

Nurmen kalkitseminen – tuttu juttuko?

Raija Suomela ¹⁾, Erkki Joki-Tokola ²⁾

¹⁾ MTT Ruukki, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, raija.suomela@mtt.fi

²⁾ MTT Ruukki, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, erkki.joki-tokola@mtt.fi

TIIVISTELMÄ

MTT Ruukin tutkimusasemalla suoritettussa nurmikokeessa tulokset vahvistavat käsitystä pellon peruskunnostuksen tärkeydestä. Sadot olivat kokeissa suuret eikä kalkitseminen pystynyt niitä lisäämään, mutta yksi merkittävimmistä tuloksista saatiin kalkitun nurmen typpitaloudesta: Kalkitseminen nosti kivennäismaalla nurmen typenottoa yleensä sitä enemmän, mitä enemmän nurmea kalkittiin.

Vaikka kokeet lannoitettiin perinteiseen tapaan 200 kg typpeä ha⁻¹ kasvukauden aikana, nurmi otti yleensä aina myös maasta typpeä; kalkittuna parhaimmillaan 34 kg ha⁻¹ hietamaalla ja jopa 88 kg ha⁻¹ multamaalla kesän aikana. Multamaalla kalkitseminen ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi lisännyt nurmen typenottoa ja typpeä vapautui maasta nurmen käyttöön huomattavia määriä kaikilla koejäsenillä. Kivennäismaalla kalkitsematta jättäminen saattoi johtaa positiiviseen typpitaseeseen, eli nurmi ei käyttänyt sadonmuodostukseen edes kaikkea lannoitetyyppeä.

Kalkitusaineista kalsiitin ja magnesiumpitoisen kalkin vaikutukset olivat samankaltaisia sekä maan viljavuuteen että rehun koostumukseen (maan pH nouseminen sekä kalsiumpitoisuuden nouseminen ja magnesiumpitoisuuden ennallaan säilyminen sekä maassa että rehussa). Hidasliukoisemman dolomiitin vaikutus yleensä erottui nopeavaikutteisten kalsiitin ja magnesiumpitoisen kalkin vaikutuksista: Maan pH:n nouseminen oli hieman kalsiittia ja magnesiumpitoista kalkkia vähäisempää, ja toisin kuin kalsiitilla ja magnesiumpitoisella kalkilla, maan ja rehun magnesiumpitoisuus nousi voimakkaasti kalsiumpitoisuuden nousun ollessa maltillisempaa.

Nurmi-Suomessa kalkitusta on tutkittu hyvin vähän, viljalla ja etelän savimailla hyvinkin paljon. Seuraavia tutkimuskysymyksiä nurmentuotantoalueilla ovatkin mm: Voisiko kalkituksen avulla tehostaa nurmen väkilannoitteiden, karjanlannan ja maan orgaanisen typen käyttöä ja näin lisätä karjatilojen valkuaisomavaraisuutta? Mikä olisi tällöin suositeltava kalkin levitysmäärä ja levityksen uusimisen ajankohta ympäristövaikutukset huomioiden (ravinteiden huuhtoutumisen ehkäiseminen)? Miten kalkitus vaikuttaa nurmen fosforitalouteen, jäi kokeessa avoimeksi suurten fosforilannoitustasojen ja hyvin erikoisien kasvukausien vuoksi.

Asiasanat: Nurmi, kalkitseminen, kalkitusaineet, kalsiitti, magnesiumpitoinen kalkki, dolomiitti, rehun laatu, typpitase, fosforitase

Kalkitsemisen vaikutuksista nurmen kasvuun ei ole kattavaa tietoa

Pitkään maaperätutkimuksen parissa toimineet tutkijat vahvistivat kirjallisuuden jo osoittaman tosiasian: Nurmen kalkitusta ei ole tutkittu laajasti. Nurmen kalkituskokeet ovat olleet 1) osana pitkäaikaiskokeita, joissa ylivoimaisesti suurin osa koevuosista on ollut viljaa ja 2) lyhytkestoisia, korkeintaan kolmen vuoden periodeja. Lisäksi 3) suurin osa kokeista on suoritettu Etelä-Suomen savimailla.

