määratud fosforisisaldus oli mõnevõrra suurema usutavusega kui DL-väljatõmbest määratu (korrelatsioonikordajad vastavalt 0,775^{**} ja 0,729^{*}). Seega võib Mehlich 3 ekstraheerimislahusest määratud fosforisisalduse hindamistulemusi pidada rahuldavaks ja mõnevõrra ka objektiivsemaks kui DL-väljatõmbest määratud.

Tabel 1. DL- ja Mehlich 3 väljatõmbest määratud fosforisisalduste regressioonseosed sõltuvalt huumusesisaldusest mullas**Table 1.** Linear correlations in determination of the content of available phosphorus from the DL extraction solution and from the extraction solution Mehlich 3 depending on soil humus content

Huumusesisaldus mullas <i>Humus content in soil</i>	n	Regressioonivõrrand <i>Regression equation</i>	R ²	r
< 2%	125	y= 1,963x	0,649	0,821**
2–15%	220	y= 1,081x	0,696	0,867**
> 15%	36	y= 0,646x	0,879	0,940**

y – P-Mehlich 3, mg kg⁻¹x – P-DL, mg kg⁻¹

Kaalium esineb mullas ühe osana mineraalide kristallivõres ja on fikseeritud savimineraalide koostises. Mitmete uurijate poolt on ekstraheerimislahuste võrdlemisel esile toodud Mehlich 3 lahus (Went, 1995; Mamo *et al.*, 1996). Antud uurimistöo võrdlusanalüüsist liikuva kaaliumi sisalduste määramise hindamiseks Mehlich 3 ja DL-ekstraheerimislahustest selgus järgmist.

Mehlich 3 ja DL-ekstraheerimislahusest määratud kaaliumisisalduste (joonis 2) vahel avaldus tugev, hea usutavusega korrelatsioon, korrelatsioonikordaja $r = 0,955^{**}$. Ka savimulla puhul (joonis 3) osutus kahes ekstraheerimislahuses määratud kaaliumisisalduste vahel korrelatsioon väga tugevaks ($r = 0,972^{**}$).

Samuti esines tugev korrelatsioon (tabel 2) mulla ja talinisu taimede kaaliumisisalduse vahel. DL-ekstraheerimislahuse puhul oli korrelatsioonikordaja $r = 0,829^{**}$ ja praktiliselt samaväärne tulemus ($r = 0,837^{**}$) saadi ka Mehlich 3 ekstraheerimislahuse korral.

Tabel 2. Mulla ja taimede toiteelementide sisalduste vahelised regressioonseosed sõltuvalt väljatõmbelahusest**Table 2.** Regression correlations between the contents of soil and plant nutrients depending on the extraction solution

Element	Väljatõmme/Extraction	n	Regressioonivõrrand / Regression equation	R ²	r
P	DL	30	y=0,0004x + 0,2642	0,376	0,613**
P	Mehlich 3	30	y=0,0007x + 0,2096	0,721	0,849**
K	DL	27	y=0,014x + 1,6492	0,687	0,829**
K	Mehlich 3	27	y=0,0143x + 1,2953	0,700	0,837**
Mg	AL	21	y=1E-0,5x + 0,0876	0,111	0,334
Mg	Mehlich 3	21	y=0,0005x + 0,301	0,798	0,894**
Cu	1 N HCl	18	y=1,407x + 0,2874	0,504	0,710**
Cu	Mehlich 3	18	y=2,5164x + 0,1238	0,702	0,838**
Mn	1 N (NH ₄) ₂ SO ₄	23	y=0,0271x + 27,316	0,315	0,562**
Mn	Mehlich 3	23	y=0,2213x + 17,939	0,636	0,798**

y – elemendi sisaldus taimede kuivaines / content of the element in plant dry matter, %

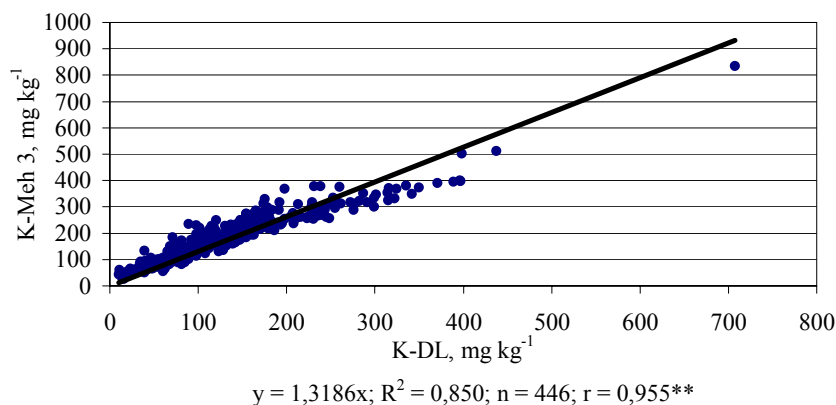
x – elemendi sisaldus mullas / content of the element in the soil, mg kg⁻¹

