

LÜHIÜLEVAADE EESTI PÕHILISTE MITTEHARITAVATE MULDADE¹ ORGAANILISE AINE VARUDEST

R. Kask

SUMMARY: *A short account of the organic matter supplies in the main Estonian nonarable soils¹.*

1. *The average characteristics of the organic matter supply in the organogenic horizon (A_{org}) of Estonian nonarable soils may vary within the range of 55...890 t/ha. In automorphic soils those average characteristics decrease in the following order: typical sod-calcareous soils (on limestone and on morain) → leached sod-calcareous soils → podzolized sod-calcareous soils → sod-podzolic soils, ranging from 185...55 t/ha. In half-hydromorphic and hydromorphic soils the organic matter supply increases alongside with the increase of the degree of bogging in the following order: gleyed soils → soddy gley soils → peaty soddy gley soils → peaty gley soils → bog soils, ranging from 150...890 t/ha.*

2. *The large differences in the organic matter supply of different soils does not inasmuch depend on the differences of the accumulation of organic matter in these soils as on the different intensity of the mineralization and leaching of the organic matter.*

3. *At the calculation of the organic matter supply it is always necessary to consider the proportion of fine earth in the soil mass. As in Estonia it may vary from 0.5...100% the respective correction coefficient (0.005...1.00) should be applied.*

Haritavate muldade huumusevaru kohta on olemas üksikasjalik informatsioon E. Kitse, R. Leisi (1996) töös, mis põhineb RPI "Eesti Põllumajandusprojekt" algandmetele (Eesti NSV..., 1978, 1983). Mitteharitavate muldade huumusevarust seni samasugust ülevaadet ei ole. Käesolevas esitatu püüab olla selle lünga täitjaks.

Metoodika

Algandmetena kasutati Eesti Maaviljeluse Instituudi fondimaterjale: erinimeliste muldade organo-akumulatiivse (A_{org} -) horisondi keskmine paksus leiti mullastiku väliuurimise (1948...1960) protokollides fikseeritud üksiknäitajatest. Orgaanilise aine sisaldus A_{org} -horisondi erinevates kihtides (olenevalt mullast 2 või 3) leiti muldade agrookeemiliste omaduste iseloomustamiseks läbiviidud uurimistest, mis on juba varem avaldatud (Kask, 1975); horisontide või selle eri kihtide tihedus (y) leiti seosest

$$Y = -0,3843\ln(x) + 1,4367, \quad \text{kus } x = C_{org} \% \text{ (Kask, 1997).}$$

Mineraalmuldade iseloomustamisel loeti näitaja "orgaaniline aine" võrdseks $1,72 C_{org}$. Turvasmuldadel võeti orgaanilise aine sisalduse näitajaks kuumutuskadu. C_{org} (y) ja kuumutuskao (x) vahekorda väljendab võrrand:

$$Y = 0,017x^2 + 0,2954x - 0,5659 \quad \text{(Kask, Niine, 1998).}$$

Leede- ja soostunud leedemuldi ei uuritud. Vaadeldakse vaid organo-akumulatiivse (*in situ*) horisondi orgaanilise aine varu.

A_{org} -horisondi paksuse ja orgaanilise aine (huumuse) sisalduse kohta metsamuldades on üksikasjalik ülevaade RPI "Eesti Põllumajandusprojekt" uurimustest (Eesti NSV..., 1983). Paraku ei ole nimetatud uurimuses andmeid turvasjate ja turvastunud muldade kohta, esindamata on looduslike rohumaade mullad. Seepärast võeti käesolevas uurimuses aluseks Eesti Maaviljeluse Instituudi uurimisandmed, kuigi nendes pole A_{org} -horisondi paksus ja huumusesisaldus nii detailselt esile toodud.

¹ Välja arvatud leede- ja soostunud leedemullad. / *Except podzols and half-bog podzols.*

Uuritud muldade kogumis on esindatud mullad nii metsast kui rohumaadelt ja sellises vahekorras, nagu need on esindatud looduses ja väliuurimise andmestikus. Automorfsete muldade hulgas domineerivad metsamullad, poolhüdromorfsete muldade hulgas aga on mitmekordses ülekaalus mullad looduslikelt rohumaadelt.

