

Vaihtohappamuutta lisäävän lannoitteen vaikutus maahan, perunan satoon ja sadon laatuun

Kristian Forsman¹⁾ ja Väinö Mäntylähti²⁾

¹⁾MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, 92400 Ruukki, kristian.forsman@mtt.fi

²⁾Kemira GrowHow Oyj, ERC, PL 2, 02271Espoo, vaino.mantylahti@kemira-growhow.com

Tiivistelmä

Maan vaihtohappamuudella tarkoitetaan liukoisten happamien kationien määrää maassa. Se on japanilaisen tutkimustulosten mukaan erinomainen muuttuja kuvaamaan perunaruven ilmenemistä sadossa. Vaihtohappamuuden ja sadon rupisuuden yhteys on ollut selvempi kuin maan pH:n ja sadon rupisuuden yhteys, jota on vanhastaan pidetty yhtenä tärkeimmistä maan rupiriskiä ennustavista tekijöistä.

Maan vaihtohappamuuden manipuloimiseksi Kemira GrowHow Oyj valmisti koelannoitteen ammoniumsulfaattista, ferrosulfaattista, mangaanisulfaattista ja kalsiumsulfaattista. Tuotteen pH on 3,6 ja sen ravinnepitoisuudet ovat (%): N 8.9, Ca 7.1, Fe 3.8, Mn 4.2 ja S 21.3. Hapanta lannoitetta lisättiin asteittain 20 kilon typpiportailla. Typpimäärät tasattiin Suomensalpietarilla 80 kiloon hehtaarille. Hapan lannoite annettiin sijoittamalla ja Suomensalpietari hajalevitettiin. Kenttäkoe perustettiin vähämultaiselle HHT-maalle Liminkaan. Kentän viljavuusluvut olivat pH 7.0, Ca 1680, P 28, K 145, Mg 120, S 128, Cu 2.9, Mn 16 ja Zn 1.0. Lajikkeena oli Van Gogh.

Maanäytteet otettiin kentältä ruuduittain kolmeen otteeseen, keväällä, kesällä ja syksyllä. Maanäytteistä mitattiin normaalien viljavuuslukujen lisäksi erilaisia pH-arvoja (pH_(H₂O), 1 M pH_(KCl)) ja 0,01 M pH_(CaCl₂) (1:2,5)). Vaihtohappamuus määritettiin titraamalla KCl-suodos 0,1 M NaOH:lla ja määrittämällä suodoksen Al- ja Mn-pitoisuudet ICP:llä. Vaihtohappamuus lasketaan summana (H+Al) mmol/kg. Perunakasvustosta ja sadosta havainnoitiin tyypilliset kehitys-, määrä- ja laatuominaisuudet. Rupi määritettiin rupiluokittain.

Kesänäytteenotossa maan pH oli alhaisin pelkkää Suomensalpietaria lannoitukseensa saaneella koejäsenellä. Vaikutus on ilmeisesti seurausta ennen kaikkea salpietarin hajalevityksestä, ts. lannoitustavasta, mutta happaman koelannoitteen vaikutuksen vähäisyys lienee myös seurausta alkukasvukauden kuivuudesta. Syksyn maa-analyseissä hapan lannoite näyttäytyi aktiivisena. Sen ansiosta maan pH on laskenut. Vaikutus oli vesi-pH:ssa luokkaa 0,1 pH-yksikköä jokaista typpiportista kohti välillä 0-60 kg N/ha ja suola-pH:ssa jonkin verran pienempi (-0,06 pH-yksikköä). Viimeisessä happaman lannoitteen typpiportaassa eroa ei edelliseen portaaseen enää ollut. Hapan lannoitus heijastui maan rikki- ja mangaanilukuihin sekä johtolukuun. Näissä muutos on havaittavissa vielä viimeisessäkin typpiportaassa.

pH-vaikutus ei ilmeisesti kuitenkaan ollut tarpeeksi voimakas vaikuttamaan vallitsevan rupibakteerikannan kasvuoloihin maassa, sillä rupea vähentävää vaikutusta ei happamalla lannoitteella ollut. Päinvastoin, ruvella ja pH:lla oli tässä kokeessa negatiivinen korrelaatio. Varsinaisia vaihtohappamuusanalysejä ei pystytty hyödyntämään, sillä happamien kationien aktiivisuus maassa oli niin pieni, että niiden pitoisuus jäi käytetyillä analyyseillä alle määritysrajan. Mikään mitattu muuttuja ei kokeessa pystynyt selittämään sadon toteutunutta rupivioitusta.