Tabelist 3 näeme, et usutavad seosed avaldusid ka terasaagi ja mulla kaaliumisisalduse vahel. Mõnevõrra tugevam korrelatsioon avaldus juhul, kui kaaliumisisaldus määrati DL-väljatõmbest, korrelatsioonikordajad vastavalt 0,656** ja 0,637**. Seega võib kokkuvõttes hinnata kaaliumisisalduse määramist Mehlich 3 väljatõmbest enam-vähem samaväärseks DL-väljatõmbest saadud tulemustega ja lugeda see sobivaks väetistarbe hindamiseks.

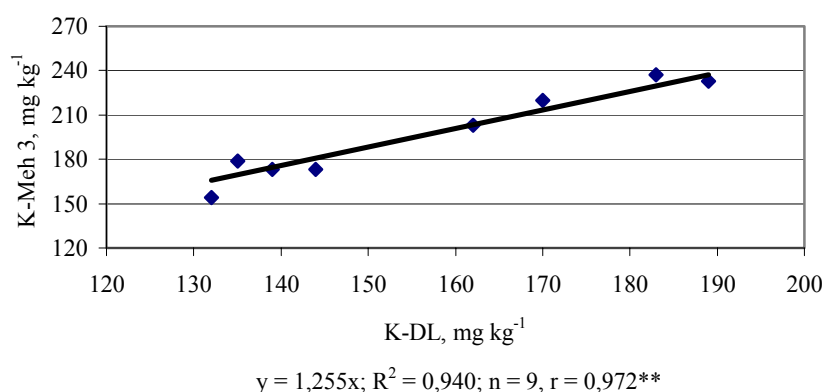
Tabel 3. Regressioonseosed talinisu terasaagi ja DL ning Mehlich 3 väljatõmbest määratud toiteelementide sisalduste vahel**Table 3.** Regression correlations between the winter wheat yield and the contents of soil nutrients depending on the extraction solution

Element	Väljatõmme/Extraction	n	Regressioonivõrrand/Regression equation	R ²	r
P	DL	11	y= - 0,0008x ² + 0,1282x + 1,3129	0,681	0,729*
P	Mehlich 3	11	y= - 0,0002x ² + 0,0824x - 2,9577	0,797	0,775**
K	DL	15	y= - 0,0004x ² + 0,0681x + 3,5746	0,582	0,656**
K	Mehlich 3	15	y= - 0,0003x ² + 0,0694x + 2,0467	0,537	0,637*

y – terasaak/yield, t ha⁻¹x – elemendi sisaldus mullas / content of the element in the soil, mg kg⁻¹



Joonis 2. DL- ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud liikuva kaaliumi sisalduste vaheline lineaarseos
Figure 2. Linear correlation between the contents of available potassium determined from the DL extraction solution and the extraction solution Mehlich 3



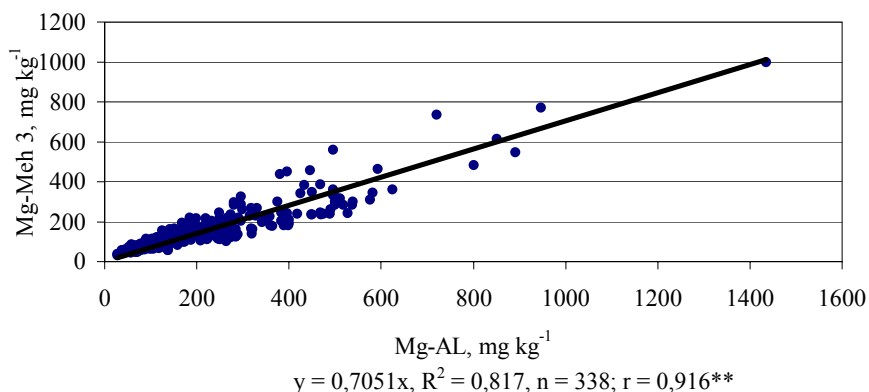
Joonis 3. DL- ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud liikuva kaaliumi sisalduste vaheline lineaarseos savimullal
Figure 3. Linear correlation between the contents of available potassium for clay-soils