Uurimistulemused

Orgaanilise aine varu (orgaanikavaru) leitakse uuritava kihi paksusest, selle tihedusest ja orgaanilise aine osalusest (sisaldusest) mulla peeneses. Nendest on kõige "vigasem" horisondi paksuse näitaja. Sügavuse suunas pidevalt väheneva orgaanilise aine sisalduse puhul (tabel 1) on A_{org} -horisondi alumise piiri tõmbamine küllalt suvaline.

Tabel 1. Näiteid orgaanilise aine ($1,72 C_{org}$) sisaldusest mitmesugustes looduslike kõlvikute muldades

Table 1. Some examples of the content of organic matter ($1.72 C_{org}$) in different nonarable soils

Proovi sügavus cm Depth of sample cm	Sügav rähkmuld Sod-calcareous soil	Leostunud kamar-karbonaatmull Leached sod-calcareous soil	Leetunud kamar-karbonaatmull Podzolized sod-calcareous soil	Kamar-leetmull Sod-podzolic soil	Gleist. kamar-leetmull Gleyed sod-podzolic soil	Gleist. kamar-mull Gleyed soddy soil	Kamar-gleimull Soddy gley soil	Turvasjas gleimull Peaty-soddy gley soil	Turvastunud gleimull Peaty gley soil
0...5	13,4	6,5	5,1	4,6	8,2	9,3	16,5	31,9	67,1
5...10	5,2	4,4	4,4	2,6	6,5	8,5	9,5	24,5	70,6
10...15	4,0	3,8	3,8	1,5	5,4	5,7	6,4	10,6	53,3
15...20	2,6	1,0	3,3	0,5	3,1	4,4	6,2	6,9	22,4
20...25	2,5	0,9	1,6	0,3	0,8	4,0	5,4	6,8	16,9
25...30	2,3	0,2	1,4	0,3	0,3	2,3	4,2	6,5	5,9
30...35	2,1	0,1	1,6	0,0	0,4	2,1	1,4	1,9	1,4
35...40	1,6	0,2	1,4	0,2	0,3	1,4	1,2	1,4	0,3
40...50	0,6	0,2	1,3	0,1	0,4	1,1	1,3	0,6	0,2
50...60	0,5	0,1	1,4	0,4	–	0,8	–	0,5	0,2

Mitteharitaval maal läheb A_{org} -horisont üle allasuvaks horisondiks tavaliselt sujuvalt, mõne kuni mõnekümnesentimeetrilises vahemikus. Erinevalt tehnogeensest üleminekust (sagedane haritaval maal) on mitteharitaval maal A_{org} -horisondi üleminek pedogeenne, s.o. seotud loodusliku mullatekkeprotsessiga. Neutraalsele lähedase reaktsiooniga automorfsete muldade A_{org} -horisondi paksuse näitajates on subjektiivsete tegurite mõju suhteliselt suurem.

Horisondi paksus määratuna kaeve seinal paljastuva pildi järgi kujutab endast visuaalset üldistust. Ilmneb selge tendents: välipäevikus fikseeritavate horisondi paksuse näitajate seas domineerivad "kesksemad" arvud: 20, 22, 25 jne., vähe esineb arve 19, 21, 26 jne. (tabel 2). Sellest tulenev viga suurte arvude keskmistes näitajates ei ole oluline (tabel 3).

Tabelis 4 esitatud erinevate mitteharitavate muldade A_{org} -horisondi orgaanikavaru keskmised näitajad on Eesti kohta esmakordsed. Oma tähenduselt pole esitatud materjalides siiski midagi seni teadmatut. Erinimeliste muldade A_{org} -horisondi paksuse ja orgaanilise aine sisalduse (muldade uurimisel fikseeritavad näitajad) kaudu mõistetav leiab siin tabelis 4 toodu näol arvulise väljenduse.