Sadon tuottajana koelannoite toimi moitteettomasti, ja sadon määrä nousi lannoitusta koelannoitteella lisättäessä. Sadon mangaanipitoisuus nousi myös. Kokeita tultaneen jatkamaan vaihtohappamuuden vaikutusten selvittämiseksi tulevina vuosina niin kentällä kuin kasvihuoneessakin.

Asiasanat:

vaihtohappamuus, happamuus, vaihtuva alumiini, mangaani, peruna, perunarupi, lannoitus

Johdanto

Maan pH:n pitäminen mahdollisimman alhaisella tasolla on perinteisesti ollut tärkeällä sijalla perunanviljelijöiden ruventorjuntastrategiassa. Perunaruven (*Streptomyces* sp.) muodostuminen mailla, joiden pH on alle 5,3 - 5,5, on käytännön havaintojenkin perusteella ollut vähäistä tai ainakin vähäisempää kuin korkeammassa pH-luokissa (Pietilä 1993). Siltikin ruven määrä sadossa voi vaihdella samasta pH-alueesta huolimatta eri viljelijöiden pelloilla tai jopa yksittäisen lohkon sisällä. Vaikuttavia tekijöitä erilaiseen ruven ilmenemiseen voidaan etsiä biologisista, fysikaalisista ja kemiallisista muuttujista. Rupibakteerikantojen ja -lajien on todettu sopeutuneen erilaisiin maaoloihin, mm. happamammille maille, joten alhainen, tai pellossa valitseva pH ei välttämättä enää vaikuta rupea ehkäisevästi (Valkonen ym. 1999, Lehtonen ym. 2003). Fysikaalisista tekijöistä ruven menestymiseen vaikuttaa maan lämpötila- ja kosteusolosuhteet (Pietilä 1993). Kemiallisiin tekijöihin voidaan pH:n lisäksi nimetä, joskin huomattavasti pienemmällä painoarvolla, ravinteita esim. mangaani, kupari, rauta ja rikki (Keinath & Loria 1989). Toteutettu viljelytekniikka, kuten lajikevalinta, sadetus, lannoitus tai viljelykierto, vaikuttaa kokonaisvaltaisesti kaikkien em. tekijöiden kautta ruven esiintymiseen.

Japanilaisten tutkimustulosten mukaan maan vaihtohappamuudesta voidaan löytää selitys eri maiden rupialttiuteen (Saigusa et al. 1980, Mizuno & Yoshida 1993, Shiga & Suzuki 2004). Kokeissa on maan vaihtohappamuutta onnistuneesti manipuloitu erilaisilla lisäaineilla/maanparannusaineilla (rautasulfaattilla ja alumiinisulfaattilla) ja sadon rupisuus on samalla selkeästi vähentynyt (Mizuno & Yoshida 1993, Shiga & Suzuki 2004, Tanaka 2004). Ruven esiintymisen ja maan vaihtohappamuuden välillä on ollut mm. huomattavasti parempi korrelaatio kuin mitä ruvella ja pH:lla olisi ollut.

Maan vaihtohappamuudella tarkoitetaan sellaisten happamien kationien pitoisuutta maassa, jotka voivat vallitsevassa pH-tilassa toimia happoina. Näistä suurin merkitys käytännössä on maan vaihtuvalla alumiinilla (Al^{3+}). Muita happamia kationeja ovat Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ja Si^{4+} . Maan vaihtohappamuus lisääntyy maan pH:n laskiessa, joten siinäkin mielessä se on pH:lle rinnasteinen menetelmä. Alhaisessa pH:ssa (pH 5,0 – 5,5) maan vaihtohappamuus alkaa nopeasti kasvaa (Saigusa et al. 1980, Hartikainen 1992, Mizuno & Yoshida 1993, Mäntylähti 2005).