Nurmituotantoalueet, jotka kattavat noin kolmasosan Suomen peltopinta-alasta, ovat kuitenkin yleensä karjatalousalueilla. Näillä alueilla viljellään usein nurmea nurmen perään, ja lannoitteena käytetään väkilannoitteen lisäksi karjanlantaa. Nurmimonokulttuuri, karjanlannan jatkuva käyttö ja alueille tyypilliset maalajit ovat johtaneet siihen, että nurmen kasvualusta on yleensä hyvin orgaaninen. Aikaisempien kokeiden tulokset runsaine viljakiertoineen, savimaiseen ja väkilannoitteineen eivät siis sovellu kovin hyvin nurmituotantoalueille, vaikkakin tähän asti kerätyt nurmenkalkitusaineistot (tämä aineisto mukaan luettuna) ovat arvokkaita vähäisydessään.

Nurmen kalkituskoe Ruukissa 2005-2008

Vuosina 2005-2008 MTT:n Ruukin toimipisteessä kahdella eri maalajilla (m Kht ja Mm) toteutetuissa säilörehunurmen kalkituskokeissa verrattiin kolmen eri kalkitusaineen ja kolmen kalkitustason vaikutusta säilörehunurmen sadon määrään, laatuun ja kivennäiskoostumukseen sekä peltomaan ravinnepitoisuuteen.

Säilörehunurmi (TammistoII -timotei, 25 kg ha⁻¹) perustettiin suojaviljaan (Arve -ohra, 130 kg ha⁻¹) keväällä 2005. Suojavilja korjattiin keltatuleentumisasteella kokoviljasäilörehuksi. Nurmisadot korjattiin kaksi kertaa kasvukaudessa nurmivuosina 2006-2008. Kokeiden lannoitus oli tarkoitus tehdä ympäristötuen tarkennettujen tasojen mukaisesti viljavuustutkimuksen tietojen perusteella. Fosforilannoituksen todettiin olleen kokeessa kuitenkin suositeltua selvästi suurempaa, ja typpilannoitustakin olisi voinut alentaa ainakin multamaalla tasosta 100 kg/ha/sato tasolle 80 kg/ha/sato.

Kenttäkoe toteutettiin osaruutukokeena. Pääruututekijänä olivat kalkitusaineet kalsiitti, magnesiumpitoinen kalkki ja dolomiitti. Osaruututekijä oli puolestaan kalkitusaineen käyttömäärä. Käyttömääriä oli myös kolme. Ne olivat (1) ei lainkaan kalkitusta, (2) viljavuustutkimuksen suosittelema määrä (kivennäismaa 5 000 kg ha⁻¹, eloperäinen maa suositus oli 20 000 kg ha⁻¹, mutta päädyttiin käyttämään vain 6 000 kg ha⁻¹) ja (3) kaksi kertaa edellä suositellut käyttömäärät. Kokeessa oli neljä toistoa.

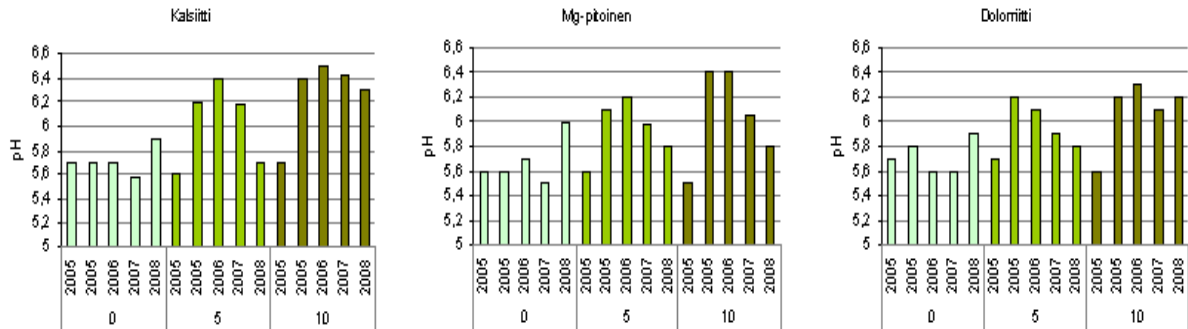
Kokeista määritettiin perustamisvuonna kokoviljasadon määrä, kivennäiskoostumus ja rehuarvo. Nurmivuosina määritettiin nurmisadon kokonaismäärä sekä kevät- ja syysniittojen satomäärät. Nurmirehusadoista analysoitiin ruuduittain kemiallinen koostumus ja laskennallinen rehuarvo sekä kivennäiskoostumus. Kokeista otettiin ruutukohtaiset edustavat maanäytteet perustamisvuonna keväällä ja syksyllä ja myöhemmin koevuosina vain syksyllä. Näytteistä analysoitiin maan johtoluku, happamuus ja kivennäispitoisuus.