Magneesiumitarve määrati seni AL-väljatõmbest, mis on osutunud taimede suhtes ebaobjektiivseks, eriti karbonaatmuldadel. Kui mitmete ekstraerimislahuste ja sealhulgas Mehlich 3 väljatõmbest määratud sisalduste hinnangud liikuva magneesiumi kohta ei korreleerunud mulla magneesiumi üldsisaldusega, siis AL-väljatõmbest määratud sisalduse hinnang oli tugevas positiivses korrelatsioonis magneesiumi üldsisaldusega. Seega toob ammoniumatsetaatlahus kaasa osa taimedele kättesaamatut magneesiumi, mida kinnitas asjaolu, et neil muldadel kasvanud taimed osutusid magneesiumi poolest sama vaesteks kui magneesiumivaestel muldadel kasvanud taimed (Loide, 2001, 2002, 2004). Eesti mullad on kohati üsnagi magneesiumivaesed ja seetõttu on ka muldade magneesiumisisalduse objektiivne hindamine väga oluline. Peale selle on antagonistlike taimetoitelementidega, nagu näiteks magneesium ja kaalium, väetamisel vaja arvestada mulla kaaliumi ja magneesiumi omavahelise suhtega. Lihtsam on seda teha, kui mõlemad elemendid määratakse samast väljatõmbest.

Magneesiumi sisalduste määramisel AL- ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest selgus hinnangute võrdlusanalüüsis järgmist. Mõlema ekstraerimislahuse magneesiumisisalduste hinnangud (joonis 4) olid tugevas korrelatsioonis, korrelatsioonikordaja $r = 0,916^{**}$, muldade puhul, mis sisaldasid liikuvat kaltsiumi (AL-väljatõmme) alla 2500 mg kg^{-1} . Sellest suurema mulla kaltsiumisisalduse puhul oli korrelatsioon mulla ja taimede magneesiumisisalduste vahel mitteusutav, mis tulenes neile muldadele iseloomulikust suurest üldmagneesiumisisaldusest (Loide, 2002).

Võrdlusanalüüsis muld-taim (tabel 2) selgus, et talinisu taimede magneesiumisisaldus oli tugevas korrelatsioonis Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud mulla magneesiumisisaldusega, AL-väljatõmbest määratud seos oli keskmise tugevusega, kuid ei ületanud 95% usutavuse nivood, korrelatsioonikordajad olid vastavalt $0,894^{**}$ ja $0,334$.

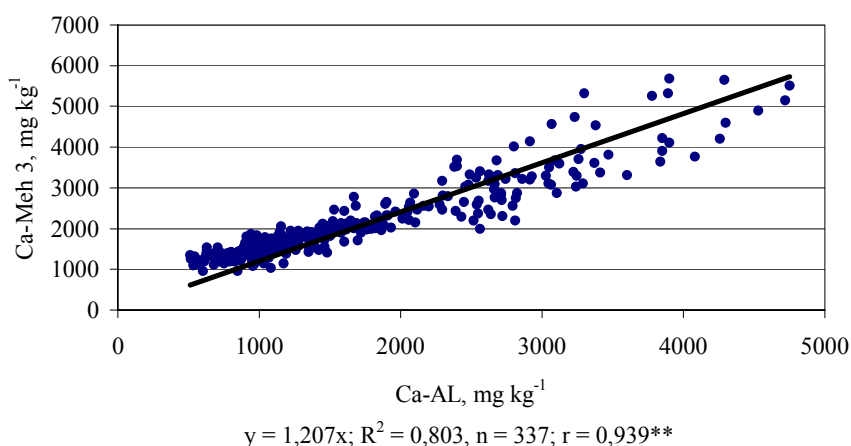
Asjaolu, et magneesium ja kaalium määratakse samast väljatõmbest, võimaldab objektiivsemalt hinnata K/Mg suhet ja seda väetamisel arvestada. Samuti oli heas korrelatsioonis mulla magneesiumisisaldus Mehlich 3 ekstraerimislahuse puhul taimede magneesiumisisaldusega.



Joonis 4. Lineaarseos AL- ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud magneesiumisisalduste vahel (Ca-AL kuni 2500 mg kg⁻¹)

Figure 4. Linear correlation between the contents of magnesium (Ca-AL up to 2500 mg kg⁻¹) determined from the AL extraction solution and the extraction solution Mehlich 3

Ka liikuva kaltsiumi sisalduse hinnangud (joonis 5) olid Mehlich 3 ja AL-ekstraerimislahustest määratuna omavahel tugevas korrelatsioonis ($r = 0,939^{**}$), v.a väga madalad (<500 mg kg⁻¹ AL), mille puhul usutav seos erines oluliselt ülejäänust, ja väga kõrged (>5000 mg kg⁻¹ AL) sisaldused, viimaste puhul korrelatsioon puudus.

