

MULDADE LUPJAMISE MÕTTE JA LUPJAMISTÖÖDE ARENGUST EESTIS

E. Turbas

SUMMARY: *About the development of the idea of soil liming and liming practice in Estonia. Data are lacking on the beginning of soil liming in Estonia. It is known that in 1814 Baron P. R. Sivers started with long-time liming trials on his estates. Soils were advised to be limed on the grounds of experience and observation of fields. At the end of the 19th and beginning of the 20th century the content of lime determined by laboratory tests was recommended to be taken into consideration in the estimation of the needs of soils for liming. Specialized concepts such as soil reaction and liming of acid soils were formulated only in the 2nd and 3rd decades of the 20th century. At the end of 1930-ies overacid field soils were established in Estonia and the first reliable results were obtained in the liming experiments carried out on them.*

The liming of acid soils in Estonia was scientifically grounded by O. Hallik. He mapped all the Estonian cultivated soils with respect to their acidity, analysed more than 100 deposits of fresh water lime sediments in great detail, conducted a large number of liming trials and actively organized the liming of acid soils.

At the beginning of 1950-ies the liming of acid soils was more extensively started with meadow lime and lake lime. But soon, proceeding from experimental results the use of oil shale ashes was introduced. The boom in the liming of Estonian soils was the period from 1964 to 1989. Then lime fertilizers in powdered form were used: pulverized oil shale ashes and cement kiln flue dust applied according to the pneumatic liming technology. In this way more than 60 thousand hectares of land was limed annually. The most effective lime fertilizer in Estonia is cement kiln flue dust followed by powdered oil shale ashes, whereas the effect of meadow lime on the yields of field crops is considerably smaller. At the beginning of 1990-ies the liming of soils almost ceased. By the year 2000 liming practice has been restored to some extent. At present cement kiln flue dust and ground limestone are used for liming.

Lubiväetisi on maailmas kasutatud juba aastatuhandeid. Kuulsa rooma kirjaniku, loodusteadlase ja riigitegelase Plinius Vanema (elas I sajandil m.a.j.) poolt koostatud kompilatiivses entsüklopeedias "Naturalis historia" leidub traktaat merglist, milles kirjeldatakse kuut mergli tüüpi ja antakse juhendeid nende kasutamise kohta sõltuvalt mulla iseloomust. Pliniusse andmetel on merglit kasutatud muldade rikastamiseks Rooma impeeriumis ja Briti saartel (Gardner, Garner, 1954).

Esimesed andmed Eestist

Eesti muldade lupjamise kohta on teada, et 19. sajandi alguses korraldas Marna ja Heimtali mõisa omanik P. R. von Sivers (1826; 1843) oma mõisates juba pikaajalisi lupjamiskatseid. Need rajati 1814. aastal. Katsetes kasvatati rukist, otra ja kaera, mõnel juhul ka talinisu ja alates 1834. aastast ka ristikut, mis tol ajal oli isegi mõisates veel uus kultuur. Lubiväetisena kasutati kohalikku merglit, mis praeguste arusaamade kohaselt oli ilmselt nõrglubi. Merglit anti katsetes 1000 või 500 vakka vakamaale, mis teeb vast ca 160 ja 80 t/ha. Katsetes oli 3 varianti: sõnnik, mergel ja sõnnik+mergel kas täisnorm või pool normi. Need katsed kestsid 29 aastat ja merglit anti selle aja jooksul mõnes katses 3, mõnes 4 korda.

Nendes katsetes ei olnud kontrollvarianti, mis võimaldanuks välja tuua mergli mõju. Kuid mõisnik kiidab mergli head toimet ja ilmselt on tal selleks alust. Katseandmete põhjal andis oder tihti kõige suuremaid saake mergli variandilt. Ka olid sõnniku+mergli variandi saagid sageli suuremad kui ainult sõnniku variandilt. Nende katsete põhjal on mõisnik oma põlde lasknud lubjata ja soovitab ka teistel merglit kasutada.

Uurimistööd alustanud P. R. v. Siversi surma järel jätkas neid katseid tema poeg, kes lasi ka kaks mulla- ja kaks mergliproovi Tartus hr. Rochowil analüüsida. Katsepõllu kolm korda

lubjatud mulla künnikihis leiti olevat (komponentide nimetused toodud otseses tõlkes tänapäevale kohandamata): taimset ainet 11,0%, huumushapet 2,0%, raudasisaldavat savimulda 2,85%, süsihaput lupja 3,025%, magneesiumi 0,75%, silikaati 79,55%, kloori 0,36% ja naatriumi 0,24%. Harimata mullalt võetud proovis leiti süsihaput lupja 1,875%, magneesiumi aga ainult jäljed. Mergliproovide kuivaines leiti süsihaput lupja 30,0% ja 32,5% ning magneesiumi vastavalt 2,29 ja 4,935%, kuna valdava osa merglist moodustasid silikaadid.

Muldade lupjamisvajadust hinnati sel ajal visuaalselt umbrohtude liigilise koostise, kultuurtaimede kasvu ja mulla paakuvuse järgi. Juba ammu oli teada, et mulla lupjamine võib parandada kultuurtaimede kasvu ja suurendada nende saaki paljude aastate vältel, kuid lõpuks saabub siiski saakide langus. Ka P. R. v. Sivers (1826, lk. 61) meenutab tuntud saksa terminit *ausmergeln* (tühjaks mergeldama) ja arvab, et levinud sentents “Lupjamine teeb isad rikkaks ja pojad vaeseks” võib pärineda juba vanadelt roomlastelt. Siversite kartus, et kas pärast 3...4 lupjamiskorda enam tohibki lubjata, oli põhjendatud, sest mineraalväetisi veel ei kasutatud, sõnnikut anti napilt, lupjamine soodustas mulla orgaanilise aine lagunemist ja selle arvel ei saanud saakide suurenemine lõputult kesta.

Hiljem, 19. sajandi teisel poolel ja 20. sajandi alguses, peeti Saksamaal ja teistes arenenud riikides muldade lupjamise kriteeriumiks lubja sisaldust mullas. 1894. aastal pidas Liivimaa Üldkasuliku ja Ökonoomilise Sotsieteedi president E. von Oettingen (1894) põhjaliku ettekande muldade lupjamisvajadusest. Ta tutvustas oma ettekandes paljude, peamiselt Saksamaal korraldatud lupjamiskatsete tulemusi. Mõnes katses oli ristik andnud lupjamise mõjul isegi 100% enamsaaki, teravili tavaliselt paarikümne protsendi ümber. Lubimaterjali oli katsetes antud isegi kuni 10% mulla massist.

Oettingen teeb lõppjärelduse, et lupjamisele on väga tänuväärt mullad, milles on alla 0,25% lupja. Paljudel juhtudel olevat lupjamine häid tulemusi andnud ka muldadel, milles oli leitud 0,25...0,5% lupja. Millise lubja vormiga oli tegu ja kuidas seda mullas määrati, see Baltische Wochenschriftis toodud refereeringust ei selgu.

Oettingeni andmetel on Dorpati Kreisi (Tartu ümbruse) põllumuldade künnikihis keskel läbi 0,2% lupja, sügavamal aga rohkem. Ta soovib lubiväetist anda vakamaale tugeva lupjamise korral 70 hobusekoormat à 30 puuda, nõrga lupjamise korral aga poole vähem. Tänapäeva mõõtühikutes oleks see vastavalt 93 ja 46 t/ha, mis on liiga suured normid.

Ilmub juba eestikeelset kirjandust

20. sajandi alguses hakati eestikeelset põllumajanduslikku kirjandust süstemaatiliselt välja andma. Loodi Eesti Põllutöö-kirjanduse Ühendus, mis oli “...selle otstarbega asutatud, et häid ja odavaid põllumajanduslike sisuga raamatuid välja anda, mis selges Eesti keeles kirja pandud ja wankumata teaduslikele alusele rajatud on. Ühenduse liikmed on Eesti tuttawamad põllumajanduse ja karjapidamise tundjad, ning ühtlasi ka paremad kirjanikud nendel aladel. Ühendus loodab oma sisurikaste raamatute abil põllumehe teadmisi täiendada ning ametioskamist suurendada, mis kätte jõudnud suurte põllumajanduslike muutuste ajal mõõdapääsemata vajaduseks on saanud.” (Arro, 1913, tagakaane siseküljel.) Sellest lähtudes võib muu hulgas järeldada, et kogu 20. sajand on olnud Eesti põllumajandusele suurte muutuste ajaks.

Nimetatud ühenduse väljaandena nr. 2 ilmus populaarse põllutööinstruktoriga, Abja talupidajaga, hilisema riigitegelase Christjan Arro (1911) “Wäetamise õpetus”. Seal ütleb Arro lubja kohta, et kuigi see on tarvilik taimetoitainena, on tema tähtsus palju suurem maaparandusainena. Ta toob esile järgmisi lubja toimeaspekte.

1. Lubi kiirendab orgaanilise aine lagunemist mullas. Seejuures muutuvad orgaanilises aines leiduvad toitained lahustuvaks, aga tekkiv süsihape lõhustab ka mulla mineraalosiidid.
2. Lubi teeb mulla kohedaks, eriti kui suuremal määral on tarvitatud kainiiti või tšiiili salpeetrit.
3. Lubi hävitab kahjulikud happed, mis tekivad bakterite elutegevusel.

Chr. Arro nimetab ristikhena ja kaunviljade head kasvu mulla lubjarikkuse tundemärgiks, nälgheina aga lubjavaesuse märgiks, samuti nagu mulla paakumistki. Mulla lupjamisvajaduse esmase kriteeriumina soovib ta aga nn. keemisproovi, mida tänapäevalgi mulla väliuuringutes rakendatakse vabade karbonaatide olemasolu määramiseks. Ta kirjutab (lk. 72): “...on maa lubjarikas, siis hakkab ta, soolahapet ehk äädika ekstrakti pääle walades, keema,

kahisema; sisaldab ta väga vähe lubja, siis on kahisemine nõrk ja kuuldub seda ainult ülewalatud maad kõrva juurde pannes, kuna täiesti lubjawaese maa juures soolahape ja äädikas mingisugust kuuldavat muudatust ei sünnita.”