Kasvukausien hyvin erilaiset sääolot vaikeuttivat tulosten tulkintaa

Ruukissa koejakson hyvin erilaiset kasvukaudet tekivät haasteelliseksi koejäsenten tulosten vertailun. Esimerkiksi vuosina 2006 (erittäin kuuma ja kuiva kesä) ja 2008 (erittäin viileä ja sateinen kesä) eroja kalkittujen ja kalkitsematta jätettyjen nurmien satojen välillä ei ollut käytännössä lainkaan, vaikka Saarelan (2000) mukaan kasvien kasvulle epäedulliset kasvukaudet voivat lisätä kalkituksella saatavia hyötyjä. Merkitseviä eroja koejäsenten välillä tässä kokeessa syntyi yleensä olosuhteiltaan parhaana vuonna 2007: kasvukausi oli lämmin ja vaikkakin keskimääräistä selvästi sateisempi.

Maaperän viljavuuslukuihin säätäjöillä suuri vaikutus

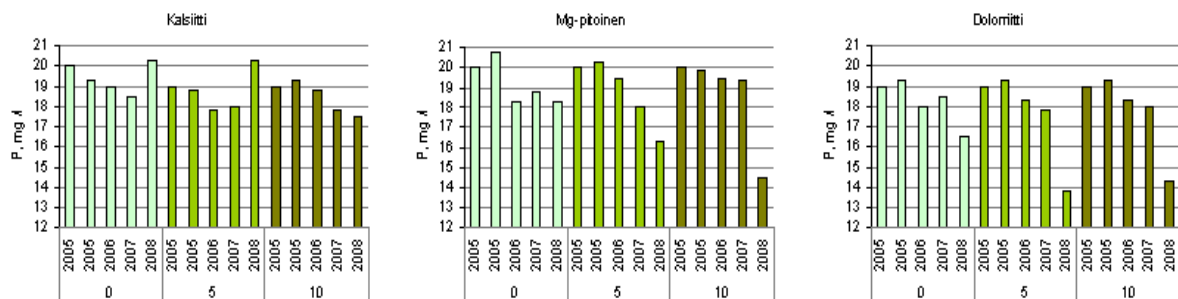
Kivennäismaan laatutekijöistä pH ja johtoluku nousivat odotetusti kalkituksen myötä. Lähtötasoltaan viljavuusluokassa huono tai huononlainen ollut pH nousi parhaimmillaan viljavuusluokkaan hyvä sekä kalsiitilla että magnesiumipitoisella kalkilla jo viiden tonnin kalkituksella hehtaarille. Vastaavat pH-arvon nousut olivat 0,8 –yksikköä kalsiitilla ja 0,6 –yksikköä magnesiumipitoisella kalkilla. Dolomiitin vaikutus pH-arvoon jäi noin 0,2 pH-yksikköä kalsiitin ja magnesiumipitoisen kalkin vaikutuksia matalammaksi. Suositellun kalkitusmäärän (5 tonnia) vaikutusaika kalkkilajista riippumatta näytti kuitenkin olevan todella lyhyt: esimerkiksi maan pH tai kalsiumpitoisuus olivat jo kahden vuoden jälkeen pudonneet selkeästi.