Aineisto ja menetelmät

Kemira GrowHow Oyj valmisti maan vaihtohappamuuden nostamiseksi happaman lannoitteen, joka koostui ammoniumsulfaattista, ferrosulfaattista, mangaanisulfaattista ja kalsiumsulfaattista. Tuotteen pH on 3,6 ja sen ravinnepitoisuudet ovat (%): N 8,9, Ca 7,1, Fe 3,8, Mn 4,2 ja S 21,3. Hapanta lannoitetta lisättiin asteittain typpiortaan 20 kg/ha mukaisesti. Happaman lannoitteen käyttömäärät olivat 0, 225, 450, 675 ja 900 kg/ha. Typpimäärät tasattiin Suomensalpietarilla (NPK 26-0-1) 80 kiloon hehtaarille. Suomensalpietarin vastaavat käyttömäärät olivat siten 308, 231, 154, 77 ja 0 kg/ha. Hapan lannoite annettiin sijoituslannoituksena, kun taas Suomensalpietari hajalevitettiin käsin ruutujen pinnalle ensimmäisen istutusmuokauskerran jälkeen. Lannoitustavan vaikutuksen selvittämiseksi kokeeseen lisättiin koejäsen, joka sai happaman lannoitteen (450 kg/ha) hajalevityksenä ja Suomensalpietarin (154 kg/ha) sijoittamalla. Peruslannoitus hoidettiin antamalla Puutarhan PK (NPK 0-5-20) –lannoitetta koko koealalle 800 kg/ha.

Kenttäkoe perustettiin vähämultaiselle (hehikutushäviönä mitattu humuspitoisuus keskimäärin 2,96 %) HHt-maalle Liminkaan. Kentän ravinneluvut olivat seuraavat (Viljavuuspalvelu): Ca 1680, P 28, K 145, Mg 120, S 128, Cu 2,9, Mn 16 ja Zn 1,0. Kenttä on ollut alueelle tyypillisessä ruokaperunakierrossa, joskin erityisesti sen pH on tavanomaista perunapeltoa korkeampi ($\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ 6,8 - 7,0, Taulukot 1 ja 2). Koemalli oli lohkottain satunnaistettu koe neljällä toistolla. Lajikkeena käytettiin Van Goghia. Kenttäkoe istutettiin 28.5. ja nostettiin 30.8.

Maanäytteet otettiin kentältä ruuduittain kolmeen otteeseen. Ensimmäinen näytteenottokerta oli keväällä ennen istutusta ja lannoitusta alkutilanteen havainnollistamiseksi, toinen näytteenottokerta sijoitettiin perunalla mukulanmuodostuksen alkuun, jolloin mukulan alku on herkimmillään rupibakteerin iskeä ja kolmas näytteenottokerta noston jälkeen lopputilanteen määrittämiseksi. Joka kerta otettiin rinnakkaisnäytteet, joista toiset lähetettiin Viljavuuspalvelu Oy:öön ja toiset Kemiran Espoon tutkimuskeskukseen. Viljavuuspalvelu tuotti näytteistä viljavuusanalyysin hivenineen sekä pH:n kaliumkloridi-uutoksesta (1 M, 1:2,5) maan suolaväkevyydestä riippumattoman happamuuden määrittämiseksi.

Kemiran Espoon tutkimuskeskus määrittäi näytteistä erilaisia pH-arvoja sekä vastasi varsinaisista vaihtohappamuusanalyysistä. Espoossa näytteiden vesi-pH sekä 1 M $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ ja 0,01 M $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ (1:2,5) mitattiin. Vesi- ja kaliumkloridisuodoksesta mitattiin lisäksi uuttuva orgaaninen hiili. Vaihtohappamuus

määritettiin titraamalla KCl-suodos 0,1 M NaOH:lla (Saigusa et al. 1980, Mizuno & Yoshida 1993, Hartikainen, suullinen tiedonanto 2005), jonka perusteella H⁺-konsentraatio laskettiin. Suodoksen Al- ja Mn-pitoisuudet määritettiin ICP:llä, vaihtohappamuus laskettiin summana (H+Al) mmol/kg.

MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema vastasi kokeen hoidosta. Ruuduilta havainnoitiin taimettuminen, kehitysaste neljä kertaa kasvukauden aikana sekä kasvustotaudit. Sadon määrä punnittiin kokoluokittain ja sadon ulkoinen laatu ja tärkkelys määritettiin standardimenetelmin. Rupi määritettiin siten, että jokainen yli 30-millinen satomukula luokiteltiin ruven ankaruuden suhteen seuraaviin luokkiin: ei havaittavaa rupea, ruven osuus mukulan pinnasta 0 – 1 %, 1 – 10 % rupea, 10 – 25 % rupea tai rupisuus >25 % mukulan pinnasta. Rupi-indeksi on em. luokkien painotettu keskiarvo. Myös sadon keittolaatu määritettiin. Sadon ravinnepitoisuudet (P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Mn, Zn ja Fe) määritettiin Viljavuuspalvelussa.

Kasvukauden sää keskimäärin hyvin lämmin. Tehoisaa lämpösummaa kertyi Ruukissa lähes 250 astetta pitkäaikakeskiarvoa enemmän. Kesäkuu oli Pohjois-Pohjanmaalla poikkeuksellisen kuiva, ja saateetonta kautta jatkui heinäkuun puoleenväliin. Heinä- ja elokuun sadesumma ylsi normaaliksi.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Vaikutus maahan

Kenttä oli suhteellisen tasalaatuinen, joskin koejäsenessä Hapan40Nhajalle olivat ravinnepitoisuudet jonkin verran muita korkeampia. Mangaanissa ero oli tilastollisesti merkitsevä koejäseniin Hapan0N ja 20N ja pH_(KCl):ssa Hapan0N:ään (p<0,05).

Mitään perustavanlaatuisia muutoksia ei hapan lannoitus saanut aikaan vielä heinäkuun alkupuolella tehtyyn toiseen maanäytteiden ottokertaan mennessä. Saattaa olla, että tämä on kuivan alkukasvukauden tulosta. Ravinnepitoisuudet olivat kyllä kalsiumia lukuun ottamatta kauttaaltaan koko koealalla nousseet, mutta koejäsenet eivät juuri eronneet toisistaan. Koejäsen 40Nhaja erosi korkeamman johto- ja mangaanilukunsa kanssa osasta muita koejäseniä, mutta tämän koejäsenen alkupitoisuudet olivat jo jossain määrin muita korkeampia.

pH-luvuissa oli kuitenkin toisella näytteenottokerralla tapahtunut koejäsenten erilaisista käsitteilyistä johtuvia liikkauksia (Taulukko 1). Happamat lannoitteet eivät kuitenkaan näytä tuolloinkaan olleen aktiivisessa roolissa, vaan maan sekä vesi- että suola-pH:t olivat happamilla lannoiteruuduilla nousussa. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että kasvuston aikaan maanäytteet otetaan penkistä, jolloin hajalevitetyt lannoitteet vaikuttavat niissä suhteessa enemmän. Sijoituslannoituksena annettava lannoitus kohdistuu puolestaan enemmän penkin alapuolelle ja sivuun. Kokeen luonteeseen penkistä tapahtuva näytteenotto sopii hyvin, sillä rupialistustakin tapahtuu mukulapesässä. Havaittu pH:n nousu happaman lannoitteen käyttömäärän lisääntyessä kertoneen kuitenkin enemmän hajalevitetyn lannoitteen (=Suomensalpietari paitsi koejäsenessä 40Nhaja ammoniumsulfaatti) sisältämän ammoniumtyypen nitrifikaation tuottamasta pH:n laskusta penkin alueella. Eri lannoitustapoja, eli Hapan 40N ja Hapan 40Nhaja –koejäseniä vertailtaessa, ei eroja löydy, mikä kertoo, ettei lannoitusaineiden välisiä eroja tässä vaiheessa kasvukautta ole.