Lubjanormide kohta ütleb Arro (lk. 73): “Nõrgaks wäetuseks tuleb kustutatud lubja juures 10–20 puuda, ja tugewaks wäetuseks 30–50 puuda Riia wakamaa kohta nimetada. Kustutamata lubja wõetagu poole vähem.” Toodud arvud vastavad 0,44...0,89 ja 1,33...2,21 t/ha. Mergli kohta ütleb autor, et seda võib suuremal määral tarvitada, sest ta mõjub aeglasemalt, ja toob arvud, mis vastavad 22...55 t/ha.

1915. aastal ilmus trükist teaduskraadiga mehe August Jürmanni raamat “Lubi ja teised maaparanduse ained”. Pealkirja all “Millal on maa lubjawaene?” käsitleb ta kõigepealt lubja eemaldamist saakidega ja seejärel väljaleostumist. Ta ütleb (lk. 44): “Lubi wäheneb aga maa sees weel seeläbi, et wesi osa temast ära sulatab, maa põhja uhub ehk teise paika kannab. Nõnda on torukraawide wett uuritud ja leitud, et nende kaudu lubja umbes 20 puuda dessätinilt ära wiiakse. Weel wähendab lubja kunstsõnniku tarwitamine.”

20 puuda tessatinilt on 300 kg/ha. Selles suurusjärgus väljauhtumist on ka hiljem leitud. Ja et mineraalväetiste tarvitamine kaltsiumi kadu mullast suurendab, see on tänapäevaks paljukordselt tõestamist leidnud.

Jürmann ütleb, et raskem maa peab vähemalt 0,3% ja kergem maa 0,2% lubja sisaldama, ja kui seda on vähem, siis tuleb tingimata lubjata. Lihtsamatest viisidest soovib autor mulla lupjamisvajadust määrata üldtuntud keemisproovi abil. Veel nimetab ta lubjawaese maa tunnuseks hapuoblikat ja nalgheina, samuti seda, kui maa on plink ja viletsate füüsikaliste omadustega. Lubja soovib Jürmann anda kogustes, mis vastavad 1...5 t/ha. Et tagada umbes 0,3% lubja mullas, peab ta vajalikuks lupjamist iga 4...6 aasta järel korrata. Kõige sobivamaks peab Jürmann lubjata külvikorras enne kõrsvilja kasvatamist, iseäranis seemnevilja kasvatamise korral, või kui tehakse ristikeina allakülv. Sobivaimaks peab ta lubja või mergli andmist sügisel kuiva ilmaga ja kohe kuiva mulda sisse äestamist.

Eeltoodus on paljugi tänapäeval aktsepteeritavat, kuid suures osas on vanem kirjandus kuidagi nagu arhailine, liiga kauge tänapäeva mõttemaailmast. Aga ongi ju nii, et vanema kirjanduse mõistmiseks tuleb end mõtelda tagasi sinna aega, nendes tingimustes, millal teos kirjutati. Tuleb arvestada fooni ehk tausta, tagapõhja.

Sajand või paar tagasi olid kasutusel hoopis teised mõõtühikud, teaduslik-tehniline tase oli palju madalam, põllumajandus algelisem. Miks oli juttu ikka lubjast, mitte kaltsiumist? Aga lubi oli ju väga ammu tuntud ja päris tavaline aine. Lubja kasutati pea igas peres seebi keetmisel, hoonete ehitamisel ja remondil. Juba meie kaugetel esivanematel oli lubi kindlusemüüride ehitamisel hinnatud sideaine. Puhast kaltsiumi oleme tänapäevalgi näinud vast ainult koolis keemiatunnis, seda hoitakse petrooleumis, sest ta reageerib kergesti paljude ainetega. Tuleb arvestada sedagi, et kaltsium ja magneesium avastati alles 1808. aastal. Aga kulus veel palju aega, enne kui saadi andmeid kaltsiumisisaldusest looduslikes objektides, tema osast mullas, taimedes, inimeses jne.

Tekib mulla happesuse mõiste

Veel mõned pidepunktid mõistmaks tausta. Elektrolüütilise dissotsiatsiooni teooria töötas rootsi teadlane Svante August Arrheniuse välja ja avaldas trükis 1880-ndatel aastatel. Sümboli pH võttis taani biokeemik Sören Peer Lauritz Sörenson kasutusele aastal 1909.

Kuulsad monograafiad, mis rajasid teed mulla happesuse mõistmisele ja happeliste muldade teadlikule lupjamisele, ilmusid veelgi hiljem: K. Gedroitsi “Учение о поглотительной способности почв” aastal 1922, O. Arrheniuse töö “Lime requirement – soil acidity” 1926, H. Kappeni “Die Bodenazidität” 1929.

1923. aastal ilmus tuntud agronoomi ja riigitegelase Johannes Lehtmani raamat “Wäetisõpetus. Tarwitamiseks põllutöökooskoolidele ja tegelikkudele põllumeestele”. Tsiteerin (lk. 98): “Selle kohta, kui palju maapind just lubja peab sisaldama, lähewad arwamised lahku. D. Meyer arwab maapinna küllalt lubjarikkaks, kui raske maa 0,65%, ja kerge maa 0,33% lubja (CaO) sisaldab. Need arvud on ka küllalt suured. Kui lubja hulk maapinnas juba 0,1% peale langeb, siis ei kaswa niisuguses maas enam ristikein. Maad, kus 0,1–0,3% lubja on, rahuldawad kultuurtaimede nõudmisi juba täiesti.” Lubjanormi Lehtman ei anna, kuid ta

käsitleb ka merglit ja ütleb, et tavaliseks mergli hulgaks on 600...2000 puuda tessatini kohta, (s.o. ligikaudu 10...30 t/ha).

Lehtman soovitas muldade lupjamiseks kasutada ka põlevkivituhka, sest põlevkivi oli juba kaevandama ja kasutama hakatud. Ta kirjutab põlevkivituha kohta (lk. 102): *“Nagu tuha analüüs näitab, ei sisalda ta küll muid põllumehele tarvilikke aineid kui lupja. Lubja sisaldawus kõigub 22–38% CaO (50–85% CaCO₃).”* Ta pidas põlevkivituha perspektiivseks lubiväetiseks, sest: *“Hakatakse meie raudteel põlewat kiwi tarwitama, siis on sellega igas jaamas põllumehele põlewkiwi tuha ladud awatud ja wõib lubja wäetist, kui mitte ainult ärawedamise eest, siis ometi päris odawate hindadega saada.”*

1927. aastal ilmus sellesama raamatu teine trükk, mis on parandatud ja täiendatud kaasautoriks võetud mehe Karl Liidemani poolt (tema nimi oli 1936. aastast Kaarel Liidak – väljapaistev põllumajandustegelane ja -poliitik). Liideman on muldade lupjamise osasse viinud sisse kvalitatiivseid muudatusi. Ta on toonud raamatusse mulla happesuse mõiste ja lisanud alapealkirja “Mulla reaktsioonist”. Ta kirjutab (lk. 19): *“Mulla reaktsioon on uemal ajal rohkesti tähelepanu endale tõmmanud. Nimelt on leitud, et paljud kultuurmullad kahjuliku happesuse tõttu täit saaki ei anna. Happesuse häwitamiseks on juba wanast hallist ajast lupjamist tarwitatud, ehkki mitte selle teadlikkusega, kui praegu. Praegu on mulla happesuse kraadi määramiseks meetodid leitud, nende abil püütakse lupjamist nii juhtida, et see mullas soowitud reaktsiooni jätaks...”*

Liideman annab hea ülevaate mulla happesuse olemusest ja kujunemisest, seletab ära pH mõiste ja määramise võimalused, käsitleb taimede ja mulla reaktsiooni vahekorda, esitab ka füsioloogiliselt happeliste ja füsioloogiliselt aluseliste mineraalväetiste mõisted ja toob Saksamaa Katseasutuste Liidu poolt vastu võetud soovituselise lubjanormide kohta sõltuvalt mulla pH-st.

Refereerides H. Kappeni, O. Arrheniuse, G. Daikuhara jt. kirjutisi, toob K. Liideman eestikeelsesesse kirjandusse ka asendushappesuse ja hüdrolüütilise happesuse nimetused. Mainides küll tunnustavalt D. Meyeri tähelepanekuid lupjamise toime seosest lubjasisaldusega mullas, jõuab K. Liideman järeldusele, et mullas leiduva lubjasisalduse järgi pole võimalik mulla lubjatarvet määrata.

Liideman rõhutas ka lubjatud muldade parema väetamise vajadust. Eelnenud sajanditel, mil lubjati ka neutraalseid muldi ja mineraalväetisi ei kasutatud üldse (esimene kaalisoola kaevandus maailmas rajati ju alles 1860-ndatel aastatel), oli levinud väide, et lubi teeb isad rikkaks ja pojad vaeseks. Mulla lupjamine soodustas orgaanilise aine lagunemist ja aitas seeläbi mulla välja kurnata. Liideman rõhutas kuulsa saksa mullateadlase Ramanni väidet, et vajaliku väetamise korral *“...lubi teeb isad rikkaks ja ka pojad rikkaks”* (Lehtman, Liideman, 1927, lk. 128). Eriti rõhutas Liideman kaaliumväetise kasutamise vajadust lubjatud muldadel.

K. Liideman on korduvalt juhtinud tähelepanu ka põlevkivituha kui võimalikule lubiväetisele Eestis. Avaldades Riigi Põlevkivitööstuse andmed põlevkivituha keemilise koostise kohta, leiab ta, et põlevkivituhk on ligikaudu madalsooturba tuha vääriline ja peab seda sobivaks kasutada mergli asemel (Liideman, 1925). Hiljem nendib K. Liideman (1930, lk. 39), et *“lupjamise tugevus on veel kindlamalt selgitamata”*. Ja soovib talunikel korraldada lubimaterjalidega ja ka mineraalväetistega põldkatseid või vähemalt rajada vaatluslappe. Muu hulgas ta kirjutab: *“Õlikivituhas on lupja ca 30% ümber, umbes nagu mergliski. Selle kõlblikkust peaks meil proovima raudteejaamade ligiduses, kus seda rohkesti saadaval,”* sest vedurite katlaid oli hakatud kütma põlevkiviga.