Kuva 1. Maan pH-arvon muutos kalsiitin, magnesiumipitoisen kalkin ja dolomiitin kalkitustasoilla 0 ha⁻¹, 5 ha⁻¹ ja 10 tn ha⁻¹ keväällä ja syksyllä 2005 sekä syksyllä 2006-2008

Multamaalla pH nousi kalkitustasolla 12 tn ha⁻¹ jopa viljavuusluokkaan korkea. Kalkitusaineista pH:ta tehokkaimmin nostivat magnesiumipitoinen kalkki ja kalsiitti, joita ei multamaalla kannata todennäköisesti lisätä enempää kuin suositellaan, koska pH:n nouseminen viljavuusluokkaan ”korkea” saattaa vaikeuttaa kasvien ravinteiden saantia.

Sekä multamaalla että kivennäismaalla pH:n ja maan ravinnepitoisuuksien suhteellisen nopea laskeminen kalkituksen jälkeen koevuosina 2007 ja 2008 saattoi johtua kyseisten vuosien suurista sademääristä: Vettä kertyi syksyllä ajoittain pellon pinnalle ja maaneste oli voinut maanäytettä otettaessa laimentua sadevedellä. Etenkin vuonna 2008 tapahtunut äkillinen fosforipitoisuuden lasku maassa magnesiumipitoisella kalkilla ja dolomiitilla kalkituilla nurmilohkoilla voinee liittyä liukoisien fosforin liikkumiseen sattumanvaraisesti ainakin koalueen sisällä, sillä kalsiitti –koejäsenellä fosforipitoisuus nousi rajusti (kuva 2).



Kuva 2. Hietamaan fosforipitoisuus (mg l⁻¹) kalsiitin, magnesiumipitoisen kalkin ja dolomiitin kalkitustasoilla 0, 5 ja 10 tn kalkkia ha keväällä ja syksyllä 2005 sekä syksyllä 2006-2008

Suuret sadot huonoista oloista huolimatta

Koska Ruukissa perustetuissa kivennäismaan ja multamaan kalkituskokeissa maaperät olivat viljavuudeltaan huononlaisia, oletettiin kalkituksen tuovan satolisää. Koko peltolohkolta saatiin koevuosina kuitenkin verrattain suuret sadot, eikä kalkitus kyennyt lisäämään kokovilja- (noin 5 t ka ha⁻¹) eikä nurmen kokonaissatotuloksia (noin 10 t ka ha⁻¹) juuri lainkaan. Vastaavia tuloksia ovat saaneet Peltomaa ym. 1979 suorittamistaan nurmen pintakalkituskokeista.

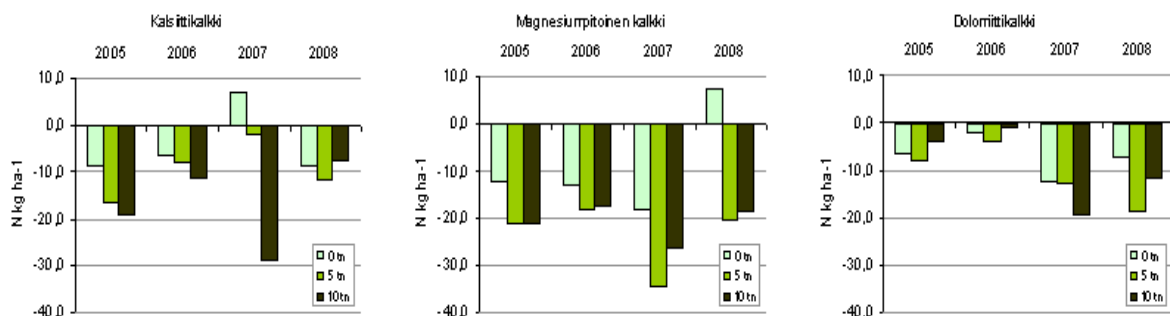
Molemmilla maalajeilla kalkittujen koejäsenten kevätsadot olivat usein suuremmat kuin kalkitsematta jätettyjen; ilmeisesti nurmi pystyi voimakkaan kevätkasvun ansiosta hyödyntämään edullisemmän kasvualustan paremmin. Suurempi kevätsato kuitenkin verotti nurmen hieman odemasatoa, ja kokonaissadot olivat siis lähes yhtä suuret kaikilla koejäsenillä.