Taulukko 1. Maan pH:n muutokset kasvukauden aikana (pH_(H2O) ja pH_(CaCl2) Kemira, Espoo) koejäsenittäin*

	Kevät		Kesä		Syksy	
	vesi-pH	suola-pH	vesi-pH	suola-pH	vesi-pH	suola-pH
Hapan 0 N	6,81	6,50	6,59 b	6,29 b	6,61 a	6,24 a
Hapan 20 N	6,77	6,48	6,59 b	6,33 b	6,50 ab	6,19 ab
Hapan 40 N	6,83	6,52	6,63 b	6,35 ab	6,46 bc	6,17 abc
Hapan 40 Nhaja	6,81	6,50	6,61 b	6,33 b	6,42 bc	6,16 bc
Hapan 60 N	6,84	6,51	6,69 ab	6,39 ab	6,37 c	6,08 c
Hapan 80 N	6,82	6,52	6,76 a	6,45 a	6,38 bc	6,11 bc

* Jos luvun perässä eri kirjain, ero sarakkeittain tilastollisesti merkitsevä riskitasolla 10 %

Vasta syksyisessä noston jälkeen otetussa maanäytteessä nähdään koelannoitteen maata happamoittava vaikutus (Taulukot 1 ja 2). Trendi on selvä jokaisessa pH-analyysissä, niin vesiutossa kuin happamilla uuttonesteilläkin suoritetuissa analyysissä. Kasvukauden alusta vesi-pH on kummassakin analyysissä tippunut noin 0,1 pH-yksikköä jokaista 20 tyyppikiloa kohti välillä 0 – 60 N verrattuna kontrollissa tapahtuneeseen muutokseen. Suola-pH:ssa tiputus on jonkin verran pienempi (-0,06 pH-yksikköä). Viimeisessä tyyppiportaassa (60:stä 80 kiloon) ei ole nähtävissä pH-muutoksia.

Koelannoitteen vaikutus maan ravinnepitoisuuksiin tulee ilmi myös viimeisessä näytteenotossa. Erityisesti maan rikki- ja mangaaniluvut ovat lannoituksen yhteydessä nousseet, samoin kuin johtoluku (Taulukko 2). Näissä muutos on havaittavissa vielä viimeisessäkin typpiportaassa.

Taulukko 2. Viljavuusluvut loppunäytteessä sekä kasvukauden aikana tapahtunut muutos (Viljavuuspalvelu)

	vesi-pH		Johtoluku		Rikki		Mangaani	
	loppu	muutos	loppu	muutos	loppu	muutos	loppu	muutos
0 N	6,65 a	-0,35 a	5,0 b	1,5 b	242 c	133 d	18 c	2,5 c
20 N	6,48 bc	-0,49 ab	6,3 ab	2,3 ab	350 b	209 bcd	20 bc	4,5 bc
40 N	6,50 b	-0,54 b	6,4 ab	2,9 a	380 ab	256 abc	24 ab	8,2 ab
40Nhaja	6,49 bc	-0,56 b	6,3 ab	2,1 ab	333 b	176 cd	22 bc	5,0 bc
60 N	6,38 c	-0,65 b	6,2 ab	3,1 a	365 ab	268 ab	28 a	12,3 a
80 N	6,38 c	-0,66 b	7,3 a	3,4 a	448 a	311 a	29 a	12,6 a

* Jos luvun perässä eri kirjain, ero sarakkeittain tilastollisesti merkitsevä riskitasolla 10 %

Varsinaisia vaihtohappamuusanalyyskejä ei valitettavasti voitu hyödyntää. Maa oli tyypiltään ja/tai pH-arvoltaan sellainen, että sen sisältämät liukoisten happamien kationien aktiivisuudet olivat hyvin pieniä. Käytetyillä menetelmillä ei niitä pystytty analysoimaan, vaan pitoisuudet olivat alle määrittämissä rajan (Al <2,5 mg/kg, Mn <1,25 mg/kg).