Automorfsete mullad reastuvad orgaanilise aine varu järgi järgmiselt: paepealsed mullad, rähkmullad, leostunud- ja leetjad kamar-karbonaatmullad, kamar-leetmullad. Hüdrokateenal järjestuvad mullad: automorfsete, poolhüdromorfsete (gleistunud, kamar-glei-, turvasjad glei-, turvastunud gleimullad) ja hüdro-morfsete mullad (soomullad).

Tabel 2. Näiteid mulla huumushorisoni paksuse määramisest (määramiste arv uuritud territooriumil)

Table 2. Some examples of the measurement of the thickness of humus horizon (number of measurements on the studied territory)

Huumushorisoni paksus cm / Thickness of humus horizon, cm																	
<15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	>30
Paide ümbrus, 1948. a. Uuriija A. Avarmaa / Environs of Paide, 1948, researcher A. Avarmaa																	
0	4	1	3	15	1	18	0	1	1	0	13	1	0	1	1	2	1
Jõgeva ja Maarja-Magdaleena kaardilehe piires, 1949. a. Uurijad R. Kask, A. Piho / Within the map of Jõgeva and Maarja-Magdaleena, 1949, researchers R. Kask, A. Piho																	
0	9	2	2	14	1	41	4	11	14	9	18	3	1	3	0	9	3
Väimela majand, 1949. a. Uurijad R. Kask, R. Pant / Väimela State Farm, 1949, researchers R. Kask, R. Pant																	
5	16	4	1	16	1	34	0	7	6	0	0	0	0	1	0	1	0
Tartu rajooni L. Koidula nim. majand, 1951. a. Uuriija R. Kask / Tartu district, Collective Farm named after L. Koidula, 1951, researcher R. Kask																	
1	5	1	3	22	3	28	3	3	3	5	4	4	3	1	0	0	3
Kokku / Total																	
6	31	8	9	67	7	121	7	22	34	33	35	8	4	6	1	12	7

Tabel 3. Mitteharitavate muldade organo-akumulatiivse (A_{org}) horisoni paksus, 1948...1957. a. uurimisandmetel, cm

Table 3. The thickness (cm) of the organogenic horizons (A_{org}) of nonarable soils in 1948...1957

Muld / Soil	n	\bar{x}	s	s %
Tüüpilised kamar-karbonaatmullad <i>Sod-calcareous soils</i>				
• paepealsed / on limestone ²	27	22,2	5,3	42
• rähkmullad / on morain	86	20,8	5,3	25
Leostunud kamar-karbonaatmullad / Leached sod-calcareous soils	41	23,2	6,0	26
Leetjad kamar-karbonaatmullad / Podzolized sod-calcareous soils	31	22,2	5,2	23
Kamar-leetmullad / Sod-podzolic soils	70	18,6	5,3	28
Gleistunud kamarmullad / Gleyed soddy soils	124	26,0	5,6	22
Gleistunud kamar-leetmullad / Gleyed sod-podzolic	67	19,8	6,5	33
Kamar-gleimullad / Soddy gley soils	136	24,8	5,3	21
Turvasjad gleimullad / Peaty-soddy gley soils	89	24,9	5,3	21
Turvastunud gleimullad / Peaty gley soils	84	27,8	5,3	19
Kamar-leet-gleimullad / Soddy gley podzolic soils	37	18,5	4,4	24

Võrreldes samanimeliste haritavate muldadega on mitteharitavad mullad enamalt jaolt orgaanilise aine poolest rikkamad. Eriti selgelt tuleb vahe esile võrreldes muldi põllul ja looduslikul rohumaal. Põlistes tihedates metsades võib olukord olla aga sageli vastupidine. Võrreldes haritavate (Kitse, Leis, 1996) ja mitteharitavate (tabel 4) muldade orgaanikavaru ilmneb, et haritavate rähk- ja paepealsete muldade ning leostunud ja leetjate kamar-karbonaatmuldade orgaanikavaru moodustab vastavalt 77; 91; 83 ja 91% mitteharitavate muldade omast. Kamar-leetmuldade puhul on olukord vastupidine: haritavate muldade orgaanikavaru moodustab olenevalt mullaliigist ja erimist 107...125% mitteharitavate omast.