Nurmiheinät ovat kasvuolojen suhteen vaatimattomia kasveja, ja kasvua rajoittava pH alaraja voi olla jopa alle 5,3 (Hakkola 1991). Nurmilohkojen kalkitseminen on tästä huolimatta tärkeää, jotta peltojen yleinen viljavuus säilyy ja vaatelioidenkin kasvien viljelykiertoon ottaminen on mahdollista. Vaikka tässä kokeessa sääolosuhteet vaikuttivat ehkä eniten nurmen sadonmuodostamiseen, näytti kalkitus vaikuttavan kuitenkin nurmen ravinteiden hyödyntämiseen ja rehun koostumukseen edullisesti.

Kalkitseminen lisää nurmen valkuaispitoisuutta ja typen mobilisoitumista maasta

Kalkitseminen kalsiitilla tai magnesiumipitoisella kalkilla nosti rehun raakavalkuaispitoisuutta, mikä viittasi nurmen typenoton lisääntymiseen (typen mobilisoituminen maan orgaanisesta aineesta). Vastaavia tuloksia on esimerkiksi savimaan kalkituskokeesta, jossa kalkitseminen nosti viljan jyvien tyypipitoisuutta (Saarela ym. 2000). Toisaalta rehun valkuaispitoisuutta kuvaavat tulokset olivat kivennäismaakokeesta yleensä nurmirehun keskimääräisiä tuloksia huonompia todennäköisesti suurten satotasojen vuoksi, ja kalkituksen tuomat erot olivat melko pienet.

Vaikka valkuaispitoisuuden lisääntyminen kalkituksen avulla olikin suurissa rehusadoissa melko vähäistä, oli kalkituksen vaikutus typenottoon erittäin selkeä. Maasta (lannoitetypen lisäksi) nurmeen sitoutuneen typen määrä oli kalkituilla koejäsenillä vuosittain keskimäärin 15 kg ha⁻¹ ja kalkitsematta jätetyillä noin 7 kg ha⁻¹. Ero kalkituksen eduksi olisi voinut olla vieläkin suurempi, jos tyypilannoitus olisi multavuuden perusteella laskettu tasolle 80 kg ha⁻¹. Aihetta kannattaisi tutkia lisää erilaisilla typen lannoitustasoilla sekä kivennäismaalla että multamaalla, ja ehkä myös karjanlantakäsittelyn kanssa. Sopivilla kalkin levitysmäärällä ja -sykleillä voitaisiin hyödyntää lannoitetyppi sekä maaperän ja karjanlannan orgaaninen typi entistä tehokkaammin, ja voitaisiin myös näin nostaa kotieläintilojen valkuaisomavaraisuutta.



Kuva 3. Kokoviljasäilörehun (vuosi 2005) ja nurmen (vuodet 2006-2008) tyypitaseet kivennäismaalla kalsiitin, magnesiumipitoisen kalkin ja dolomiitin kalkitustasoilla 0 tn ha⁻¹, 5 tn ha⁻¹ ja 10 tn ha⁻¹.

Multamaalla nurmen raakavalkuaispitoisuudet olivat suuremmat kuin keskimääräisessä nurmirehussa. Kalkituksella ei ollut nähtävissä yhtä selkeää nurmen typenottoa lisäävää vaikutusta kuin kivennäismaalla, mutta kalkittujen koejäsenten typenotto oli kuitenkin keskimäärin hieman suurempaa kuin ei kalkittujen koejäsenten. Multamaalla tyyppiä vapautui maasta noin 50 kg ha⁻¹ vuosittain peruslannoituksen (100 + 100 kg N) lisäksi.