Eesti mees tegi esimese tõsiteadusliku happelise mulla lupjamise katse Ameerikas

Mulla happesuse teadvustamisel Eestis on väga suuri teeneid Anton Nõmmikul – põllumajandusliku kõrgharidussüsteemi ühel kujundajal vastloodud eesti õppekeelega Tartu Ülikoolis, Eesti esimese mullastikukaardi koostajal. Ta oli nooruses umbes 18 aastat elanud ja töötanud Venemaal. Seal oli ta omandanud hariduse ja töötanud Venemaa mullastikukaardi koostamisel. 1918. aastal kutsuti ta Eestisse Põhja-Eesti põllutöökooli looma, kuid juba 1920. aastal pakuti talle Tartu Ülikooli juurde põllumajanduskeemia ja mullateaduse õppetooli juhataja kohta, mille ta ka vastu võttis (Turbas, Tarandi, 1988).

1925. aastal lähetati Tartu Ülikooli mullateaduse ja agrikultuurkeemia õppetooli juhataja ning põllumajandusteaduskonna dekaan Anton Nõmmik arengumaid toetanud organisatsiooni "International Education Board" vahendusel Rockefelleri fondi stipendiaadina Ameerika Ühendriikidesse ennast täiendama. Seal ta korraldas Rutgersi ülikooli juures New-Jersey põllumajanduslikus katsejaamas mahuka nõukatse, mille üheks eesmärgiks oli uurida lubjakivijahu mõju mulla reaktsioonile ja odra saagile.

Katse mulla pH oli 3,95, kuid see pärines ühelt katselapilt, kuhu kunagi varem oli külvatud väävlit ja uuritud selle üleminekut väävelhappeks. Seega oli tegemist kunstlikult hapustatud mullaga. Lubiväetist anti katses mitte mulla happesusest lähtudes – ilmselt ei olnud selleks veel piisavalt teadmisi –, vaid teatud protsent mulla massist. A. Nõmmiku nõukatsetes olid järgmised lubjanormid: 0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6 ja 0,8% CaO kuiva mulla massist, kuid antud lubjakivijahuna. Katseperioodi jooksul määrati mitmel korral mulla pH ja teisi näitajaid. Katseandmete ja vastava kirjanduse põhjal vormistas A. Nõmmik väitekirja, mille kaitsmise tulemusena omistati talle 1926. a. juunis teaduslik kraad *Master of sciences*. See töö on avaldatud ka Tartu Ülikooli toimetistes (Nõmmik, 1929).

Eesti jaoks oli kõige tähtsam see, et Anton Nõmmik töötas USA-s läbi suure hulga muldade happesust ja lupjamist käsitlevat kirjandust ning õppis määrama mulla pH-d ja liikuva alumiiniumi sisaldust. Naasnud Eestisse, selgitas ta ajakirjas "Agronoomia" väga põhjalikult mulla happesuse olemust, agronoomilist tähtsust, muutumise põhjust ja eriti üksikasjalikult mulla pH määramise erinevaid viise. Need kirjutised ilmusid järgneva loona ajakirja kokku seitsmes numbris üldmahuga 112 ajakirja lehekülge (Nõmmik, 1927; 1928). See on kõige pikem ja põhjalikum mulla reaktsiooni käsitus eesti keeles, kuid selles selgitatakse lühidalt ka mulla asendushappesust ja hüdrofüüsilist happesust.

A. Nõmmik alustas ka Eesti muldade reaktsiooni selgitamist ja lupjamiskatsete korraldamist. "*Lubja mõju selgitamist alustati Agrikultuurkeemia Katsejaamas katkendlikult juba 1923. a., kuid pidevamaid uurimisi Eesti mullastiku reaktsiooni ja mulla lupjamise suunas alustati 1927. a. Algul katsetati saada andmeid üldse Eesti mullastiku reaktsiooni üle. Selleks otstarbeks mullaproovide kogumiseks sooritati reise nii Lõuna- kui ka Põhja-Eestisse. 1928. a. rajati lubja mõju selgitamiseks katsejaamas pidevaid katseid... Agrikultuurkeemia katsejaama maa-ala lubjaseisund on võrdlemisi rahuldav, mistõttu katsejaama mulla lupjamine on seni andnud vaid väheseid positiivseid tulemusi.*" (Lühikokkuvõtteid..., 1946, lk. 4.) A. Nõmmik ei leidnud liiga happelise mullaga põlde ja kaldus arvama, et Eestis ei olegi lupjamist vajavaid põllumuldi (Mets, 1929; Hallik, 1965).

On säilinud põldkatsete päevik koos katseandmetega aastast 1933. Päevikust selgub, et sel aastal korraldati õppetooli abiga põllukultuuride väetuskatseid ümberkaudsetes taludes. Muu hulgas korraldati Raadi, Luunja ja Ropka valla kuues talus ka ristiku väetuskatse lubja ja kipsisiga. Need külvati esimese kasutusaasta ristikule mai esimesel dekaadil, seega ristiku teisel kasvuaastal. Kuuest katsest kolm jäeti koristamata, sest hein oli saagi arvestamiseks liiga nigel. Kolmes katses saadi kipsi mõjul enamsaaki, lubja mõjul aga mitte.

Ilmselt ei osatud veel arvestada asjaolu, et lubja (õigemini kaltsiumioonide) liikuvus mullas on väike, mistõttu tuleb lubiväetis anda enne seemne külvi ja mullaga segada. Ka on taimed mulla happesuse suhtes kõige tundlikumad noores kasvueas, seetõttu võib ristik teiseks kasvuaastaks liigse happesuse tõttu juba hävinud olla.

1939. a. alguses ilmus ajakirjas "Agronoomia" Osvald Halliku pikem artikkel, milles ta tõi esile põhjamaades ja Saksamaal viimastel aastakümnetel muldade happesuse kohta tehtud uurimuste tulemusi, milles veenvalt näidati taimekasvu, aga ka asotobakteri esinemise seotust mulla happesusega. Taanis, Rootsis, Soomes ja Saksamaal oli juba määratud tuhandete mullaproovide pH ja leitud rohkesti tugevasti happelisi muldi ka põllualadel.

1930-ndatel aastatel pakuti Eesti talupidajatele võimalust lasta oma mullaproovide happesust määrata tasuta Tartu Ülikooli agrikultuurkeemia laboratooriumis. Riigi Põllumajandusliku Katseinstituudi organiseerimisel alustati muldade väetustarbe ja happesuse määramist ka Kuusikul. O. Hallik (1939) informeerib, et 1938. a. oli mullaproove saanud Tartusse suuremal arvul ja paljudel neist oli osutunud happesuse suureks.

Agronoom B. Martin (1940) teatab, et ta oli oma Abjas asuva talu põldudel saatnud Kuusikule analüüsimiseks 131 mullaproovi ja tervelt 46% nendest oli olnud pH-ga 4,2...4,5. Ka naabertalude mullaproovide happesus oli olnud suur. B. Martin oli katseinstituudi palvel ja juhtnööride kohaselt korraldanud oma talus ka lupjamiskatse söödapeediga. Katse mulla pH

oli 4,6, lubjanorm 5 t/ha CaO ja mõnes katsevariandis anti ka booraksit. Söödapeedi juurikate saak suurenes mulla lupjamise mõjul 2...2,5 korda, kuid lupjamine põhjustas üle 60% juurikate nakatumise südamikku kuivmädanikku. Boorväetise lisamine vähendas mädanikku nakatumise paarile protsendile. Samalaadne katse oli korraldatud söödapeediga ka Paistus ja Holstres, kus oli samuti saadud olulisi tulemusi.

Osvald Hallik viis Eesti muldade lupjamise teaduslikele alustele

Seega oli muldade happesuse määramine ja happeliste muldade lupjamine muutunud aktuaalseks probleemiks ka Eestis ja 1939. a. kuulutas Tartu Ülikool välja M. Wühneri nimelise auhinnatöö teemal “N maakonna lubjaseisund”. Tollane põllumajandustudeng keemiamagister Osvald Hallik võttis selle oma teise magistratöö teemaks, kogus aastatel 1939 ja 1940 Valgamaal üle 1600 mullaproovi, neist 1223 põllualadelt. Proovide analüüsimisel selgus, et 23,5%-l põllualade künnikihist võetud proovidest oli pH_{KCl} alla 4,6 ja 51,8%-l oli pH_{KCl} 4,6...5,5 (Hallik, 1941).

O. Hallik tunnetas Valgamaal alustatud töö suurt majanduslikku tähtsust ja jätkas Lõuna-Eesti muldade happesuse kaardistamist ning alustas kohalike magevee-lubisetete – nõrglubja ja järvelubja – varude väljaselgitamist. Täishoo sai see töö pärast sõja lõppu, mil uurimistöösse lülitus veel abijõude ülikooli mullateaduse ja agrokeemia kateedrist, mille juhataja O. Hallik oli, ja vastloodud Põllumajanduse Instituudist, kus O. Hallik töötas kohakaasluse korras.

Juba 1947. aastal valmis O. Hallikul Lõuna-Eesti põllumuldade reaktsiooni, lubjatarbe ja magevee-lubisetete leiukohtade kaart ning doktoritöö “Lõuna-Eesti põllumuldade lubjasus ja kohalike magevee-lubisetete tähtsus selle reguleerimisel”. Kokkuvõttest selgus, et 54,5%-l Lõuna-Eesti põllumuldadest oli pH_{KCl} alla 5,6 ja vajas välisriikides üldlevinud seisukohtade kohaselt lupjamist. Mittehappelisi muldi oli Lõuna-Eestis ainult 18,6%. Selles töös käsitletakse veel Lõuna-Eesti maakondade ja valdade lubjabilanssi ja esitatakse konkreetseid lupjaskavad valdade lõikes. Tuuakse 108 kohaliku lubjalasundi kohta pindala, kattedekihi tusedus ja lubimaterjali kihi tusedus ning leelisuus. On antud ka lasundi täpne asukoht, lubimaterjali kogus ja $CaCO_3$ varu. 27 parima lasundi kohta on toodud isegi detailsed plaanid. Uuritud lubjalasundite varud moodustasid kokku 18,45 mln. t $CaCO_3$, mis oli 7,2 korda rohkem, kui Lõuna-Eesti põllumuldade lupjamiseks vaja oleks olnud (Hallik, 1948).

