

Lea Hiltunen¹⁾, Kristian Forsman¹⁾, Elna Virtanen¹⁾,
Raino Peltoniemi²⁾, Rita Kallio²⁾
¹⁾ MTT Ruukki, ²⁾ Rautaruukki Oyj

Pohjois-Pohjanmaan tutkimuskeskus
92400 Ruukki
Puhelin (08) 2708 4500
Telekopio (08) 2708 599
Sähköposti etunimi.sukunimi@mtt.fi
<http://www.mtt.fi>



***Perunaruپی kuriin
Pohjois-Pohjanmaalla***
(Kehittämishanke nro 13710)

Perunaruپی kurin Pohjois-Pohjanmaalla -hanke

Tavoitteet:

- Selittää kuonien ja alkuainerikillisyyden vaikutuksia perunaruven esiintymiseen sekä maan pH- ja ravinnetasoon.
- Arvioida tulosten perusteella perunanviljelymenetelmien muutostarvetta.

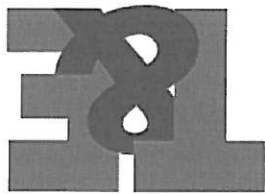
Yhteistyötahot: MTT/Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema, Rautaruuki Oyj, Helsingin yliopisto, Pohjois-Pohjanmaan perunanviljelijät, Pohjois-Pohjanmaan TE-keskus

Rahoittajat: TE-keskus, Rautaruuki Oyj, MTT/Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema

Ohjausryhmä: Erkki Jokio-Tokola (MTT/Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema), Riita Kallio (Rautaruuki Oyj), Pertti Leskeä (perunantuottaja), Tiina Lämsä (Pohjois-Pohjanmaan TE-keskus), Raino Peltoniemi (Rautaruuki Oyj), Jari Valkonen (Helsingin yliopisto), Elna Vitanen (MTT, Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasema).

Saavutetut tulokset:

- Kaksivuotisessa testauksessa ei kuonilla ja alkuainerikillisiä havaittu olevan perunarupea vähentävää vaikutusta, joten uusia suosituksia perunaruven torjunnan tehostamiseksi ei voida antaa.
- Kuonat vaikuttivat tehokkaasti maan pH- ja ravinnetilään. Kuonien käytön seurauksena maan pH- ja Ca-pitoisuudet kohosivat kuonalaadun ja käyttömäärän mukaan. Happamuuden vähentämisen seurauksena mm. maahan sitoutunut fosfori vapautui kasveille käyttökelpoiseen muotoon.
- Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden kohonneena Ca- ja/tai Mg-pitoisuutena.
- Kuonia voidaan pitää perunantuotannossa vaihtoehtoisena maanparannus- ja kalkitusaineina, jolla on myös lannoitusvaikutusta. Käytön edellytyksenä on hyvä suunnittelu, joka huomio maan viljavuustason ja ominaisuudet.
- Kuonien käyttö pienentää perunanviljelyn aiheuttamaa ympäristökuormaa, sillä maaperään fosforivarjoja vähentäen fosforilannoitusstarvetta ja sen seurauksena kuonien käytön aikaan saama maan happamuuden vähentäminen vapauttaa fosforin huuhoutumisista.
- Kuonien käyttö tehostaa terästeollisuuden sivutuotteiden hyötykäyttöä, edistää jatkojalostusta ja vähentää syntyvän jätteen määrää.



SISÄLLYSLUETTELO

4	TIIVISTELMÄ.....
5	1. JOHDANTO.....
5	2. TOTEUTUS.....
9	3. TULOKSET.....
9	3.1 Kuonat.....
9	3.1.1 Kasvukausi 2004.....
13	3.1.1.1 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon
13	3.1.1.2 Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon
13	3.1.2 Kasvukausi 2005.....
13	3.1.2.1 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon
13	3.1.2.2 Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon
17	3.1.3 Johtopäätökset.....
17	3.2 Rikki.....
17	3.2.1 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon
17	3.2.2 Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon
17	3.2.3 Johtopäätökset
20	4. VIITTEET.....