Rehun kivennäiskoostumus kohdalleen kalkitsemalla

Sekä nurmirehun että maaperän kalsium- ja magnesiumpitoisuudet nousivat selkeästi kalkituksen avulla. Vastaavia tuloksia on useita (Nykänen 1998, Hannukkala ja Helminen 1993, Kemppainen ym. 1993, Peltomaa ym. 1979, Jaakkola 1979). Kalkitusaineista kalsiitti ja magnesiumpitoinen kalkki nostivat eniten rehun ja maaperän kalsiumpitoisuutta, ja dolomiitti odotetusti selkeästi eniten magnesiumpitoisuutta. Nykäsen (1998) mukaan kalsiitilla voi olla jopa maan magnesiumpitoisuutta alentava vaikutus, mitä tämän kokeen tuloksista ei ollut havaittavissa. Myöskään magnesiumpitoisen kalkin maan magnesiumpitoisuutta nostavaa vaikutusta (Kalkitusyhdistys 2007) ei voitu osoittaa tuloksista.

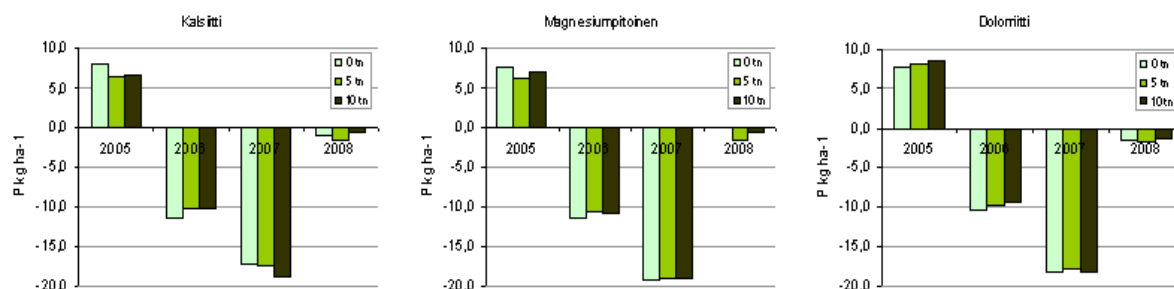
Nurmen ekvivalenttisuhte (K / (Ca+Mg)) laskee kalkituksen myötä. Kaliumin määrä suhteessa kalsiumin ja magnesiumin määrään tulisi olla pieni, sillä kalium ehkäisee kalsiumin ja magnesiumin imeytymistä. Magnesiumin puutos voi aiheuttaa eläimellä laidunhalvausta ja kalsiuminpuutos poikimahalvausta. Kivennäismaalla kalsium- ja magnesiumpitoisuudet olivat ensimmäisessä niitossa keskimääräistä alhaisempia ja rehun ekvivalenttisuhte pysyi yleensä kalkituksesta huolimatta liian korkeana. Toisen niiton kivennäispitoisuudet olivat keskimääräisiä, ja ekvivalenttisuhte aleni kalkituksen avulla suositellulle tasolle 2,2.

Myös multamaalla nurmen kalsium- ja magnesiumpitoisuudet nousivat hieman kalkituksen myötä. Rehun kalsium ja magnesiumpitoisuudet olivat kaikilla koejäsenillä keskimääräisiä nurmirehun kivennäisainepitoisuuksia hieman suuremmat vaikka multamaakokeen maaperässä oli kyseisiä kivennäisiä välttävästi tai tyydyttävästi. Kalkitus laskee myös multamaalla rehun ekvivalenttiarvoa hieman, mutta se oli ilman kalkitsemistakin riittävän matala.