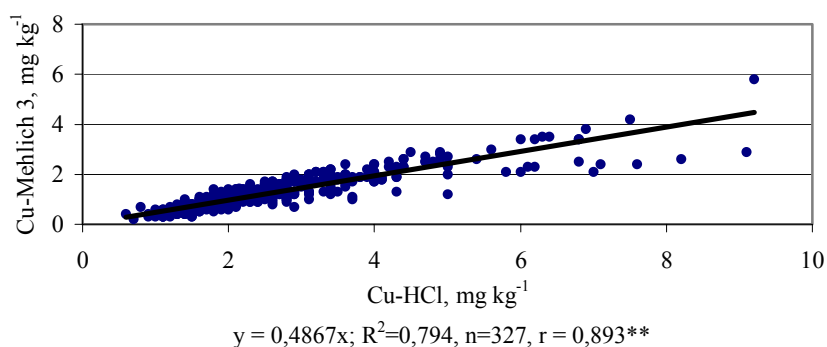


Joonis 5. Lineaarseos AL- ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud kaltsiumisisalduste vahel muldadel, mis sisaldavad Ca (AL) 500–5000 mg kg⁻¹

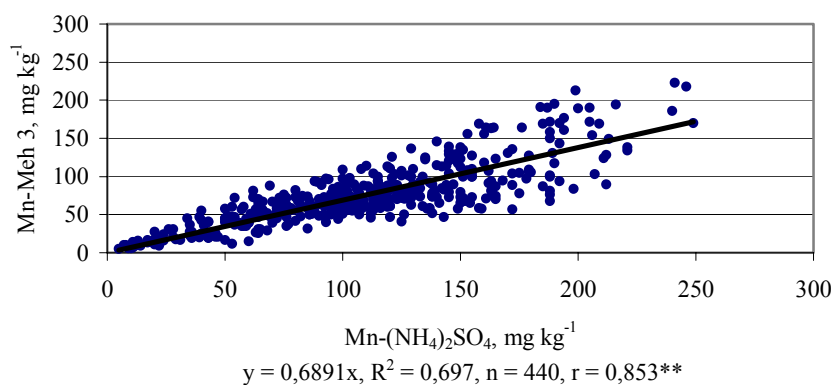
Figure 5. Linear correlation between the contents of calcium, determined from the AL extraction solution and the extraction solution Mehlich 3, for soils containing 500–5000 mg kg⁻¹ of Ca (AL)

Mikroelementidest võrreldi 1 N HCl-s lahustuva vase ja 1 N (NH₄)₂ SO₄-s lahustuva ning Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud mangaani sisalduste hinnanguid. Hästi korreleerusid omavahel Mehlich 3 ja 1 N HCl-väljatõmbest määratud vasesisaldused (joonis 6), korrelatsioonikordaja $r = 0,893^{**}$. Mõlemast väljatõmbest määratud mulla vasesisalduse hinnangud olid usutavas korrelatsioonis ka taimede vasesisaldusega (tabel 2), kuid võrreldes HCl-väljatõmbest määratuga oli antud seos mõnevõrra tihedam Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud tulemuste puhul (korrelatsiooni- ja determinatsioonikordajad vastavalt $r = 0,710^{**}$ ja $R^2 = 0,504$ ning $0,838^{**}$ ja $0,702$).

Aktiivse mangaani (joonis 7) sisalduse hinnanguid võrreldi 1 N (NH₄)₂SO₄ ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud tulemustega. Selgus, et 1 N HCl ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud mangaanisalduste hinnangute vahel esines tugev korrelatsioon ($r = 0,853^{**}$). Kuid esines ka muldi, kus tulemuste lahknevus oli suur. Tihti olid need karbonaadirohked mullad. R. Kalmeti (1979) andmeil on kuivadest muldadest kõige mangaanirikkamad karbonaatumullad. Ilmselt lahustub 1 N (NH₄)₂SO₄ väljatõmbes suhteliselt rohkem taimedele kättesaamatut mangaani kui Mehlich 3 ekstraerimislahuses. Sellest tulenevalt avaldus ka (tabel 2) taimede ja mulla mangaanisalduste omavaheline seos Mehlich 3 väljatõmbelahuse puhul tugevamalt kui mangaanisalduse määramisel 1 N (NH₄)₂SO₄ väljatõmbest (korrelatsiooni- ja determinatsioonikordajad vastavalt $0,798^{**}$ ja $0,636$ ning $0,562^{**}$ ja $0,315$).



Joonis 6. Lineaarseos 1 N HCl ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud vasesisalduste vahel
Figure 6. Linear correlation between the contents of copper determined from the 1 N HCl extraction solution and from the extraction solution Mehlich 3