Mulla happesuse kaardistamist laiendati ka Põhja-Eestile. Rohkem kui 11 000 mullaproovi analüüsiandmete põhjal koostas O. Hallik kogu Eesti põllumuldade pH-kaardi mõõdus 1:400 000, mis mastaabis 1:1 000 000 ilmus 1950. aastal ka trükituna kleebise kujul raamatus “Põllumuldade lubjasus ja nende lupjamise tähtsus Eesti NSV-s”. Kokkuvõttest selgus, et kogu Eesti põllumaast vajas lupjamist 40%, kuid eri piirkondades oli pilt suuresti erinev.

Osvald Hallik korraldas ka hulgaliselt lupjaskatseid. Aastatel 1946...1949 rajati peamiselt Kagu-Eestis 26 põldkatset lubiväetise optimaalse normi selgitamiseks. Osa katseid langes arvestusest välja, kuid 18 põldkatses arvestati saaki 2...9 aasta vältel. Kõige suuremaid enamsaake andsid lupjamise toimel oder, talinisu, põldhein ja söödapeet, kuna rukis, kaer, suvinisu ja kartul reageerisid lupjamisele nõrgemini. 97 saagiaasta keskmisena saadi mulla künnikihi hüdrolüütilise happesuse alusel antud lubiväetise poole normi toimel enamsaaki 295 sü/ha, täisnormi toimel 349 ja topeltnormi toimel 401 sü/ha aastas. Seega olid lubiväetise väiksemad normid küll suhteliselt efektiivsemad, kuid majanduslik kalkulatsioon näitas, et ka täis- ja topeltnorm olid tol ajal hästi tasuvad.

Alates 1947. aastast viis O. Hallik (1965) läbi ka erinevate lubiväetiste võrdluskatseid. Nendes osutusid põlevkivituhk ja turbatuhk tavaliselt paremaks nõrglubjast, järvelubjast ja puhtast kaltsiumkarbonaadist või kaltsiumoksiidist. Eriti avaldus see peetide ja kartuli juures. Tavaliselt andis põlevkivituhk mitukümmend protsenti suuremat enamsaaki kui nõrglubji. Seetõttu hakkas O. Hallik kohalike lubisetete asemel innukalt propageerima põlevkivituhha kasutamist muldade lupjamisel.

O. Halliku (1965) nõukatsetes selgus, et kultuurid omastavad põlevkivituhast kaltsiumi, kaaliumi, väävli ja magneesiumi, ei saa aga kätte fosforit. O. Halliku aspirant H. Kärblane (1956) leidis, et turbatuhast saavad taimed peale kaltsiumi, kaaliumi, väävli ja magneesiumi kätte ka fosforit. Tema põldkatsetes suurendas happeliste muldade lupjamisel turbatuhk saaki märksa rohkem kui nõrglubji ning turbatuhk suurendas saaki ka neutraalsetel muldadel.

Põlevkivituhas leidub mikroelemente, nende hulgas ka boori, mille puudus põhjustab peetidel südamiku kuivmädanikku. Ühekülgse lubiväetisega lupjamine vähendab mullas leiduva boori kättesaadavust taimedele ja võib järsult suurendada peetide haigestumist südamiku kuivmädanikku. Mulla lupjamilisel põlevkivituha peetidel südamiku kuivmädanikku ei esine. O. Hallik (1965), uurinud nõukatsetes lähemalt boori ja molübdeeni osatähtsust muldade lupjamilisel põlevkivituha, jõudis järeldusele, et põlevkivituha suurema efektiivsuse peamiseks põhjuseks ei saa olla temas sisalduvad mikroelemendid, vaid ilmselt on tegemist põlevkivituha komponentide koostoimega.

O. Hallik (1965) tegi kindlaks, et erinevatest ettevõtetest ja tuhamägedest võetud põlevkivituha proovid andsid lupjamiliskatsetes neutraliseerimisvõime alusel antuna praktiliselt võrdseid tulemusi, sõltumata tuha koksisisaldusest. Isegi õli- ja gaasivabrikutest saadud "poolkoks" suurendas saaki.

Oma viimastes nõukatsetes pööras O. Hallik tähelepanu tolmpõlevkivituha kaaliumi osatähtsusele happeliste muldade lupjamilisel. Lõppjäreldus oli järgmine (Hallik, 1965, lk. 212): *"Viiel erineval mullal 7 kultuuriga korraldatud nõukatsetest järgneb range seaduspärasus. Juhul kui mingi kultuur mistahes mullal ei reageeri kaaliväetisele, on tolmpõlevkivituha eeliskõrglubiaga võrreldes väike või puudub üldse. Neil juhtudel aga, kus kultuur reageerib kaaliväetisele positiivselt, on ka tolmpõlevkivituha toime suurem kui nõrglubiaga."* Kuid tolmpõlevkivituha kasutamine ei kaotanud kaaliumväetise vajadust: *"...kõikidel neil juhtudel (ja ainult neil juhtudel), kui kultuurid kaaliväetisele positiivselt reageerivad, annab kaaliväetis ka tolmpõlevkivituha foonil märgatavaid enamsaake."* (Lk. 212.)

O. Hallik oli väljapaistev teadlane, kuid ta oli ka muldade tegeliku lupjamise initsiaator ja energiline organisaator. Et detailsed lubjatarbekaardid veel puudusid, lasi ta alates 1949. a. suvest agronoomiateaduskonna II kursuse üliõpilastel võtta oma kodumajandi põldudelt kuni 300 mullaproovi, need kateedris analüüsida ja koostada saadud andmete põhjal kursusetöö ning vajaduse korral ka mullareaktsiooni kaart. Ta kohandas 1950-ndate aastate alguses lihtsa meetodi mulla pH määramiseks universaalindikaatori abil otse põllul, lasi suuremal hulgal valmistada universaalindikaatorit ja jagas seda muldade lupjajatele kasutamiseks. O. Hallik oli ka Kuusiku väetistarbe laboratooriumi loomise üks organisaatoreid. Seal tehtud analüüside põhjal hakati majanditele valmistama fosfor- ja kaaliumväetiste tarbe kaartide kõrval ka lubjatarbekaarte.

O. Halliku sagedased esinemised raadios, koosolekutel ja konverentsidel, tema rohked artiklid ja raamatud avardasid rahva teadmisi mullast ja kujundasid arusaama happeliste muldade lupjamise vajalikkusest. Tema kontaktid plaani- ja valitsusorganitega aitasid luua abinõusid lupjamistööde läbiviimiseks. Nii loodi lubilasundite erifond, valmistati paremad lasundid ette lubiväetiste väljaveoks, 1953. aastal hakati lubiväetisi vedama kahe riikliku autokoloni abil, 1960. a. valmis Põlva raudteejaamas estakaad põlevkivituha vagunite tühjakslaadimiseks jne.

Meie muldade lupjamise alase uurimistöö tulemusi ja happeliste muldade lupjamise kogemusi tutvustas ka Tallinna kinostuudios 1954. a. valminud populaarteaduslik film "Põlevkivituha happeliste muldadele" ja Moskva kinostudio 1955. a. film "Efektiivsed lubiväetised".

Professor Osvald Hallik oli väga produktiivne kirjamees. Tema arvukate artiklite ja raamatute bibliograafia on ilmunud trükis (Vares, 1986; 1996). Oma lupjamilase uurimistöö tähtsamad tulemused jõudis O. Hallik veel ise kokku võtta oma viimases monograafias (1965). Tema teadustööst on kirjutatud ka mõningaid ülevaateid (Turbas, 1966b; 1985; 1996a).

O. Hallik lahkus meie hulgast 3. detsembril 1964 – aastal, mis kujunes murranguliseks Eesti happeliste muldade lupjamise alal. 1964. a. talvekuudel tegid meie mehhanisaatorid Saksamaa eeskujul esimesi katsetusi tsemendiveo tsisternautode kasutamiseks Kunda tsemenditehases koguneva klinkritolmu – see oli katsepõldudel osutunud väga perspektiivseks lubiväetiseks (Turbas, 1964) – laadimiseks ja põllule laotamiseks suruõhu abil. See töö kandis vilja ja juba 1964. aastal veeti tsisternautodega põllule ja laotati pneumaatilisel teel 92 000 tonni tolmpõlevkivituha ja klinkritolmu.

Tolmpõlevkivituha lupjamine oli juba algusest peale täielikult mehhaniseeritud. Kuid nõrglubiaga ja tükkpõlevkivi põletamisel saadud nn. restpõlevkivituha lupjamilisel oli vaeva palju. 1950-ndatel ja isegi 1960-ndate aastate alguses laotati neid suurelt jaolt käsitsi kas traktori järel veetavalt plaadilt või isegi otse veokist. Inimesed ei jõudnud päevad läbi

labidatäisi suure kaarega laiali visata ja libistasid varsti lubiväetise lihtsalt üle plaadi serva maha. Laotamise kvaliteet oli halb ja hektarile kulus isegi kümneid tonne lubiväetist. Vahel oli ka lubiväetis nii märg, et koormast nirises vett maha.

Restpõlevkivituhk ja nõrglubi veeti enamasti põllule hunnikutesse ja laotati hiljem. Hunnikutes lubiväetis niiskus, külmus, paakus. Kevadel kasutati vahel lubiväetise purustamiseks linttraktorit (sellega sõideti paakunud väetisest üle) ja laotamiseks buldooseri, kuid tulemus ei olnud kaugeltki rahuldav. Seepärast laotati 1964. a. jaanuaris 3000 tonni resttuhka ammoniidiga õhkimise teel. 1966. a. detsembris ja 1967. a. märtsis katsetati Halliste sovhoosis uuesti õhkimisega laotamist, kusjuures uuriti tuhahunnikute suuruse, paigutuse, ammoniidi koguse ja paigutuse mõju (Juhendmaterjale..., 1969). Rahuldavaid tulemusi ei saadud. Ka mitme külviku või laoturi katsetamine ei andnud loodetud tulemusi.

Lõpuks osutus restpõlevkivituha laotamisel sobivaks "Eesti Põllumajandustehnika" töökojas sõnnikulaoturist RPTU-2 ümber ehitatud laotur. Happelisi muldi hakkasidki restpõlevkivituha ja nõrglubjaga lupjama "Eesti Põllumajandustehnika" koondiste kompleksbrigaadid, mis varustati vastava tehnikaga. Töö kvaliteet paranes tunduvalt.