Nurmen fosforitalouden tarkastelu

Nurmirehun fosforipitoisuus kivennäismaalla yleensä laskee kalkituksen myötä, mutta sadon lisääntynyt määrä ei selittänyt pitoisuuden alenemista. Myös fosforipitoisuus maassa laskee vuosien myötä kaikilla koejäsenillä. Yleensä fosforipitoisuus on kivennäismaassa noussut kalkituksen myötä (Ylivainio & Turtola 2008, Saarela & Sippola 1990) ja kalkituksen avulla on saatu fosforinottoakin lisättyä selvästi (Saarela 2007). Karkealla kivennäismaalla on kuitenkin saatu päinvastaisiakin tuloksia (Saarela 1999): kalkitus heikensi perunan fosforinsaantia karkealla kivennäismaalla MTT:n suorittamissa astiakokeissa vuosina 1997 ja 1998.

Nurmivuosien fosforitaseet olivat yleensä negatiivisia, vaikka koenurmea lannoitettiin fosforin suhteen selvästi yli suositusten. Voidaan sanoa, ettei fosfori ainakaan ollut nurmen kasvua rajoittava tekijä tässä kokeessa. Kalkituksella ei ollut vaikutusta fosforitaseisiin ja koejäsenten väliset tase-erot olivatkin vuosittain aina alle 2,0 kg ha⁻¹. Kalkitusaineista ainoastaan kalsiitti näytti lisäävän hieman nurmen fosforinottoa vuonna 2007, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi. Kasvukausi oli kyseisenä vuonna lämmin ja sateinen, mikä ilmeisesti lisäsi kalsiitin vaikutusta maan ravinteiden saatavuuteen: myös typenotto lisääntyi koejäsenellä merkittävästi tuolloin.



Kuva 4. Kokoviljasäilörehun (vuosi 2005) ja nurmen (vuodet 2006-2008) fosforitaseet kivennäismaalla kalsiitin, magnesiumpitoisen kalkin ja dolomiitin kalkitustasoilla 0 tn ha⁻¹, 5 tn ha⁻¹ ja 10 tn ha⁻¹.

Kalkituksen vaikutuksesta lannoitefosforin käyttökelpoisuuteen on aikaisemmissa kokeissa saatu keskenään hieman ristiriitaisia tuloksia. Peltomaa ym. (1979) päättelivät omassa pintakalkituskokeessaan kalkituksen muuttaneen lannoitefosforin (superfosfaatti) niukkaliukoisemmiksi yhdisteiksi, sillä kalkitus näytti vähentävän nurmen fosforinottoa ilman, että fosforipitoisuudet kivennäismaassa olisivat nousseet. Kalkin ja fosforilannoituksen antaminen yhtä aikaa ei tällöin olisi kannattavaa. Ylivainio ja Turtola (2008) sen sijaan päättelivät fosforin inkubointikokeessaan kalkitsemisen lisäävän maassa jo olevan fosforin sekä naudan turvelannan ja superfosfaatin liukoisuutta, mutta vähentävän ketun lannan (eri muodoissa) ja lihaluujauhon fosforin liukoisuutta.

Kalkituksella on multamaalla todettu olevan erilaisen vaikutuksen satoisuuteen ja fosforitalouteen kuin kivennäismaalla, koska nimenomaan orgaaninen aines lisää fosforin pidättymistä pH:n noustessa (Saarela ja Sippola 1987). Tässä kokeessa kalkituksen orgaanisen aineksen fosforia sitova vaikutus ilmeni ehkä siinä, että multamaakokeessa rehun fosforipitoisuus laski sekä ensimmäisessä että toisessa niitossa erittäin merkittävästi kalkitustason nostamisen myötä, vaikkei kalkituksella siis ollut sadonmäärää nostavaa vaikutusta. Kalkitsemisen varsinainen hyöty turve- ja multamailla voi näkyä vasta pitkän ajan kuluttua kalkitsemisesta, kuten turpeen kalkituskokeessa 40 vuoden jälkeen Pohjois-Pohjanmaalla (Saarela ym. 2000).

Kokeen melko suurta fosforilannoitusta (15-35 kg ha⁻¹) olisi voitu selvästi alentaa: Vaikka typpeä ja muita ravinteita olisi vapautunut kalkituilla koejäsenillä orgaanisesta aineksestä kalkitsematonta enemmän, olisi fosforia ollut maassa tarpeeksi vastaamaan kalkituksen seurauksena lisääntyneitä ravinteiden ottoa.