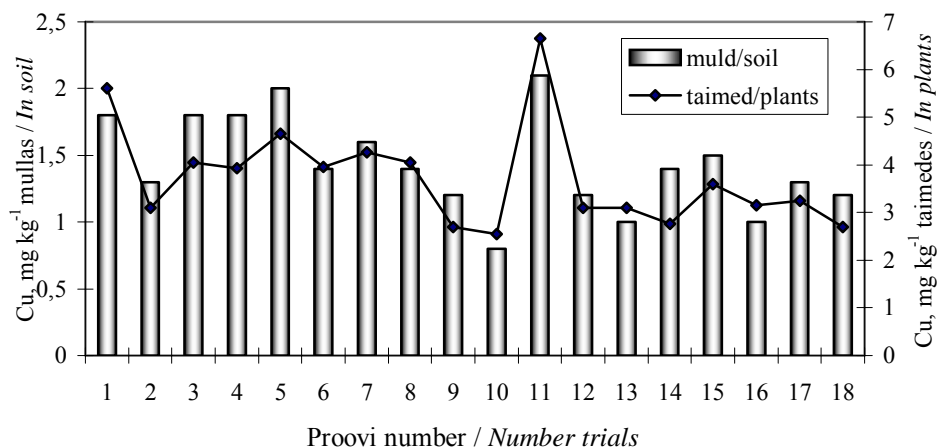


Joonis 7. Lineaarseos 1 N (NH₄)₂SO₄ ja Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud aktiivse mangaani sisalduste vahel
Figure 7. Linear correlation between the contents of manganese determined from the 1 N (NH₄)₂SO₄ extraction solution and from the extraction solution Mehlich 3

Võttes kokku eespool käsitletud analüüsi tulemusi, jõuti järeldusele, et Mehlich 3 ekstraerimislahus sobib Eesti muldade taimetoiteelementide sisalduste hindamiseks. Seniste tulemuste põhjal võimaldub Mehlich 3 ekstraerimislahuse rakendamisel määrata 6 elemendi sisaldus ühest väljatõmbest endise nelja väljatõmbelahuse asemel ja sellega vähenes töömaht mullaanalüüside tegemisel ning väetistarbe määramine muutus tervikuna operatiivsemaks. Korrelatsioon oli Mehlich 3 ekstraerimislahusest määratud toiteelementide hinnangute ja taimede keemilise koostise vahel parem, kui need oli varem kasutatud hinnangute puhul. Hea korrelatsioon (tabel 4) Mehlich 3 ja varem kasutatud väljatõmmetest määratud tulemuste vahel võimaldas leida uued väetistarbe gradatsioonid ühelt ekstraerimislahuselt teisele ülemineku koefitsientide abil. Kuid nagu eespool ilmnes, avaldus korrelatsioon varem kasutatud ja Mehlich 3 väljatõmbest saadud tulemuste vahel mõningate näitajate suhtes erinevalt. Fosfori puhul oli selliseks näitajaks mulla huumusesisaldus. Huumusvaeste muldade (huumusesisaldus alla 2%) puhul erines DL- ja Mehlich 3 väljatõmbest saadud tulemuste regressioonseos suurema huumusesisaldusega muldade seosest oluliselt. Mullad huumusesisaldusega alla 2% moodustavad vabariigi haritava maa bilansist küll alla 20%, kuid on maakondi, kus on valitsevaiks väikese huumusesisaldusega mullad. Nii on Põlvamaal huumusvaeseid muldi 69%, Võrumaal 67%, Valgamaal 58% ja Tartumaal 37%. Seetõttu peeti vajalikuks anda fosforitarbe hinnang, arvestades mulla huumusesisaldusest.

Mulla kaaliumi- ja magneesiumisisaldus ning toiteelementide kättesaadavus taimede poolt sõltub lõimisest. Seda arvestati gradatsiooni väljatõttamisel, mis võimaldab kasutada väetisi taimede väetamisel täpsemini.

Mulla vasesisaldus oli heas korrelatsioonis taimede vasesisaldusega. Optimaalseks vasesisalduseks talinisu taimedes võrsumisfaasis peetakse 5–10 mg kg⁻¹ (Bergmann, Neubert, 1976). Jooniselt 8 näeme, et optimaalne vasesisaldus on taimedes, mille kasvukoha vasesisaldus oli üle 1,5 mg kg⁻¹. Kuigi suure vasesisaldusega taimi ei leidunud, võib mulla optimaalseks vasesisalduseks pidada vahemikku 1,5–2,5 mg kg⁻¹.



Joonis 8. Taimede vasesisaldus sõltuvalt mulla vasesisaldusest

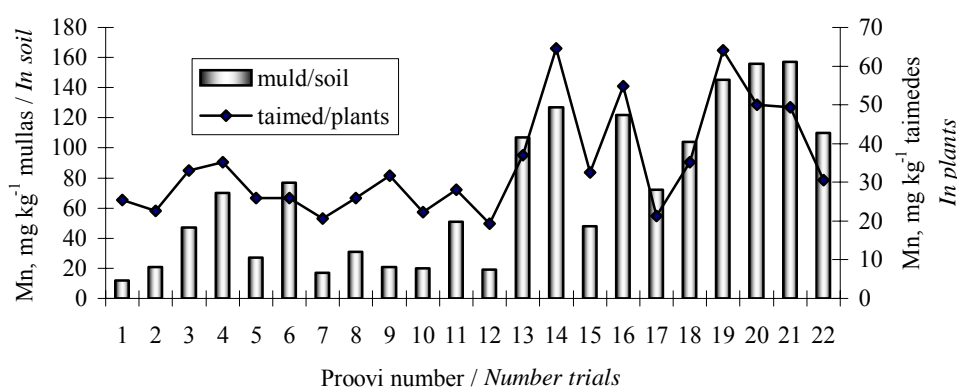
Figure 8. Dependence of plant copper content on the copper content of soil