Tiivistelmä

MTT Ruukki toteutti vuosina 2004 ja 2005 Perunaruپی kurin Pohjois-Pohjanmaalla -
kehittämishankkeen, jossa selvitettiin maanparannuksessa käytettävien kuonien sekä alkuainerik-
kilannoituksen vaikutuksia maan pH- ja ravinnetilään sekä perunasadon määrään ja laatuun.
Hankkeen rahoittajina toimivat paikallinen TE-keskus, Rautaruukki Oyj ja MTT Ruukki. Hanke to-
teutettiin kahden kentelestatuksena. Kuonatestatuksessa verrattiin teräskuonan sekä Raahesta ja
Koverharista peräsin olevan masuunikuonan ja rikkitestauksessa alkuainerikin eri käyttömääriä.
Sekä kuonat että alkuainerikki levitettiin hajalevityksensä kasvukauden 2004 alussa. Vuonna 2004

lajikkeena oli Sabina ja 2005 Van Gogh.

Kuonat

Ensimmäisenä vuonna kuonat vaikuttivat maan pH- ja ravinnetasoon odotettua enemmän, mutta
ominaisuuksiensa mukaisesti. Nopeavaikutteisempi teräskuona nosti maan pH:tä tehokkaammin
kuin hitaammin vaikuttava masuunikuona. Jo 5 tonnia teräskuonaa hehtaarille nosti pH:tä yli pH-
yksikön yöspäin. Teräskuona lisäsi maan kalsiumpitoisuutta masuunikuonaa tehokkaammin. Kalk-
ki masuunikuonan käyttömäärät, mutta vain suurin teräskuonan käyttömäärä, lisäsivät maan mag-
nesiumpitoisuutta. Samalla kun kuonat nostivat maan pH:tä, ne vapauttivat maahan sitoutunutta
fosforia kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Maan happamuuden vähentyessä kasveille käyttökelpoi-
poisen mangaanin määrä väheni, vaikka teräskuona sitä sisältätkin. Kuonat eivät juuri vaikutta-
neet maan rikkipitoisuuteen. Maan pH ja ravinnepitoisuudet laskevat lähes yhtä jyrkästi kuin ne oli-
vat kuonien vaikutuksesta nousseet. Kuonien nopea vaikutus ensimmäisenä vuonna viittaa siihen,
että satoisella kasvukaudella 2004 kuonien ravinteet liukenevat poikkeuksellisen tehokkaasti ja
huuhoutuivat ravinteita huonosti pidättävästä karkeasta kivennäismaasta. Vuonna 2005 kuonien
vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon oli enää vähäinen lukuun ottamatta suurimpia käyttömääriä.

Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden ravinnepitoisuuksissa. Teräskuona, joka lisäsi tehok-
kaasti maan Ca-pitoisuutta, lisäsi myös mukuloiden kalsiumpitoisuutta kumpanakin vuonna. Sen
sijaan masuunikuona ei juuri lisännyt mukuloiden Ca-pitoisuutta, vaikka vaikutukset maan Ca-
pitoisuuksiin olivatkin havaittavissa. Vuonna 2004 suurin teräskuonan käyttömäärä hidasti kasvus-
ton alkukehitystä ja alensi satoa. Tämä lienee seurauksena suuren kuonamäärän aiheuttamasta kor-
keasta maan pH:sta ja vinoutuneesta Ca-Mg -suhteesta. Sen sijaan vuonna 2005 kokonaissadon
määrissä ei ollut eroja kuonakäsittelyjen välillä. Koska kasvukausi 2004 oli satoinen, rupaa esiintyi
vähän eikä kuonien vaikutuksia perunarupeen voitu luotettavasti arvioida. Vuonna 2005 suurinta
teräskuonamäärä lukuun ottamatta kuonallisyksöt lisäsivät joko ruven esiintymistä tai ankaruutta.
Tämä johtuu luultavasti siitä, että suurimmalla teräskuonamäärällä maan pH pysyi korkeana, kun
taas käytettäessä pienempiä kuonamääriä, pH laski rupaa aiheuttavien bakteerien kannalta edulli-
selle tasolle.

Rikki

Alkuainerikin lisäyksen tarkoituksena oli alentaa maan pH-tasoa ja siten vähentää sadon rupsuut-
ta. Alkuainerikkilannoituksella ei kuitenkaan ollut toivottua maan happamuutta ja/tai rikkipitoisuutta
lisävää vaikutusta. Rikkiliissäys ei vaikuttanut myöskään perunan kasvuun, satoon eikä sadon laa-
tuun kumpanakaan kasvukautena. Rupaa oli toisena kasvukautena runsaasti, mutta eri rikkimääri-
en välillä ei ollut eroja. Rikkilannoituksen epäonnistuminen saattoi johtua siitä, että kauppaalms-
teen käyttömäärä oli riittämätön tai alkuainerikki oli liukenematon tai niukkaluukoista.