Eesti Maaviljeluse ja Maaparanduse Teadusliku Uurimise Instituudi juurde loodi 1964. aastal lupjamistehnoloogia laboratoorium, mis aitas täiustada kogu muldade lupjamise organisatoorset ja tehnilist külge, kuid mille esmaseks ülesandeks sai tolmjate lubiväetiste veoks ja laotamiseks kohase pneumaatikal põhineva tehnika ja tehnoloogia täiustamine ja arendamine. Uus industriaalne lupjamistehnoloogia võimaldas kiiresti lupjamistöde mahtu mitmekordistada ja on kasutatav käesoleval ajalgi. Et uus tehnoloogia oli odavam ja ratsionaalsem, lõpetati Eestis nõrglubja kasutamine 1967. a. ja restpõlevkivituha kasutamine 1971. aastal.

Katsed jätkusid

1964. aastal rajati O. Halliku juhendamisel ka rida uusi lupjamiskatseid. Nõukogude Liidus oli alanud põllumajanduse kemiseerimise kampaania, kuid mineraalväetised ei pääse liiga happelistel muldadel lupjamata täiel määral mõjule. Seepärast eraldati raha lupjamisalase uurimistöö tõhustamiseks. Uued põldkatsed rajati Põlva, Tartu, Viljandi ja Paide rajooni majanditesse lupjamise efektiivsuse selgitamiseks erinevatel väetusfoonidel, samuti klinkritolmu ja tolmpõlevkivituha liikide ning nendest valmistatud graanulite toime võrdlemiseks, restpõlevkivituha ja nõrglubja efektiivsuse võrdlemiseks tolmpõlevkivituha efektiivsusega, aga ka tolmjate lubiväetiste toime selgitamiseks lubjarikastel muldadel. Hiljem kujundati osa katseid ümber korduslupjamise katseteks, milles selgitati järgnevate lupjamiste vajadust varem lubjatud mullal, aga ka esmakordse lupjamise kestvust saakidele ja mulla omadustele, ainete mullast väljaleostumise ulatust ning mõningaid muid mulla lupjamisega seotud küsimusi.

Nende ja ka meie hilisemate lupjamiskatsete korraldamises on aastate jooksul osalenud mitmed teadlased, neist kestvamalt O. Halliku õpilased Valter Hiis, Endel Turbas ja Paul Kuldkepp ning nooremad mehed Ervi Lauk ja Rein Haak. Nad on katsetes saadud tulemusi käsitletud paljudes kirjutistes. On ilmunud ka mõned ülevaated (Turbas, 1969b; 1992b; 1996a; Turbas, Lauk, 1982). Käesolevas teeme ainult põgusa kokkuvõtte tulemustest.

Tolmpõlevkivituha püüti alguses vedada ja laotada lahtiste masinatega nagu restpõlevkivituha ja nõrglubja, kuid need taotlused ebaõnnestusid täielikult, sest peen ja kuiv tolm-tuhk voolas pragude kaudu masinatest välja ja ka tolmas kõvasti. Väljapääsu otsiti granuleerimisest. Peeti plaani ehitada Kunda tsemenditehase juurde klinkritolmu granuleerimise tsehh ja granuleerida ka ehitatava Eesti Soojustelektijaama tolmpõlevkivituha.

1964. a. veebruaris valmistati Leningradis üleliidulise tsemenditööstuse instituudi katsetehases "Giprotsement" tolmpõlevkivituha ja klinkritolmu graanulite proovipartiid. Kokku 25 marki graanuleid saadeti Eesti Põllumajanduse Akadeemia mullateaduse ja agrokeemia kateedrisse lupjamiskatsete korraldamiseks. Sooviti teada graanulite optimaalset suurust ja tugevust.

O. Hallik rajas 1964. a. kevadel graanulimarkide erinevate fraktsioonidega nõukatsed. Graanulitega rajati ka põldkatseid. Esimesel aastal jäi graanulite mõju tunduvalt maha tolmu mõjust, kuid lõppjärel oli veel vara teha, sest lupjamise mõju kestab palju aastaid. Siiski nõuti meilt juba 1965. a. veebruaris lõplikku otsust põllumajandusele valmistatavate tolmpõlevkivituha graanulite optimaalse suuruse ja tugevuse kohta. Otsuse langetamine oli seda raskem, et O. Hallik (1965) suhtus graanulitesse lootusrikkalt ja 1964. a. oktoobris kirjutas

järelepärimisele mitte küll päris lõplikus vastuses: “*Graanulite optimaalseks suuruseks tuleks pidada 1...3 mm.*”

1965. a. märtsis andsime lõpliku vastuse, et lubiväetisena kasutamiseks ei ole üldse otstarbekas tolmpõlevkivituhka granuleerida. Katsete jätkamine näitas, et see otsus oli õige. Tolmpõlevkivituhka graanulid kivistusid mullas ega andnud lubiväetisena täit efekti (Turbas, 1966a). Sama juhtus ka klinkritolmu graanulitega (Hiis, 1966). Põldkatsetes tugevasti happelistel muldadel jäid tolmpõlevkivituhka ja klinkritolmu graanulid isegi kuuendal aastal oma saaki tõstvalt toimelt tunduvalt alla samade tolmuliikide toimele (Turbas, Hiis, 1971a).

Tolmjate lubiväetiste granuleerimise ideed aitas päevakorrast maha võtta tolmilubiväetiste kasutamise pneumaatilise tehnoloogia edukas rakendamine 1964. aastal. Ka selgus, et lupjamisel tekkiv tolmupilv ei kahjusta naabruses kasvavaid kultuure, sest vastavates põldkatsetes otse taimedele külvatud tolmpõlevkivituhk ja klinkritolm ei põhjustanud saagilangust (Hiis, 1966; Kuldkepp, 1966).

Tolmjate lubiväetistega on happelisi muldi edukalt lubjatud isegi talveperioodil. Talvise lupjamise efektiivsus ei jäänud oluliselt maha kevadise lupjamise efektiivsusest (Aava jt., 1967; Turbas, 1968), kuid siin on madalate temperatuuride kõrval takistuseks veel külmunud mullakonarused, paks lumikate ja tuisk, mis võib tolmтуha koos lumega laotusagregaadi jälgedesse kokku kanda ja seeläbi tolmjate lubiväetiste laotamise ühtlust põllul tugevasti kahjustada (Turbas, 1965).

Happeliste muldade lupjamisel on nõrglubja ja tolmpõlevkivituhk andnud kõige suuremaid enamsaake meil üldkasutatavate mineraalväetiste foonil (Hiis, Turbas, 1971). Seejuures on keskmised enamsaadid olnud NPK foonil veidi suuremad kui NP foonil, kuid esimestel aastatel pärast elektrifiltertuhaga lupjamist võivad liikuva kaaliumi vaestel muldadel olla enamsaadid NP foonil siiski suuremad kui NPK foonil. Toitainetevaestel väetamata muldadel jääb lupjamise mõju väiksemaks ja ka sõnniku rohke kasutamine vähendab lupjamise efektiivsust. Ilmselt ei jätku väetamata mullal suurema enamsaagi moodustamiseks taimetoitaineid, sõnniku süstemaatiline kasutamine aga parandab ise mulla omadusi ja suurendab saaki, mistõttu võib saagi edasist suurenemist pidurdama hakata isegi vee puudus mullas.

Meie 1964...1970. a. katsete seerias saadi tolmpõlevkivituhka mõjul igal väetusfoonil suuremat enamsaaki kui nõrglubja mõjul. Nelja väetusfooni ja viies katses kogutud 26 saagi keskmisena saadi enamsaaki nõrglubja mõjul 467 sü/ha, tolmpõlevkivituhka mõjul aga 657 sü/ha ehk 41% rohkem kui nõrglubja mõjul (Turbas, Lauk, 1982).

Kõik põlevkivi põletamisel saadud tolmpõlevkivituhka liigid – kambertuhk, tsüklontuhk ja elektrifiltertuhk – osutusid efektiivseteks lubiväetisteks. Nende juures torkab silma, et elektrifiltertuhka mõju on olnud kõige suurem ja kambertuhka mõju kõige väiksem. Selle põhjuseks on ilmselt asjaolu, et kambertuhka neutraliseerimisvõime on kõige suurem, elektrifiltertuhka neutraliseerimisvõime aga kõige väiksem. Seetõttu tuleb sama lubjanormi korral anda elektrifiltertuhka kõige rohkem, kuid ka tema kaaliumi- ja väävlisisaldus on kõige suurem.

On veel üks tolmpõlevkivituhka liik, nn. must tuhk (alati ei pruugi ta siiski olla must). See tekib põlevkiviõli tootmisel energotehnoloogilises seadmes tahke soojuskandja menetlusel. Sisuliselt on tegemist utmisega – kuumutamise hagnikuvaeses keskkonnas. Seetõttu tekib alahapendilisi ühendeid, sealhulgas sulfiide. Puutudes kokku happelise mullaga eraldub sulfiididest väävelvesinik – inimestele ja taimedele mürgine gaas, mida tunneme mädamuna lõhna järgi. Et üksvahe kavandati meie suurte elektrijaamade üleviimist põlevkiviõliküttele, oli vaja katsetada uue sulfiidväävlirikka põlevkivituhka sobivust muldade lupjamiseks.

Katsetes selgus, et vähemalt vahetult enne seemne külvi ei tohi selle tuhaga lubjata, sest see võib vähendada põldtärkamist ja põhjustada kultuuride kasvuseisaku. Tuha negatiivne mõju oli linale suurem kui odrale (Turbas, Lauk, 1982; Šilnikov jt., 1983). Suurt ohtu kujutab selle tuhaga ümberkäimine inimestele. Käesolevas töös tolmpõlevkivituhast rääkides peetakse silmas üksnes põlevkivi põletamisel saadavat tolmpõlevkivituhka.