Haritavates soostunud ja soomuldades on orgaanilist ainet sageli mitu korda vähem kui mitteharitavates muldades (vastavad keskmised näitajad pole ühikute mittekokkulangevuse tõttu võrreldavad). Maade ülesharimisega algab intensiivne humifitseerumata orgaanilise aine lagunemine ja mineraliseerumine. Üksikobjektide uurimisandmete (Kask jt., 1989; Kask jt., 1992) ekspertüldistuse järgi mineraliseerub turvasjate ja turvastunud gleimuldade ülesharimisel esimestel aastakümnetel 1...4 t orgaanilist ainet aastas. Toomal madalsoos mineraliseerus turvast 49 aasta keskmisena 5 t/ha (Truu jt., 1969), Sakus 28 aasta jooksul 2,6 t/ha (Heinsalu jt., 1992).

² RPI "Eesti Põllumajandusprojekt" andmed, $A_1 + A_1C$ keskmised; Eesti NSV..., 1983.

Tabel 4. Mitteharitavate muldade organo-akumulatiivse (A_{org}) horisondi karakteristikud ja orgaanikavaru**Table 4.** The characteristic of the organogenic (A_{org}) horizon and the organic matter supply of nonarable soils

Horisont <i>Horizon</i>	Kihtide paksus cm <i>Thickness of layer, cm</i>	Orgaanilise aine 1,72 C_{org} sisaldus % <i>Organic matter, 1.72 C_{org}, %</i>	Kihi tihedus g/cm ³ <i>Bulk density g/cm³</i>	Orgaanika varu t/ha <i>Organic matter supply, t/ha</i>	
				kihtides in layers	A_{org} -horisondis kokku <i>total in A_{org} horizon</i>
<i>Paapealsed mullad / Sod-calcareous soils on limestone</i>					
A'	9,8	16,5	0,57	92	185
A''	12,4	10,7	0,70	93	
<i>Rähkmullad / Sod-calcareous soils on morain</i>					
A'	11,3	8,1	0,84	77	132
A''	11,0	4,8	1,04	55	
<i>Leostunud kamar-karbonaatmullad / Leached sod-calcareous soils</i>					
A'	12,5	6,1	0,95	72	127
A	12,5	3,9	1,12	55	
<i>Leetjad kamar-karbonaatmullad / Podzolized sod-calcareous soils</i>					
A'	11,5	5,5	0,99	63	112
A''	11,5	3,7	1,14	49	
<i>Jääkcarbonaatsed kamar-leetmullad / Residual carbonate sod-podzolic soils</i>					
A'	9,9	5,1	1,02	51	84
A''	9,9	2,6	1,28	33	
<i>Harilikud kamar-leetmullad / Sod-podzolic soils</i>					
A'	8,1	3,7	1,14	34	55
A''	8,1	1,8	1,42	21	
<i>Gleistunud kamarmullad / Gleyed soddy soils</i>					
A'	13,6	7,7	0,86	90	153
A''	13,6	4,3	1,08	63	
<i>Kamar-gleimullad / Soddy gley soils</i>					
A'	8,5	8,8	0,81	61	150
A''	8,5	5,9	0,96	48	
A'''	8,5	4,5	1,07	41	
<i>Turvasjad gleimullad / Peaty gley soils</i>					
AT	7,9	21,1	0,47	78	205
AT	7,9	13,5	0,64	68	
A	7,9	9,6	0,78	59	
<i>Turvastunud gleimullad / Peaty gley soils</i>					
T	15,0	53,7	0,23	185	313
AT	12,7	21,5	0,47	128	
<i>Madalloomullad / Fen bog soils³</i>					
T	50	88...92	0,126...0,193		500...890
<i>Rabamullad / Raised bog soils</i>					
T	50	97...98	0,03...0,07		145...340