Tabel 4. Mehlich 3 väljatõmbest (Meh 3) määratud liikuvate taimetoiteelementide sisalduse hinnangud mg kg⁻¹ mullas
Table 4. Assessments of the agrochemical properties of the soil using the extraction solution Mehlich 3, mg kg⁻¹ in soil

Mulla lõimis Soil texture	Sisaldusaste Content grade	P _{Meh 3} Hu* <2%	P _{Meh 3} Hu 2...15%	K _{Meh3}	Mg _{Meh 3}	Cu _{Meh 3}	Mn _{Meh 3}
Liiv Sand	Väga madal / Very low	<15	<10	<40	<30	–	–
	Madal/Low	15...40	10...25	40...65	30...50	<1,5	<75
	Keskmine/Medium	41...95	26...60	66...115	51...65	1,5...2,5	75...150
	Kõrge/High	96...205	61...125	116...195	66...85	>2,5	>150
	Väga kõrge / Very high	>205	>125	>195	>85	–	–
Saviliiv Sandy loam	Väga madal / Very low	<15	<10	<50	<35	–	–
	Madal/Low	15...40	10...25	51...90	35...65	<1,5	<75
	Keskmine/Medium	41...95	26...60	91...140	66...90	1,5...2,5	75...150
	Kõrge/High	96...205	61...125	141...280	91...115	>2,5	>150
	Väga kõrge / Very high	>205	>125	>280	>115	–	–
Kerge liivsavi Sandy clay 1	Väga madal / Very low	<15	<10	<65	<45	–	–
	Madal/Low	15...40	10...25	65...105	45...75	<1,5	<75
	Keskmine/Medium	41...95	26...60	106...170	76...105	1,5...2,5	75...150
	Kõrge/High	96...205	61...125	171...325	106...140	>2,5	>135
	Väga kõrge / Very high	>205	>125	>325	>140	–	–
Keskmine ja raske liivsavi Sandy clay 2,3	Väga madal / Very low	<15	<10	<75	<55	–	–
	Madal/Low	15...40	10...25	75...130	55...100	<1,5	<75
	Keskmine/Medium	41...95	26...60	131...195	101...150	1,5...2,5	75...150
	Kõrge/High	96...205	61...125	196...360	151...190	>2,5	>150
	Väga kõrge / Very high	>205	>125	>360	>190	–	–
Savi Clay	Väga madal / Very low	<15	<10	<130	<70	–	–
	Madal/Low	15...40	10...25	130...195	70...130	<1,5	<75
	Keskmine/Medium	41...95	26...60	196...285	131...190	1,5...2,5	75...150
	Kõrge/High	96...205	61...125	286...500	191...245	>2,5	>150
	Väga kõrge / Very high	>205	>125	>500	>245	–	–
Humusesisaldus / Humus content >15%							
Toorhumuslik turvasmuld, turvas Peat	Väga madal / Very low	<15	<140	–	–	–	–
	Madal/Low	15...40	141...290	<190	–	–	–
	Keskmine/Medium	41...95	291...580	195...300	–	–	–
	Kõrge/High	96...200	>580	>300	–	–	–
Väga kõrge / Very high	>200	–	–	–	–	–	–