Yhteenveto

Nurmen kalkitusta on tutkittu suhteellisen vähän. Esimerkiksi savimailla kalkitus on selvästi lisännyt viljan fosforinottoa ja satoa. Savimaiden koetuloksia ei välttämättä voi suoraan hyödyntää nurmikiertoisten ja multavien peltojen kalkitustarpeen arviointiin. Nurmi-Suomen eloperäisten nurmilohkojen kalkitseminen voi lisätä jonkin verran ainakin fosforin pidättymistä maahan, joten fosforilannoittamista kannattaa harkita kalkitsemisen yhteydessä. Fosforilannoittamisen tarvetta voi miettiä etenkin jos fosforia on maassa tyydyttävästi muutenkin.

Kalkituksella on mahdollista lisätä nurmirehun laatua, parantaa eläinten hyvinvointia ja vähentää nurmen lisääntyneen ravinteidenoton kautta maatalouden ympäristökuormitusta. Kalkitseminen edesauttaa myös typen mobilisoitumista maan orgaanisesta aineksestä. Tarvittaisiinkin selkeästi jatkotutkimusta siitä, mikä on nurmen todellinen kalkitustarve, mitkä ovat kalkitsemisen ympäristövaikutukset, ja kuinka paljon nurmikasvusto pystyy sitomaan maasta vapautunutta typpeä valkuaisadoksi erityisesti multavilla nurmilohkoilla vahvasti karjatalousvaltaisella alueella nurmi-Suomessa.

Kirjallisuus

Hakkola, H. 1991. Nurmien kalkitus. Kalkitusopas. Tieto tuottamaan 55: 42-44.

Hannukkala, A. & Helminen, M. 1993. Maanparannus ja rehukasvit Lapissa. Koetoiminta ja käytäntö 50 (2.11.1993): 31.

Jaakkola, A. 1979. Kalkkikivijauheen, dolomiittikalkin ja masuunikuonan vertailu. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 10/79. 18 p.

Kemppainen, E., Jaakkola A. & Elonen P. 1993. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 15/93: 44 p + 29, 7 app.:

Kalkitusyhdistys 2007. Kalkitusopas. http://www.kalkitusyhdistys.net/user_files/files/kalkitusopas_2007.pdf

Nykänen, A. 1998. Kalkituksen vaikutus maan vaihtuvan kalsiumin ja magnesiumin pitoisuuksiin. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 31. 19 p. + 1 app.

Peltomaa, R., Pohjanheimo, O. & Huokuna, E. 1979. Pintakalkituksen ja K-lannoituksen vaikutus nurmen satoon ja sen N-,P-,K-,Ca- ja Mg- pitoisuuteen. Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos. Tiedote 6: 24 p.

Saarela, I. 2007. Maan fosforireservit käyttöön. Maaseudun Tiede 1(18.6.2007): 13.

Saarela, I. 1999. Ruokateollisuusperunan kalsiumpitoisuus 1997-1998. Tutkimusselostus. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 94 p.

Saarela I., Kakkonen, K. & Salo, Y. 2000. Savimaan fosforin saatavuuden parantaminen runsaalla kalkituksella sekä ruokamullan ja fosforin syvämultauksella. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 87: 51 p. + 8 app.

Saarela, I. & Sippola, J. 1990. Inorganic leaf phosphorus and soil tests as indicators of phosphorus nutrition in cereals. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 21: 1927-1943.

Saarela, I. & Sippola, J. 1987. Kalkituksen vaikutus kasvien fosforin saantiin. Koetoiminta ja käytäntö 44 (10.11.1987): 52.

Ylivainio, K. & Turtola, E. 2008. Kotieläintalouden ylijäämäfosfori kasvintuotannossa. Teoksessa: Turtola, E. & Ylivainio, K. (toim.) Suomen kotieläintalouden fosforikierto – säätöpotentiaali maataloilla ja aluetasolla. Maa- ja elintarviketalous 138: p. 65-161.