Mulla orgaanilisest ainest paikneb põhiline osa A_{org} -horisondis. Orgaanikavaru mulla-tüsendis tervikuna ületab selle olenevalt mullast 1,01...1,50 korda, huumus-illuviaalsetes soostunud leedemuldades aga isegi 2...4 korda (kõrvalt juurdekandega aladel). Orgaanilise aine koguaru võrreldes A_{org} -horisondi omaga on suhteliselt suurem koreserikastes karbonaatsetes muldades, mis sisaldavad orgaanilist ainet (antud juhul huumusena) arvestataval määral ka A_1 -horisondile järgnevates horisontides. RPI "Eesti Põllumajandusprojekti" uurimisandmetel sisaldavad keskmise sügavusega liivsaviilõimisega rähkmuldade A_1 (paksus

³ Erinevate turbaliikide keskmised diapsoonid (Eesti metsad, 1974). / Average organic matter supplies of different peat species.

16,5 cm), A_1B (14,0 cm), A_1BC (16,4 cm) ja BC (20,8 cm) horisondid huumust vastavalt 5,77; 2,56; 2,17 ja 0,98% (Eesti NSV..., 1983).

Eeltoodu hindamisel tuleb arvestada, et näitaja "huumusesisaldus" väljendab huumuse osalust mulla peeneses. Viimase osakaal mulla kogumassis on väga erinev ja raskesti hinnatav. Paepealsetes, rähk-, klibu- ja veerismuldades võtab kores (kivid, peenkivid, kruus) sügavamates horisontides enda alla sageli põhilise osa mullamassist (Kask jt., 1981). Ekstreemseteks näideteks selles osas on klibumullad Saaremaal Atla ja Muhus Koguva külas, kus kores (>1 mm) võtab enda alla vastavalt 78,5 ja 94,5% kogu mullamassist, mis läbib sõela avadega 100 mm. Saaremaal Karala küla klibumulla BC -horisondis on peenkive üle 99,5% kogu mullamassist (Kask, 1996).

Korese osaluse järsu suurenemise tõttu A_1 -horisondi all ei oma huumusesisalduse näitav huumuse hektarivaru arvutamisel samaväärset kaalu kui koresevaestes või -vabades muldades.

Arutelu

Orgaanikavaru mullas kujutab endast orgaanilise aine mulda ladestumise (+) ja kadude (-) vahet. Vaadeldes Eesti muldade orgaanikavaru A_{org} -horisondis tuleb tõdeda suuri erinevusi. Seejuures pälvib tähelepanu, et orgaanikavaru mullas ei seostu üldises plaanis fütoproduktiivsusega erinimelistel muldadel. Paepealsetel ja rähkmuldadel on looduslik fütoproduktiivsus väiksem kui kamar-leetmuldadel (Kõlli, 1991a, 1991b). Orgaanikavaru poolest on olukord vastupidine. Automorfsetel muldadel ületab fütoproduktiivsus sama protsessi poolhüdromorfsetel muldadel. Orgaanikavaru poolest aga on esirinnas poolhüdromorfsete ja hüdromorfsete mullad. Automorfsete muldade orgaanikavaru (huumusevaru) erinevuste põhjusena kerkib juhtiva algtegurina esiplaanile mulla reaktsioon, mis omakorda mõjutab mulla mikroorganismide grupilist ja liigilist koostist. Olulise tegurina tuleb siin arvesse asjaolu, et süsivesikute, rasvade ja valkude aktiivseteks lagundajateks mullas on mikroseened (Voinova jt., 1986). Nende arvukus happelise reaktsiooniga leetmuldades on oluliselt suurem kui rähk- ja paepealsetes muldades (Lasting jt., 1966; Lasting jt., 1988), seniste uurimuste kokkuvõttes (Kask, 1996) 2...7 cm kihis grammi mulla kohta 15 ja grammi orgaanilise aine kohta 3 korda enam kui rähkmullas. Samades muldades on mullabakterite arvukuse vahet vastupidine: rähkmuldades on neid vastavalt 1,5 ja 7,7 korda rohkem.

Paepealsete ja rähkmuldade orgaanilise aine kõrge sisalduse põhjusena tuleb eeltoodu kõrval nimetada veel nende koreserikaste karbonaatsete muldade tugevat läbikuivumist põuastel suvekuudel (pärsib mullamikrobioloogilist tegevust) ning huumuse fraktsioonilise koostise omapära (Kask, 1970, 1975).