Vaikutus perunaan

Taimettuminen parani koelannoitteen käyttömäärää lisättäessä (Taulukko 3). Erot taimettumisessa heijastuivat kasvuston kehitykseen ja lopulta myös satoon. Sadon määrä lisääntyi hapanta lannoitetta käytettäessä aina 60 kg N/ha asti, ja kontrollin ero muihin paitsi Hapan20N-koejäseneen oli tilastollisesti suuntaantavasti merkitsevä ($p < 0,10$, Taulukko 3). Trendi on vielä selkeämpi tarkasteltaessa tärkkelyssatoa.

Taulukko 3. Kokonais- ja tärkkelyssato, taimettuminen sekä sadon mangaanipitoisuus koejäsenittäin

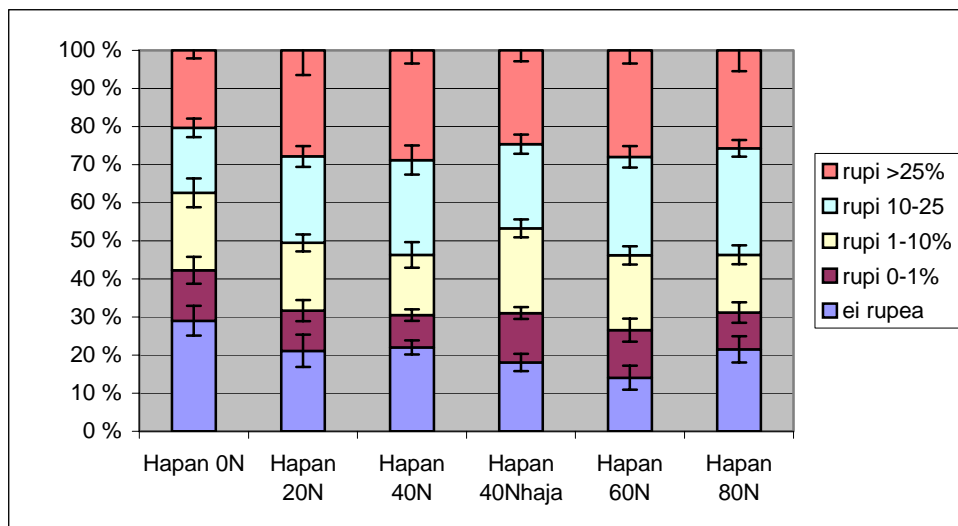
	Kokonaissato		Tärkkelyssato		Taimettuminen		Mukulan Mn-pit.
	t/ha	suhdeluku	kg/ha	suhdeluku	vrk		mg/kg ka
Hapan 0 N	34,5	100 b	5660	100 c	24,25 a		5,5 b
Hapan 20 N	37,0	107 ab	5900	104 bc	24,00 ab		6,5 b
Hapan 40 N	37,8	110 a	6030	106 bc	23,00 bc		8,0 b
Hapan 40 Nhaja	37,4	108 ab	6020	106 bc	22,00 c		6,0 b
Hapan 60 N	39,8	115 a	6610	117 a	22,75 c		7,5 b
Hapan 80 N	38,7	112 a	6220	110 b	23,00 bc		13,3 a

* Jos luvun perässä eri kirjain, ero sarakkeittain tilastollisesti merkitsevä riskitasolla 5 %

Sadon laatutekijöistä tärkkelyspitoisuudessa ei ollut koejäsenien välillä eroa, kuten ei myöskään keittolaadussa. Sadon ulkoisen laadun tarkastelussa huomattiin, että kontrollissa oli epämuotoisia mukuloita 5,9 % sadon määrästä, kun se muilla oli 0,6 – 2,5 %. Ero muihin on tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$). Sadon epämuotoisuus on yleensä perunaseitin (*Rhizoctonia solani*) aikaansaannosta. Kasvustossa seittiä havaittiin kontrollissa keskimäärin muita enemmän, mutta ero muihin oli varsin pieni. Laatutulosten perusteella saattaa kuitenkin olla niin, että kontrollissa seitin merkitys oli muita suurempi ja se saattaa osaltaan selittää kontrollin keskimääräistä heikomman satotuloksen.