Kõigist tolmpõlevkivituhka liikidest on veelgi efektiivsemaks osutunud klinkritolm (Turbas, Hiis, 1967; 1970). Klinkritolmu üleolek tolmpõlevkivituhast avaldub eeskätt kaaliumivaestel muldadel, sest võrreldes tolmpõlevkivituhaga on klinkritolmu kaaliumisisaldus suurem ja selle lahustuvus parem. Klinkritolmu kaaliumi osatähtsust ei või siiski ülehinnata, sest kaaliumväetis on sageli tõstnud tublisti saaki ka klinkritolmuga lubjatud mullal. Pealegi on klinkritolmuga lupjamisel enamsaadid suuremad eeskätt esimestel lupjamisjärgsetel aastatel, edaspidi erinevus tolmpõlevkivituhka mõjust väheneb. Klinkritolmu üleolek on

avaldunud eeskätt kartuli juures, kuid kõiki meil kasvatatavaid põllukultuure ei ole katsetes olnud.

Künnikihi mulla liigse happesuse korral on lupjamine efektiivne võtte mitte ainult karbonaatidevaesel, vaid ka tugevasti karbonaatsel moreenil tekkinud muldadel, kus juba 70...80 cm sügavusel esineb rohkesti vabu karbonaate (Turbas, 1960). Karbonaatsel moreenil tekkinud, kuid neutraalse või nõrgalt happelise künnikihiga muldadel annab põlevkivituhk harva usutavat enamsaaki ja võib põhjustada isegi saagi langust. Samades tingimustes on aga klinkritolmu toime sagedamini positiivne, eriti seal, kus kultuurid reageerivad positiivselt kaaliumväetisele (Turbas, Hiis, 1971b; Kuldkepp, 1971a; 1971b). Tolmpõlevkivituhk ja isegi klinkritolm on neutraalsetel muldadel negatiivselt mõjunud eeskätt ristikule, eriti kui lubiväetise muldaviimisele on kohe järgnenud seemne külv. Ilmselt ei ole leeliselise idanemiskeskond sobiv eeskätt väikeseseemnelise aeglase algarenguga ristiku jaoks, kuna teraviljade juures ei ole taolist saagilangust ilmnenu.

Need andmed haakuvad hästi E. Halleri (1969) poolt välja töötatud soodsa idanemiskeskonna teooriaga, mille kohaselt on kultuuride saagikuse kujunemisel määrava tähtsusega soodsa reaktsiooniga idanemiskeskond, eriti lubjalembeste kultuuride valge mesika ja lutserni kasvatamisel. Tal õnnestus lutserni ja valget mesikat edukalt kasvatada isegi tugevasti happelisel mullal, kui ainult seemnete idanemiskeskonna muld lubjati või kui seemned ainult eelidandati neutraalses keskkonnas.

Happelise mulla esmakordse lupjamise positiivne mõju põllukultuuride saakidele võib kesta paarkümmend aastat ja kauemgi. Lupjamise mõju keetus sõltub ka kasvatatavatest kultuuridest. Kui pärast happelise mulla lupjamist kasvatatakse liigse happesuse vastu tundlikke liblikõielisi kultuure (lutserni, valget mesikat, ristikut), mis reageerivad lupjamisele suure saagitõusuga, siis jääb nendest lubjatud mulda ka rohkem seotud õhulämmastikku, mis omakorda suurendab järgnevate kultuuride saake. Kuid siiski aastate jooksul enamsaagid vähenevad ja kord juba lubjatud mulla uuesti lupjamine annab jälle saagilisa (Turbas, Lauk, 1982). Seda enam, et varem lubjati tavaliselt poole normiga, kuigi sellest 2...3 korda suurema lubiväetise koguse kohene kasutamine oleks ka andnud suurema enamsaagi. Valitseb seaduspärasus, et väiksemad lubiväetise normid annavad suhteliselt suurema enamsaagi, st. lubiväetise (või arvestusliku CaCO_3) ühe tonni kohta saadakse lubiväetise väiksema koguse kasutamisel suurem enamsaak.

Iga järgnev kordslupjamine annab tavaliselt väiksema enamsaagi kui eelnenud lupjamised. See on ka loogiline kasvõi ainult seetõttu, et juba esimene lupjamine kõrvaldab tavaliselt mulla asendushappesuse ja taimedele mürgise liikuva alumiiniumi sisalduse ja järgmiste lupjamiste ajaks ei ole need jõudnud veel taastuda.

O. Halliku (1965) ja E. Talpsepa (1954) uurimistöö näitas, et esimestel aastatel pärast lupjamist tavaliselt suureneb mullas liikuvate taimetoitainete sisaldus. Kuid happeliste muldade süstemaatilise lupjamise korral võib pikapeale kujuneda olukord, kus lubjatud mullas on taimetoitainete sisaldus väiksem kui lupjamata mullas. Selle põhjustab asjaolu, et saakide suurenemine lupjamise mõjul vajab ju taimetoitainete katet, mida looduslik vabanemine mulla potentsiaalsetest varudest ei suuda katta.

Nii vähenes ühes pikaajalises lupjamiskatses põlevkivituhaga süstemaatilise lupjamise mõjul 20 aasta vältel liikuva fosfori sisaldus ülemises 40 cm tuseduses mullakihis ja liikuva kaaliumi sisaldus kuni 70 cm tuseduses mullakihis, sõltuvalt väetiste kasutamisest erinevates katsevariantides (Turbas, 1996c). Samas katses, kus tolmpõlevkivituhka anti tugevasti happelisele saviliivmullale iga 5 aasta tagant normiga 3 t/ha CaCO_3 , avaldus 20 aastat pärast katse algust lupjamise mõjul pH tõus ülemises 50 cm tuseduses mullakihis, küllastusastme tõus 60 cm tuseduses mullakihis, liikuva kaltsiumi ja magneesiumi sisalduse tõus vastavalt 30 ja 40 cm sügavuseni, kuna hüdrolüütiline happesus, asendushappesus ja liikuva alumiiniumi sisaldus vähenesid ülemises 40 cm tuseduses mullakihis. Seega oli tolmpõlevkivituhaga süstemaatilise kasutamise mõjul 20 aasta jooksul toimunud juba ka künnikihi all paiknevate mullakihtide mitmete agrokeemiliste näitajate paranemine. Ühtlasi leidis kinnitust seisukoht, et suuremate saakide saamiseks on lubjatud muldi vaja tugevamini väetada kui lupjamata muldi.

Eestis ületab keskmine sademete hulk evapotranspiratsiooni umbes 200 mm võrra aastas. See sademete ülejääk valgub läbi mulla ja mulla all paiknevate kivimite põhjavette, kallakutel valgub osa vett ka pinnaveena minema. Sademetes leiduvad ning mullas tekkivad happed soodustavad ainete lahustumist ja füüsikalise-keemilisi asendumisreaktsioone, mis viib ainete olulise väljaleostumiseni mullast. Väetiste, eriti lubiväetiste kasutamine suurendab ainete mullast

väljaleostumise ulatust kõvasti (Turbas, Hiis, 1972; Turbas jt., 1973; Lauk, Turbas, 1986). Aluseliste kationide väljaleostumisel mulla neelavast kompleksist asenduvad nad peamiselt vesinikioonidega. See suurendab mulla happesust.

Ligikaudse üldistuse kohaselt võib Eestis tänapäeval arvestada varem lubjatud muldadel keskmiselt 150 kg kaltsiumi ja 10 kg magneesiumi väljaleostumisega hektarilt aastas. Kuid arvestades ka eemaldamist saakidega ja juurdetulekut mulda, võib üldistada: "Eesti happeliste põllumuldade kaltsiumibilanss on lubiväetisi kasutamata negatiivne ca 120 kg võrra ja magneesiumibilanss ca 10 kg võrra ha kohta aastas. Need arvud kokku on ekvivalentsed 342 kg CaCO₃-ga, mis vastab ligikaudu 423 kg tolmpõlevkivituhale." (Turbas, 1996b, lk. 76.) Varem, mil mineraal- ja lubiväetisi kasutati palju rohkem, võis meie lubjatud muldade soodsa lubjaseisundi säilitamiseks arvestada 0,5...0,7 t/ha tolmpõlevkivituhka aastas (Turbas, 1992a). Seega, kui mulla lubjatarbe kohta ei ole võimalik täpsemaid andmeid hankida, tuleks varem lubjatud happeliste muldade nn. säilituslupjamisel anda orienteerivalt 4 t/ha klinkritolmu või tolmpõlevkivituhka iga 6...7 aasta tagant, soovitavalt enne ristiku või mõne muu mulla happesuse suhtes tundliku kultuuri kasvatamist.

On huvitav märkida, et alates 1953. aastast oli Eesti ainuke liiduvabariik Nõukogude Liidus, kus pikaajaliste põldkatsete baasil happeliste muldade lupjamise alast põhilist uurimistööd viis läbi kõrgkooli kateeder. Kõikides teistes liiduvabariikides tehti nii mahukat uurimistööd teaduslikes uurimisinstituutides koostöös oma katsebaasidega. 1990-ndate aastate keskel pikaajalised lupjamiskatsed põllumajandusülikoolis lakkasid. Happeliste muldade lupjamise uurimistöö on nüüdseks kandunud põhiliselt Eesti Maaviljeluse Instituuti, kus juhtivaks teadlaseks sel alal on põllumajandusdoktor Malle Järvan.

Tagasilöögid muldade lupjamises

Tolmpõlevkivituha ja klinkritolmu kasutamine pneumaatikal põhineva tehnoloogia abil oli meie happeliste muldade lupjamise kõrgeaeg: 26 aasta vältel (1964...1989) lubjati keskmiselt üle 60 000 hektari aastas. Kuid 1990. aastal saabus krahh: paari aastaga muldade lupjamine peaaegu seiskus. Lupjamiseks loodud organisatsioon lagunes, lupjamistehnika oli suurelt jaolt vana ja kanti põhiliselt maha.

Mõned aastad tagasi hakati riiklike rahaeralduste abil vähehaaval jälle happelisi muldi lupjama. Eeldused selleks löid AS Kunda Nordic Tsement poolt Soome keskkonnaministeeriumilt tehnilise abi soodushinnaga hangitud klinkritolmu mehaanilised laoturid, mis tagavad kvaliteetse töö. Et aga lupjamistööde hooajal klinkritolmu piisavalt ei jätku ja tolmpõlevkivituha kasutamine on täielikult seiskunud, pakub alates 1998. aastast Rakke Lubjatehase AS põllumajandusele lubjakivijahu ja vastavat lupjamisteenust vana traditsioonilise tehnoloogia kohaselt.