Orgaanikavaru suurenemine soostumisastme suurenedes on seletatav orgaanilise aine mineraliseerumise aeglustumisega seoses anaeroobsuse tugevnemisega, millega käib kaasas mulla mikroorganismide arvukuse oluline vähenemine ühiku (g) orgaanilise aine kohta (Kask, 1996). Samas suunas suureneb lagunemata ja poollagunenud orgaanilise aine osakaal mullas.

Mulla orgaanilise aine mõju mulla viljakuse mõjutajana on üldjoontes teada. Käesoleva artikli temaga seoses on kohane meenutada, et teiste tingimuste samaks jäämisel mulla viljakus suureneb orgaanilise aine varu suurenemisega mullas. See on üldine seaduspärasus, mis toimib kõikjal. Siinkohal on vaja aga rõhutada, et ühiku orgaanilise aine mõju fütoproduktiivsusele pole erinimeliste muldade piires ühesugune, mulla orgaaniline aine on koostiselt ja omadustelt suurtes piirides erinev substraat (Kask 1970, 1975). Teine oluline tõsiasi: mulla orgaanilise aine varu suured erinevused seostuvad mitmete teiste mulla karakteristikute muutustega (teatud amplituudis). Mõned neist mõjutavad mulla viljakust samas suunas kui orgaaniline aine (tuhaelementide sisaldus, mulla granulomeetiline koostis, põhjavee sügavus jm.), mõned aga vastupidises suunas (liigniiskus, liigne karbonaatsus, liigne koresesisaldus jm.). Tooduga seostub ka tuntud fakt (Kask, 1975, 1994): orgaanilise aine (s.h. huumuse) sisalduse ja A_{org} -horisondi paksuse (seostub orgaanikavaruga) suurenemisega ei kaasne kõikides mullakooslustes mulla viljakuse samaväärset suurenemist, mõningates kooslustes aga muutub mullaviljakus (fütoproduktiivsus) orgaanilise aine varu näitajale vastupidises suunas (Kh-, K-K₀-K₁ kooslustes).

Eeltooduga seletub ka tõsiasi, miks Lõuna-Eesti kamar-leetmuldadel levivate metsade hulgas on I ja II boniteediklassiga puistute osakaal suurem kui Põhja-Eestis (Eesti metsad, 1974), kus on ülekaalus suurema huumusevaruga mullad.

Kokkuvõte

1. Eesti mitteharitavate muldade organo-akumulatiivse horisondi (A_{org} -horisondi) orgaanikavaru keskmised näitajad on vahemikus 55...890 t/ha. Automorfsetes muldades orgaanikavaru keskmised näitajad vähenevad reas: tüüpilised kamar-karbonaatmullad (paepealsed ja rähkmullad) → leostunud- → ja leetjad kamar-karbonaatmullad → kamar-leetmullad. Keskmised näitajad on vahemikus 185...55 t/ha.

Poolhüdromorfsetes ja hüdromorfsetes muldades suureneb orgaanikavaru soostumisastme suurenemisega reas: gleistunud mullad → kamar-gleimullad → turvasjad gleimullad → turvastunud gleimullad → soomullad, keskmised näitajad on vahemikus 150...890 t/ha.

2. Orgaanikavarude suured erinevused eri muldades on tingitud mitte niivõrd orgaanilise aine mulda ladestumise erinevast ulatusest kui orgaanilise aine mineraliseerumise ja väljauhtumise erinevast intensiivsusest. Mitteharitavates muldades jätkub orgaanikavaru suurenemine. Automorfsetes muldades selle tempo aja jooksul seoses mulla mineraalosa degradatsiooniga väheneb, soostunud ja soomuldades seoses mulla mikrobioloogiliste protsesside aeglustumisega või soikumisega suureneb.