Sadon ravinnepitoisuuksiin koelannoitteella ei ollut vaikutusta mangaania lukuun ottamatta. Mukulan mangaanipitoisuus nousi lievästi hapanta lannoitetta lisättäessä, kunnes suurimmalla lannoitemäärällä ero oli selkeä ($p < 0,01$, Taulukko 3).

Hapan lannoite ei kyennyt vähentämään ruven määrää sadossa. Itse asiassa kävi päinvastoin, sillä kontrollissa oli keskimäärin vähemmän rupea kuin muissa koejäsenissä. Rupi-indeksinä laskettuna ero kontrollin ja muiden välillä oli noin 20 %. Erityisesti täysin ruvetoman ja vähärupisen perunan osuus oli kontrollissa suurempi kuin muilla (Kuva 1). Erot koejäsenten välillä eri luokissa tai rupi-indeksinä eivät pääsääntöisesti ole tilastollisesti merkitseviä, mutta laskettaessa extra-luokan perunan osuutta (rupea alle 10 % perunan pinnasta) kokonaissadosta eroa kontrolli Hapan 40N ja Hapan 60N –koejäsenistä ($p < 0,05$).



Kuva 1. Ruven määrä rupiluokittain eri käsittelyissä. Virhepalkit kuvaavat keskihajontaa.

Johtopäätökset

Happaman lannoitteen käyttämisellä pyrittiin vaikuttamaan maan vaitohappamuuteen ja vähentämään perunaruven esiintymistä sadossa. Tässä ei kuitenkaan onnistuttu, sillä ruven määrä ei koelannoitteella laskenut. Varsinaisten vaitohappamuusanalyysojen käyttöä rajoitti niiden lukuarvojen jääminen alle määrittämissä rajoin, sillä kenttäkoe perustettiin ilmeisesti pH:ltaan liian korkealle maalle. Maan happamuutta pystyttiin lannoituksella laskemaan, joten ilmeisesti vaitohappamuuskin reagoi ainakin hieman. Maan pH-vaikutus oli kuitenkin melko pieni, maksimissaan 0,2 – 0,3 pH-yksikköä, joten mahdollisesti vaikutus oli liian pieni, jotta sillä olisi ollut merkitystä vallitsevalle rupibakteerikannalle. Japanilaisissa kokeissa käsittelyiden $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ -tavoitetaso oli 5,0 ja siihen pääsemiseksi maanparannusainetta (yleensä ferrosulfaattia) käytettiin huomattavan suuria määriä, 2 – 7 t/ha (Mizuno & Yoshida 1993, Shiga & Suzuki 2004, Tanaka 2004).

Ruven esiintymistä kokeessa on vaikea selittää. Mikään mitatuista muuttujista ei selitä tai ennusta lähellekään hyvin toteutunutta sadon rupisuutta. pH-tekijä on yksi tärkeimmistä ruven esiintymiseen vaikuttavista tekijöistä, mutta tässä kokeessa sen korrelaatio oli negatiivinen, kun yleensä sanotaan, että pH:n noustessa rupiriski kasvaa. Rupikorrelaatio oli negatiivinen myös toisessa maanäytteenotossa, vaikka keskimäärin silloin happamin koejäsen (kontrolli) osoittautui myöhemmin ruvettomimmaksi. Maasta mitatuista tunnusluvuista kaikkein parhaan selityksasteen antoi kuitenkin edelleen vesi-pH (viimeisessä näytteenotossa $r^2 \sim 30\%$). Kesällä tehty näytteenotto oli kaikkein huonoin ennustamaan lopullista rupitulosta, ensimmäisessä näytteenotossa parhaan selityksasteen antoi maan P-luku. Ilmeisestikin muut kuin kemialliset tekijät aikaansaiivat kyseisissä koeoloissa toteutuneen rupivioituksen.