* humusesisaldus Tjurini järgi / Humus content by Tjurin

Ka mangaani puhul ilmnes erinevusi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ja Mehlich 3 väljatõmbest määratud tulemuste vahel. Kuigi suurema osa kahest väljatõmbest määratud mulla mangaanisisaldused korreleerusid omavahel hästi, esines ka muldi, kus korrelatsioon oli nõrk või puudus. Niisugusteks osutusid mullad, mille puhul saadi suured sisaldused $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ väljatõmbest, kuid Mehlich 3 väljatõmbe puhul mitte. Võrreldes kahest väljatõmbest saadud tulemusi koos taimede mangaanisisaldusega, ilmnes, et taimede mangaanisisaldus oli tihedamas korrelatsioonis Mehlich 3 väljatõmbest määratud mangaanisisalduse hinnanguga. Talinisu taimedes peetakse optimaalseks mangaanisisalduseks võrsumisfaasis 34–65 mg kg^{-1} (Bergmann, Neubert, 1976). Lisaks mulla ja taimede mangaanisisalduste heale korrelatsioonile ühtisid hästi ka taimede ja mulla gradatsioonid mangaani sisalduse hindamisel Mehlich 3 väljatõmbest. Joonisel 9 näeme, et uurimistöös kasutatavatest kontrollproovide taimedest sisaldasid mangaani optimaalsel tasemel need, mis pärinesid keskmise (optimaalse) mangaanisisaldusega kasvukohast. Määrates $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ väljatõmbest saadud mangaanisisalduse hinnanguid, kasutati taimedele kättesaadava mangaanisisalduse leidmiseks paranduskoeffitsienti, mis arvestab siinjuures mulla reaktsiooni (Kanger jt, 2000). Paranduskoeffitsiendi kasutamisel saadud tulemused olid märgatavalt halvemas korrelatsioonis taimede mangaanisisaldusega nii Mehlich 3 kui ka $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ väljatõmbe korral. Mulla reaktsiooni mõju küll avaldus ka Mehlich 3 väljatõmbe korral mangaani omastatavusele taimede poolt, kuid need erinevused jäid enamasti gradatsiooni laia vahemikku (75...150 mg kg^{-1}), mistõttu detailsem jaotus üldjoontes ei osutunud vajalikuks.



Joonis 9. Taimede mangaanisisaldus sõltuvalt mulla mangaanisisaldusest

Figure 9. The content of manganese in plants depends on the content manganese in the soil

Käesolevas uurimistöös on käsitletud 6 taimetootelemendi määramist samast, Mehlich 3 ekstraheerimislahusest. Põhimõtteliselt on võimalik anda väetistarbelist hinnangut veel teistegi elementide kohta, kuid praegu ei ole selleks vajalikud andmebaasid veel piisavad ja seepärast on soovitatav tööd jätkata.

Kokkuvõte

Kokku võttes eeltoodud võrdlusanalüüsi hinnanguid Mehlich 3 ekstraheerimislahuse sobivuse kohta kasutamiseks väetistarbe määramisel Eesti muldadel, võib öelda järgmist.

Uurimistöös ilmnes, et väetistarbe määramisel Mehlich 3 ekstraheerimislahusest võimaldub asendada esialgu vähemalt nelja väljatõmbelahust, mida kasutati P-, K-, Mg-, Ca-, Mn- ja Cu-sisalduste määramiseks. Ekstraheerimislahuste võrdlusanalüüsi tulemustest selgus, et Mehlich 3 väljatõmbest määratud fosfori, kaaliumi, kaltsiumi, magneesiumi, vase ja mangaani hinnangud olid rahuldavas kuni heas korrelatsioonis varem kasutatud ekstraheerimislahustest määratud tulemustega. Eriti oluline on elementide sisalduste määramine ühest ja samast väljatõmbest antagonistlike elementide kaaliumi ja magneesiumi puhul. Taimedele sobivate toitumistingimuste loomisega on vaja nende väetamise arvestada ka K/Mg suhet. Ka korrelatsioon mulla ja taimede vastavate elementide vahel oli mõnevõrra parem, eriti magneesiumi- ja mangaanisisalduse hinnangu puhul, kui see avaldus varem kasutatud väljatõmmete korral.

Töö tulemuste praktiliseks kasutamiseks on välja töötatud Mehlich 3 väljatõmbest määratud väetistarbe gradatsioonid.

Mehlich 3 ekstraheerimislahuse rakendamisel paranes taimetootelementide sisalduste hinnangu objektiivsus ja vähenes ka töömaht mullaanalüüside tegemisel ning väetistarbe määramine muutus tervikuna operatiivsemaks.

Kirjandus

- Bergmann, W., Neubert, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse zur Ermittlung von Ernährungsstörungen und des Ernährungszustandes der Kulturpflanzen. Jena, S. 688.
- Kalmet, R. 1979. Mikroelemendid Eesti NSV maaviljeluses. Tallinn, 172 lk.
- Kanger, J., Kevvai, T., Kevvai, L., Kärblane, H. 2000. Väetamise ABC. 19 lk.
- Loide, V. 2001. Liikuv magneesiumi sisaldusest ja kaaliumi ja magneesiumi suhtest Eesti põllumuldades. Agraarteadus, I, lk 51–55.
- Loide, V. 2002. Eesti põllumuldade liikuv magneesiumi sisaldusest, vahekorrast kaaliumi ja kaltsiumiga ning mõjust kultuuride saagile. Väitekiri pm.-doktori teaduskraadi taotlemiseks. Tartu.
- Loide, V. 2004. About the effect of the contents and ratios of soil's available calcium, potassium and magnesium in liming of acid soils. – *Agronomy Research* 2(1), p. 71–82.
- Mamo, T., Richter, C., Heilingtag, B. 1996. Comparison of extractants for the determination of available phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium in some Ethiopian and German soils. – *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27(9–10), p. 2197–2212.
- Matula, J. 2000. Correlation between multinutrient soil test and phytoavailability of potassium, phosphorus, magnesium, manganese and sulphur from soil. – *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 31, 11–14, p. 1462–1463.
- Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant a modification of Mehlich 2 extractant. – *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15, p. 1409–1416.
- Sallade, Y. E., Sims, J. T. 1997. Phosphorus Transformations in the Sediments of Delaware's Agricultural Drainageways: I. Phosphorus Froms and Sorption. – *J. Environ. Qual.* 26, p. 1571–1579.
- Sen Tran, T., Simard, R. R. 1993. Mehlich III-Extractable Elements. – *Soil Sampling and Methods of Analysis.* Lewis Publishers, p. 43–49.
- Zbiral, J. 2001. Porovnání extrakčních postupů pro stanovení základních živin v půdách ČR. Brně.
- Wendt, J. W. 1995. Evaluation of the Mehlich 3 soil extractants for P, K, Ca, Mg, Mn, Cu and Zn in Atlantic coastal plain soils. – *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20(17–18), p. 1707–1726.