1999. aastal korraldatud riigihankekonkurssidel konkureeris Rakke Lubjatehase AS, kes pakkus lubiväetiseks lubjakivijahu koos lupjamisteenusega, maakondade aktsiaseltsidega, kes lupjavad põlde klinkritolmuga. Konkursikomisjonid kuulutasid võitjateks klinkritolmuga lupjajad. Rakke Lubjatehase AS kaebuse põhjal kohustas Riigihangete Ameti vahekohus konkursikomisjone oma otsust tühistama. Põhjustuseks toodi, et lubjakivijahu neutraliseerimisvõime ja kaltsiumisisaldus on suuremad kui klinkritolmul, lubjakivijahuga lupjamine tuleb veidi odavam ning konkursside korraldajad on rikkunud seadusandlike aktide nõudeid.

Vahekohtu otsuses deklareeriti: "*Õigusaktidega on sätestatud, et riik doteerib vaid mulla happesuse vähendamist, see on põldude lupjamise põhieesmärk...*" (minu allakriipsutus – E. T.). Kui meie õigusaktides tõepoolest nii sätestatud on, siis on see tingitud õigusaktide koostajate ebakompetentsusest. Põlluharijad ja põllumajandusteadlased on alati pidanud põldude lupjamise põhieesmärgiks põhikultuuride saakide suurendamist. Mulla happesus on ainult üks mulla omadusi mis aitab otsustada (ette arvata), kas lupjamist tasub ette võtta või ei. Peale mulla happesuse näitajate arvestatakse tänapäeval mulla lubjatarbe määramisel veel mitmeid teisi mulla omadusi ja nende seoseid varem sarnastel muldadel määratud lupjamise efektiivsusega. Mulla lubjatarbe tuleb rahuldada sellise lubiväetisega, mis tõenäoliselt annab parima majandusliku tulemuse.

Lubjakivijahu efektiivsust Eestis uuritud ei ole. Ei O. Hallik ega teised teadlased pidanud mõeldavaks, et meil osutub vajalikuks hakata muldade lupjamiseks tootma lubjakivijahu, sest efektiivsemaid lubiväetisi – tolmpõlevkivituhka ja klinkritolmu – tekib meil tootmisjäätmetena palju suuremas koguses, kui Eesti põllumajandus vajab. Nad on vedamiseks kergesti

kättesaadavad, absoluutkuivad, ideaalselt peened, lupjamine nendega on täielikult ja ratsionaalselt mehhaniseeritud ning nad on sobiva keemilise koostisega.

Tolmpõlevkivituhk ja klinkritolm on ühed kõige paremini analüüsitud ained. Tolmpõlevkivituhas on määratud üle 50 keemilise elemendi sisalduse, klinkritolmus veidi vähem (Pets jt., 1985; 1986; Pets, Vaganov, 1994). Teiste väetiste ja meie muldade keemilise koostise kohta on andmeid palju vähem. Klinkritolmus ja tolmpõlevkivituhas ei ole leitud elusorganismidele kahjulikke keemilisi elemente või ühendeid sellisel määral, mis muldade lupjamilisel võiks ohtu kujutada (Turbas, 1991). Küll aga sisaldavad klinkritolm ja tolmpõlevkivituhk peale kaltsiumi olulisel määral veel lupjamise efektiivsust tõstvaid kaltsiumi antagonistide ja taimedele muldades nappivaid elemente, nende hulgas kaaliumi, magneesiumi, väävlit, räni ja mikroelemente, kuigi viimased kuuluvad enamasti raskmetallide hulka (Hallik, 1965; Turbas, 1969a; 1974; 1975).

Lubjakivijahu agronoomiline efektiivsus on tõenäoliselt ligilähedane tema keemilise analoogi nõrglubja efektiivsusele. Nagu eespool toodud, saadi meie viimastes võrdluskatsetes tolmpõlevkivituhha mõjul keskmiselt 41% suuremaid saake kui nõrglubja mõjul. Kuid klinkritolm on tolmpõlevkivituhast veelgi paremaid tulemusi andnud. Seda näitavad kolmes katses saadud 18 saagi keskmised andmed aastatest 1964...1971 (sü/ha):

	NP foon	NPK foon
saak lupjamata mullalt	3179	3507
enamsaak: tsüklontuha mõjul	688	762
elektrofiltertuha mõjul	834	877
klinkritolmu mõjul	1133	935

Need ja ka paljud teised trükis avaldatud katsetulemused lubavad suure tõenäosusega väita, et klinkritolm annab muldade lupjamise põhieesmärgi – saakide suurendamist – täites keskmiselt 1,5...2 korda suuremaid enamsaake kui lubjakivijahu. Riigile, eriti põllumajandusele, on kahjulik toimetada prügimäele jäätmetena kogunev suure efektiivsusega lubimaterjal ning hakata kaevandama, tootma ja kasutama vähem efektiivset lubiväetist.

Kokkuvõte

Muldi on maailmas lubjatud juba mitu tuhat aastat. Eestis alustas P. R. v. Sivers oma mõisates 1814. aastal juba muldade lupjamise pikaajaliste katsete korraldamist. Muldi lubjati vaatluste põhjal: hinnati kultuuride kasvu, põldude umbrohtumist ja umbrohtude liigilist koostist ning muldade paakuvust. Hiljem, 19. sajandi teisel poolel ja 20. sajandi alguses, soovitati muldade lupjamilisel arvestada nende laboratoorselt leitud lubjasisaldust ning välimääramisel kindlaks tehtud vabade karbonaatide olemasolu mullas.

Mulla reaktsiooni mõisteni jõuti 20. sajandi alguses. Kiiresti leiti andmeid mulla reaktsiooni ja loodusliku taimestiku ning põllukultuuride kasvu vaheliste seoste kohta. Muldi hakati lupjama laboratoorselt määratud mulla happesuse näitajate alusel. Tänu Anton Nõmmikule ja Karl Liidemanile jõudis teave mulla happesuse ja happeliste muldade lupjamise alastest teadus saavutustest kiiresti ka eestikeelsesse kirjandusse.

1930-ndate aastate lõpul leiti Eestiski tugevasti happelisi põllumuldi ja saadi esimesi häid tulemusi nendel korraldatud lupjamiskatsetes. Teaduslikele alustele viis happeliste muldade lupjamise Eestis Osvald Hallik. Ta kaardistas kogu Eesti põllumuldade happesuse, uuris detailselt läbi üle 100 magevee-lubisette lasundi, korraldas hulgaliselt lupjamiskatseid ja organiseeris väga aktiivselt happeliste muldade lupjamist Eestis.

Happelisi muldi hakati Eestis ulatuslikumalt lupjama 1950-ndate aastate alguses nõrglubja ja järvelubjaga, kuid lähtudes katsetulemustest eelistati võimaluse korral põlevkivituhka. Meie muldade lupjamise kõrgperiood oli aastatel 1964...1989, mil kasutati tolmpõlevkivituhka ja klinkritolmu pneumaatilise lupjamistehnoloogia kohaselt ja aastas lubjati keskmiselt üle 60 000 hektari. Aastatel 1950...1994, s.o. 45 aasta jooksul, lubjati kokku 1 824 500 ha ja kasutati lubiväetisi 10 869 600 t, sellest nõrglubja ligikaudu 721 000 t, restpõlevkivituhka 1 397 000 t ning tolmpõlevkivituhka ja klinkritolmu kokku 8 751 600 t. Kui aluseks võtta, et 1973. a. mais, mil II ringi lubjatarbekaartide valmistamine oli lõpukorral, arvestati lupjamist vajava haritava maa pindalaks Eestis 481 000 ha (Juhendmaterjale..., 1973), saame leida, et 45 aasta jooksul on meie lupjamist vajavad mullad üle lubjatud keskmiselt 3,8 korda ja lubiväetist on antud keskmiselt 5,9 t/ha.

1990-ndate aastate alguses muldade lupjamine praktiliselt seiskus mõneks aastaks ja muldade lupjamise organisatsioon lagunes. Nüüdseks, s.o. 2000. aastaks on lupjamine riigi rahaeraldiste abil mõnevõrra taastunud, kuid põlevkivituha kasutamine on lakanud ja klinkritolmu üle võimutseb lubiväetiste turul lubjakivijahu, mille efektiivsus jääb klinkritolmu ja tolmpõlevkivituha efektiivsusele suuresti alla.

Tarvis on taastada kõige efektiivsemate lubiväetiste – klinkritolmu ja tolmpõlevkivituha – eeliskasutamine.