Sadontuottajana hapana lannoite oli hyvä. Mitään polttovioituksia tai vastaavaa ei kokeen aikana havainnointu, mistä oli viitteitä mm. Forsman ym.:n (2003) kokeessa ureafosfaatilla. Sato nousi hapanta lannoitusta lisättäessä. Tämä kertonee ennen kaikkea sijoituslannoituksen tärkeydestä, sillä sijoitetun typen määrä nousi hapanta lannoitetta käytettäessä hajalevitetyyn typen kustannuksella. Hajalevitetyyn typen hietaampi vaikutus tuli ilmi jo taimettumisvaiheessa. Sato nousi melko suoraviivaisesti 60 sijoitettuun ja 20 hajalevitettyyn tyyppikiloon hehtaarille asti. Ruokaperunan peruslannoitustaso tyypellä on 60 kg/ha, eikä sitä tämänkään kokeen perusteella ole suuresti tarvetta ylittää. Lannoitelajilla ei välttämättä ole niin suurta merkitystä, ainakaan kokeeseen sisällytetyt lannoitustapavaihtoehdot eivät eronneet toisistaan. Toisaalta tämän kokeen rinnalla vedettyjen kasvihuonekokeiden perusteella näyttävät alustavat koetulokset samantyyppisiltä siten, että hapana lannoite lisäsi sadontuottoa (julkaisematon tieto). Täten ammoniumsulfaattia tai jollain muulla happaman lannoitteen tekijällä saattaa olla perunan sadonmuodostusta parantavia tekijöitä Suomensalpietariin verrattuna. Kokeita tultaneen jatkamaan vaitohappamuuden vaikutusten selvittämiseksi tulevina vuosina niin kentällä kuin kasvihuoneessakin.

Kirjallisuus

- Forsman, K., Virtanen, E. & Pulkkinen, J.** 2003. Happaman lannoitteen vaikutus perunarupeen. Teoksessa: Lannoitus- ja kasvinsuojelukokeiden tuloksia 2002. MTT/ATU ja Kemira. s. 84-89
- Hartikainen, H.** 1992. Maaperä. Teoksessa: Maa, viljely ja ympäristö. WSOY. s. 8-89
- Keinath, A.P. & Loria, R.** 1989. Management of common scab of potato with plant nutrients. In: Engelherd, A.W. (ed.). Soilborne plant pathogens: Management of diseases with micro- and macroelements. The American Phytopathological Society. p. 152-166
- Lehtonen, M., Hiltunen, L., Isolahti, M., Koski, P., Laakso, I., Lauronen, M., Palohuhta, J.P., Rantala, H., Reinikainen, O., Vihlman, K., Virtanen, E., Weckman, A. Ylhäinen, A. & Valkonen, J.** 2003. Perunaruven aiheuttajat ja niiden torjunta. Kasvipatologian hankeloppuraportteja no 2, Helsingin yliopisto, Soveltavan biologian laitos. 45 s.
- Mizuno, N. & Yoshida, H.** 1993. Effect of exchangeable aluminium on the reduction of potato scab. Plant and Soil 155/156: 506-508
- Mäntylähti, V.** 2005. Vaihtohappamuuden vaikutusta tutkitaan. Leipä leveämmäksi 53: (5), 38-39
- Pietilä, L.** 1993. Perunaruvi. Teoksessa: Perunan kasvinsuojelu. Tieto tuottamaan 66: 46-49
- Saigusa, M., Shoji, S. & Takahashi, T.** 1980. Plant root growth in acid Andosols from northeast Japan. 2. Exchange acidity Y1 as a realistic measure of aluminium toxicity potential. Soil Science 130: 242-250
- Shiga, H. & Suzuki, K.** 2004. Effect of soil acidity, organic soil amendment and green manure on potato scab. In: Novel approaches to the control of potato scab. Abstracts of the International Potato Scab Symposium, september 6.-7., Sapporo, Japan. p. 233-237
- Tanaka, T.** 2004. Integrated control of potato scab according to incidence level. In: Novel approaches to the control of potato scab. Abstracts of the International Potato Scab Symposium, september 6.-7., Sapporo, Japan. p. 243-258
- Valkonen, J., Kreuze, J., Kortemaa, H. & Rantala, H.** 1999. Ennestään tuntemattomat sädebakteerit perunaruven aiheuttajina. Kasvinsuojelulehti 32:59-62