Assessment of the fertiliser requirement using the extraction solution Mehlich 3

V. Loide, M. Nõges, J. Rebane

Summary

To determine the requirement of macro- and microelements, seven extraction solutions are used in Estonia: double lactate extraction (DL) for determination of phosphorus and potassium requirement, ammonium lactate extraction (AL) for determination of calcium and magnesium requirement and five more different extractions for determination of the microelements. Using the large number of the extraction solutions was not efficient for determination of fertiliser requirement and, owing to the unsuitability of some extraction solution, the results with respect to particular plants proved sometimes unreliable.

For the establishment of the suitability of the extraction solution Mehlich 3 in assessment of the agrochemical properties of the soil, chemical soil analyses were performed with the hitherto used extraction solutions as well as with the extraction solution Mehlich 3. The set of the analysed soil samples (more than 500 in number) characterises the predominant soil types occurring in Estonia (pebble-rendzina, typical brown soils, brown lessive soils, sod podzolic soils). From the soil samples the following characteristics were determined: pH_{KCl} , humus content by Tyurin; content of available elements (mg kg^{-1}): phosphorus and potassium by double lactate (DL) extraction, calcium and magnesium by ammonium lactate (AL) extraction, copper by 1 N HCl extraction and manganese by 1 N $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ extraction.

The suitability of the extraction solution Mehlich 3 for determination of fertiliser requirement was tested using the correlations between the contents of the corresponding nutrient elements in the parallel soil-plant samples. The study plants were the winter wheat plants in the 6th leaf phase collected from predominant soils throughout Estonia.

The results of the comparative analysis of the set of the soil samples (carbonate and non-carbonate mineral soils) revealed (Figure 1) a significant correlation between the contents of available phosphorus determined with two methods, DL extraction and the extraction solution Mehlich 3, (correlation coefficient $r=0.809^{**}$). The regression correlations between the results of the two extractions was influenced by soil humus content (Table 1). A significant correlation was noted also between the contents of potassium (Figures 2, 3), magnesium (Figure 4), calcium (Figure 5), copper (Figure 6) and manganese (Figure 7), determined from the extraction solution Mehlich 3, and the respective results obtained with the extraction solutions used earlier. The correlation of the content of the nutrient elements with the chemical composition of the winter wheat plants

(Table 2) and with the grain yield (Table 3) was stronger when the extraction solution Mehlich 3 was used compared with the other extraction solutions.

Summing up the results of the present study, it was found that determination of fertiliser requirement from the extraction solution Mehlich 3 allows to tentatively replace at least four extraction solutions used until now on Estonian soils for determination of the content of P, K, Mg, Ca, Mn and Cu. The results of the comparative analysis of the extraction solutions showed that the contents of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper and manganese determined by Mehlich 3 extraction were moderately to significantly correlated with the respective results obtained with the existing extraction solutions. Determination of element content from one and the same extraction solution is particularly important in the case of the antagonistic elements potassium and magnesium. When the aim is to ensure suitable nutrition conditions for plants it is also necessary, in fertilisation, to take into account the K/Mg ratio. The correlation between the corresponding soil and plant elements was also somewhat better, especially in the case of magnesium and manganese contents, compared with the extraction solutions used earlier.

Good correlation between the results obtained with Mehlich 3 and those obtained with the other extraction solutions enabled to establish a new fertiliser requirement scale using coefficients for transition from one extraction solution to another (Table 4, Figure 8, 9).

Application of the extraction solution Mehlich 3 not only improved the reliability of the assessment of the content of plant nutrients but also diminished the amount of work needed for performing soil analyses, while determination of fertiliser requirement as a whole became more efficient.