3. Orgaanikavaru määramisel on igal konkreetsel juhul vaja arvestada mulla peenese osakaalu mullamassis tervikuna. Eestis kõigub see vahemikus 0,5...100%. Vastav paranduskoefitsient orgaanikavaru leidmisel on 0,005...1,00.

Kirjandus

- Eesti metsad. – Tln., 1974. – 307 lk.
- Eesti NSV mullastik arvudes II. – Tallinn, 1978. – 80 lk.
- Eesti NSV mullastik arvudes III. – Tallinn, 1983. – 92 lk.
- Heinsalu A., Niine H., Veber K. Kultuuristamise mõju turvasmulla omadustele. – EMMTUI tead. tööd LXX, Saku, lk. 32...41, 1992.
- Kask R. Eesti NSV automorfsete muldade huumuse koostis. – EMMTUI tead. tööd XX, Tln., lk. 77...99, 1970.
- Kask R. Eesti NSV maafond ja selle põllumajanduslik kvaliteet. – Tln., 1975. – 358 lk.
- Kask R. Eesti muldade viljakus ja selle hindamine. – Agraarteadus, nr. 4, lk. 405...423, 1994.
- Kask R. Eesti mullad. – Tln., 1996. – 280 lk.
- Kask R. Orgaanilise aine mõjust mulla tihedusele. – Akadeemilise Põllumajanduse Seltsi toimetised 4, Tartu, lk. 21...24, 1997.
- Kask R., Bergert L., Heinsalu A., Põldoja A. Rähk- ja soostunud kamarmuldade omaduste muutumine seoses nende ülesharimisega. – Maaviljelus 29/88. Tln., lk. 28...36, 1989.
- Kask jt.: Каск Р., Бергерт Л., Хейнсалю А., Пыльдоя А. Изменение свойств дерново-карбонатной и дерново-глеевых почв в связи с их освоением. – Научн. Тр. ЭстНИИЗМ т. LXV, Таллинн, с. 154...166, 1989.
- Kask R., Hannolainen G., Bergert L., Põldoja A. Soostunud liiv-, liivsavi ja savimuldade omaduste muutumine uudismaal. – EMMTUI tead. tööd LXX, Saku, lk. 17...31, 1992.
- Kask R., Niine H. Kuumutuskadu mulla karakteristikuna. – Käsikiri. EMI. Saku, 1998.
- Kask R., Veber K., Bergert L. Eesti NSV automorfsete muldade koresesisaldus. – EMMTUI tead. tööd XLV, Tln., lk. 3...7, 1981.
- Kitse E., Leis R. Eesti haritavate muldade aktiivvee mahutavus, huumusevaru ja saagipotentsiaal. – Eesti Põllumajandusülikooli teadustööde kogumik 187, Tartu, lk. 65...76, 1996.
- Kõlli R. Ökosüsteemide fütoproduktiivsuse pedoökoloogiline analüüs I. Metsad. – Agraarteadus, nr. 1, lk. 39...60, 1991a.
- Kõlli R. Ökosüsteemide fütoproduktiivsuse pedoökoloogiline analüüs II. Põllu- ja rohumaad. – Agraarteadus, nr. 3, lk. 248...264, 1991b.
- Lasting V., Kaarli L., Gurfel D. Põhja-Eesti mullaerimite mikrofloora ja selle sõltuvus muldade kultuuristamisest. – EMMTUI tead. tööde kogumik VIII, Tln., lk. 7...69, 1966.

- Lasting jt.: Ластинг В., Каарли Л., Аасару М., Лайтамм Х. Микрофлора подзолистых и болотно-подзолистых почв южной Эстонии и ее зависимость от окультуривания. – Научн. Тр. ЭстНИИЗМ т. LXII, Таллинн, с. 55...79, 1988.
- Truu A., Veber K., Niine H. Soode kuivendamise ja kultuuristamise mõjust turvasmuldade omadustele ja soo arengule. – ЕММТУИ tead. tööde kogumik XVI, Tln., lk. 229...247, 1969.
- Voinova jt.: Войнова-Райкова Ж., Ранкова В., Ампова Г. Микроорганизмы и плодородие. – Москва, 1986. – 120 с.