Kirjandus

- Aava, E., Reial, V., Turbas, E. Tolmpõlevkivituha ja klinkritolmu talvisest külvist. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 5, lk. 199...203, 1967.
- Arro, Chr. Wäetamise õpetus. Lühike kokkuvõtte tähtsamate väetuseküsimumuste selgitamiseks. – Trt., 1911. – 2. trükk, Trt., 1913. – 101 lk.
- Gardner, H., Garner, H. Use of lime in British agriculture. London, 1953. – Lühendatud tõlge vene keeles. Moskva, 1954. – 225 lk.
- Haller, E. Idanemiskeskonna mõju põllukultuuride saagile. Tln., 1969. – 275 lk.
- Hallik, O. Lubjapuudus mullas ja selle kõrvaldamise võimalusi. – Agronoomia, nr. 3, lk. 173...178, 1939.
- Hallik, O. Mulla lubjasus Valgamaal. – Nõukogude Agronoomia, nr. 2, lk. 103...137, 1941.
- Hallik, O. Lõuna-Eesti põllumuldade lubjasus ja kohalike magevee-lubisetete tähtsus selle reguleerimisel. – Trt., 1948. – 202 lk.
- Hallik, O. Põllumuldade lubjasus ja nende lupjamise tähtsus Eesti NSV-s. – Tln.-Trt., 1950. – 67 lk.
- Hallik, O. Happeliste muldade lupjamine Eesti NSV-s. – Tln., 1965. – 284 lk.
- Hiis, V. Tolmpõlevkivituha eri liikide ja klinkritolmu efektiivsus happelistel muldadel. – EPA tead. tööde kogumik, nr. 51, lk. 39...55, 1966.
- Hiis, Turbas: Хийс В., Турбас Э. Влияние фона удобрения на эффективность известковых удобрений. – Сб. н. трудов ЭСХА, 73, с. 115...127, 1971.
- Juhendmaterjale happeliste muldade lupjamiseks Eesti NSV-s. – Tln., 1969. – 78 lk.
- Juhendmaterjale happeliste muldade lupjamiseks Eesti NSV-s. – Tln., 1973. – 76 lk.
- Jürmann, A. Lubi ja teised maaparanduse ained. – Jurjew, 1915. – 78 lk.
- Kuldkepp, P. Tolmpõlevkivituha ja klinkritolmu efektiivsusest karbonaatsel moreenil tekkinud muldadel. – EPA tead. tööde kog., nr. 51, lk. 56...71, 1966.
- Kuldkepp: Кульджепп П. Результаты применения известковых удобрений на почвах, подстилаемых карбонатной мореной. – Сб. н. трудов ЭСХА, 73, с. 146...155, 1971a.
- Kuldkepp: Кульджепп П. Влияние известковых материалов и зависимости от доз и сроков их внесения в почву с нейтральной реакцией – Сб. н. трудов ЭСХА, 73, с. 156...161, 1971b.
- Kärblane, H. Turbatuhk väetisena. – Dissertatsioon EPMÜ-s. Trt., 1956.
- Lauk, E., Turbas, E. Lüsimeetrivete keemiline koostis ja toitainete väljaleostumine mullast intensiivse maaviljeluse tingimustes. – Põllumajanduskultuuride viljelemise intensiivtehnoloogia küsimusi. Vabariikliku teadusliku konverentsi teesid, 4. aprillil 1986. a. Tartus. Lk. 61...62, 1986.
- Lehtman, J. Wäetisõpetus. Tarvitamiseks põllutöökoolidele ja tegelikkudele põllumeestele. – Tln., 1923. – 117 lk.
- Lehtman, J., Liideman, K. Wäetuse õpetus. Tarvitamiseks põllutöökoolidele ja tegelikkudele põllumeestele. – Tln., 1927. – 173 lk.
- Liideman, K. Põlevkiwi tuhk. – Agronoomia, nr. 8, lk. 343, 1925.
- Liideman, K. Lühike väetuse õpetus. Väetised ja õige väetamine meie talu oludes. – Tln., 1930. – 122 lk.
- Lühikokkuvõtteid Tartu Riikliku Ülikooli põllumajanduslike katsejaamade töötulemusist 1920–1940. – Trt., 1946. – 189 lk.
- Martin, B. Lupjamise ja booriga-väetamise katsed Koiksaares (Abjas) ja nende katsete korraldamise vajadusest. – Agronoomia, nr. 5, lk. 365...367, 1940.
- Mets, J. Raadi katsejaamade töö uematest tulemustest. – Agronoomia, nr. 10, lk. 390...393, 1929.
- Nõmmik, A. Mulla reaktsioon, selle põhjused ja määramise meetodid. – Agronoomia, nr. 10/11, lk. 374...389, 1927; nr. 12, lk. 422...432, 1927; nr. 2, lk. 71...86, 1928.
- Nõmmik, A. II Mulla hapu reaktsiooni põhjused. – Agronoomia, lisa (nr. 8, 9, 11, 12), 1928. – 72 lk.
- Nõmmik, A. The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers. – Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli toimetused, A XV, lk. 1...54, 1929.

- Oettingen, E. Kalken und Mergeln der Acker thut noth. – Baltische Wochenschrift, Nr. 43, S. 574...579, 1894.
- Pets jt.: Пец Л. И., Ваганов П. А., Кнот И., Халдна Ю. Л., Швенке Г., Шнир К., Юга Р. Я. Микроэлементы в золах сланца-кукерсита Прибалтийской ГРЭС. – Горючие сланцы, 2/4, с. 379...390, 1985.
- Pets jt.: Пец Л. И., Ваганов П. А., Шнир К. Лантаноиды в золах сланца-кукерсита Прибалтийской ГРЭС. – Горючие сланцы, 3/4, с. 419...425, 1986.
- Pets, Vaganov: Пец Л. И., Ваганов П. А. Микроэлементы в выносе пыли из вращающихся цементных печей, работающих на сланцевом топливе. – Горючие сланцы, 11/1, с. 23...36, 1994.
- Sivers, P. R. Erfahrungen in Anwendung des Lehm-Mergels zum Ackerbau. – Livländische Jahrbücher der Landwirtschaft, Bd. 2, St. 1, S. 59...84, 1826.
- Sivers, P. R. Erfahrungen in Anwendung des Lehm-Mergels zum Ackerbau. – Livländische Jahrbücher der Landwirtschaft, Bd. 6, H. 2, S. 161...199, 1843.
- Šilnikov jt.: Шильников И. А., Сони́на К. И., Удалова Л. П., Козлова Т. А., Кнаши́с В. И., Плесявичю́с А., Друнгелене П., Турбас Э. М., Филиппова Т. Е., Мельникова М. Н. Сланцевая зола с энерготехнологической установки УТТ-500 в качестве известкового удобрения. – Агрoхимия, 7, с. 60...64, 1983.
- Talpsepp, E. Lujamisega Lõuna-Eesti muldades esilekutsutud füüsikalised ja füüsikalise-keemilised muudatused. – Dissertatsioon Eesti Teaduste Akadeemias. Tln., 1954.
- Turbas, E. Ka lubjarikka aluspõhjaga happelised mullad vajavad lupjamist. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 24, lk. 1112...1114, 1960.
- Turbas, E. Uusi lubiväetisi. – Aktuaalset põllumajanduses 1964, lk. 56...60, 1964.
- Turbas, E. Kas tolmpõlevkivituhk või selle graanulid? – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 17, lk. 773...776, 1965.
- Turbas, E. Balti Soojuselektrijaama tolmpõlevkivituha graanulid lubiväetisena. – EPA tead. tööde kog., nr. 51, lk. 28...38, 1966a.
- Turbas, E. Professor O. Halliku teaduslikust pärandist. – EPA tead. tööde kog., nr 51, lk. 10...15, 1966b.
- Turbas, E. Tolmjate lubiväetiste talvine külv. – Aktuaalset põllumajanduses 1968, lk. 13...16, 1968.
- Turbas, E. Tsemenditehase “Punane Kunda” klinkritolmu keemiline koostis. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 22, lk. 1016...1018, 1969a.
- Turbas, E. Muldade lupjamine ja väetamine. – Lühikokkuvõtteid Eesti Põllumajanduse Akadeemia agronoomiateaduskonna teadusliku uurimistöö tulemustest 1941.–1968. a., lk. 39...65. Trt., 1969b.
- Turbas, E. Põlevkivituha neutraliseerimisvõime ja kaaliumisisaldus. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 19, lk. 880...881, 1974.
- Turbas, E. Põlevkivituha keemilisest koostisest. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 11, lk. 492...495, 1975.
- Turbas, E. Professor O. Hallik happeliste muldade lupjamise teoreetiliste aluste kujundajana Eestis. – Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist, V, lk. 68...77. Tln., 1985.
- Turbas, E. Põlevkivituhk suurendab saaki ja saastab loodust. – Eesti Loodus, nr. 2, lk. 84...87, 1991.
- Turbas, E. Muldade lupjamisest eile, täna, homme. – Põllumajandus, nr. 3, lk. 9...10, 1992a.
- Turbas: Турбас Э. Использование сланцевой золы в качестве известкового удобрения в Эстонии. – Горючие сланцы, 9/4, с. 301...309, 1992b.
- Turbas, E. Osvald Hallik – väljapaistev organisaator, pedagoog ja teadlane. – EPMÜ teadustööde kog., nr. 187, lk. 7...14, 1996a.
- Turbas, E. Muldade keemiline melioratsioon. – Taimede toitumise ja väetamise käsiraamat. Koost. H. Kärblane. Lk. 67...102. – Tln., 1996b.
- Turbas, E. Kakskümmend aastat kestnud süstemaatilise lupjamise ja väetamise mõju mulla omadustele. – Agraarteadus, nr. 3, lk. 233...257, 1996c.
- Turbas, E., Hiis, V. Tolmpõlevkivituha eri liikide ja klinkritolmu võrdlev efektiivsus. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 16, lk. 731...735, 1967.
- Turbas, E., Hiis, V. Kokkuvõtte tolmjate lubiväetiste võrdlusest põldkatsetes. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 22, lk. 1019...1022, 1970.
- Turbas, Hiis: Турбас Э., Хийс В. Сравнительная эффективность клинкерной пыли различных видов пылевидной сланцевой золы и приготовленных из них гранул в полевых опытах. – Сб. н. трудов ЭСХА, 73, с. 128...145, 1971a.
- Turbas, E., Hiis, V. Põlevkivituha ja klinkritolmu efektiivsusest lubjarikastel muldadel. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 21, lk. 973...977, 1971b.
- Turbas, E., Hiis, V. Taimetoitainete väljaleostumine mullast sõltuvalt väetiste kasutamisest. – Sotsialistlik Põllumajandus, nr. 21, lk. 969...972, 1972.

- Turbas E., Lauk, E. Lupjamisalase uurimistöö tulemustest ja soovitused muldade korduslupjamiseks. – Tln., 1982. – 60 lk.
- Turbas, E., Tarandi, K. Prof. Anton Nõmmik ja Eesti vooluvete keemilise analüüsi ning maastike geokeemia algus. – Eesti maastike geokeemia küsimusi, lk. 12...28. – Tln., 1988.
- Turbas jt.: Турбас Э., Хийс В., Кулдкепп П. Химический состав и эффективность сланцевой золы и клинкерной пыли как известковых удобрений. – Сб. н. трудов ЭСХА, 69, с. 81...96, 1970.
- Turbas jt.: Турбас Э., Хийс В., Калмет Р. Состав лизиметрических вод и вымывание питательных веществ из пахотного слоя почвы в зависимости от применения удобрений. – Химия в сельском хозяйстве, 5, с. 22...27, 1973.
- Vares, H. (koost.). Professor Osvold Hallik. Trükiste bibliograafia. – EPA, Trt., 1986. – 30 lk.
- Vares, H. jt. (koost.). Professor Osvold Hallik. Trükiste bibliograafia. – EPMÜ teadustööde kog., nr. 187, lk. 109...122, 1996.