Siemenperunatuotanto on Suomessa keskittynyt Pohjois-Pohjanmaalle tuotantoon soveltuvien ilmasto-olojen, maalien ja määrätietoisien tuotantoalan kehittämistyön tuloksena. Perunarupi on tällä hetkellä eniten taloudellisia menetyksiä aiheuttava kasvitauti perunatuotannossa. Laatuviotus-ten aiheuttamien taloudellisten menetysten lisäksi siemenperunassa esiintyvä perunarupi voi alen-taa sadon määrää, leviittää rypäkkötauti- ja -kantoja uusille alueille sekä lisätä seuraavan sa-don rypäkkötauti (Bång 1995, Stevenson yms. 2001, Hiltunen yms. 2005). Perunaruven aiheuttajia meillä ovat ns. tavallinen rypäkkötauti (*Streptomyces scabies*) ja pohjanrypäkkötauti (*S. turgidusca-bies*). Tehokkaiden torjuntamenetelmien puuttuessa perunarupea on torjuttu pääasiassa viljelytek-nisin keinoin. Yhtenä ruventorjuntakeinona on käytetty maan pH:n pitämistä alhaisena. Kalkituksen vähentäminen on johtanut kuitenkin viljelymaiden happamuutukseen eli maan pH:n laskuun. Hap-pamissa oloissa kasvuun tarvittavat ravinteet sitoutuvat maaperään ja ovat osittain kasvin saavut-tamattomissa, mikä puolestaan vaikuttaa perunan kehittymiseen ja satoon. Lisäksi happamassa maassa lannoitteista tulvien ravinteiden huuhoutumisriski kasvaa. Viime vuosina on havaittu, että maan pitämisen happamana ei aina ole riittävä ruventorjuntakeino, sillä perunamalle on saatantut-vallikoitua happamuutta paremmin kestävä pohjanrypäkkötauti tai happamampia oloja sietäviä kan-toja ns. tavallisesta rypäkkötautista (Lehtonen yms. 2003). Ruventorjuntaan kalvataan siis uusia keinoja, jotka ovat toisaalta tehokkaampia, toisaalta ottavat huomioon ravinnetalouden kokonais-suudessaan.

Terästeollisuuden sivutuotteista jalostettuja teräs- ja masuunikuonia on käytetty maatalousmaiden maanparannuksessa kalkitusaineina. Kuonien on todettu aiemmassa kenttäkokeessa vähentävän ru-pisuutta muihin kalkitusaineisiin verrattuna. Rikin on useissa kokeissa havaittu vähentävän ru-peat, joskaan vaikutusmekanismia ei tunneta (Keinath & Loria 1989). Alkuaainerikki hapettu mikro-bitoinnan tuloksena kasveille käyttökelpoiseen muotoon, sulfaattiksi (Scherer 2001). Maaperän olosuhteet sekä lannoitteiden raekoko vaikuttavat hapettumisnopeuteen. Alkuaainerikkiä voidaan käyttää maan pH:n alentamiseen, joten sillä voi olla vaikutuksia myös perunaruven esiintymiseen.

Perunarupi kuriin Pohjois-Pohjanmaalla –hankkeen tavoitteena oli selvittää kuona- tai rikkiliisäyksi-lä tehtävän maaperän pH:n säädön vaikutuksia perunan kehitykseen, satoon ja sadon laatuun, erityisesti perunarupeen, sekä maaperän happamuuteen ja ravinteisiin. Hanke toteutettiin TE-keskuksen (EMOTR), Rautaruukki Oyj:n ja MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimuskeskusten rahoituksel-la osana Agrobiotekniikka ja siemenperunatuotanto –tutkimusohjelmaa. Yhteistyössä olivat lisäksi mukana Pohjois-Pohjanmaan perunanviljelijät. Hanketta hallinnoi ja koordinoi MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimuskeskus ja se toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan siemenperunatuotantoalueella.

2. Toteutus

Kenttätestaukset toteutettiin kasvukausina 2004 ja 2005 Limingassa ja Lumijoen alueella aiemmin peruna-tuotannossa olleilla lohkoilla. Kuonatesaus toteutettiin Lumijoen, jossa lohkon maan pH oli alhai-nen (pH 5,0). Kasvukauden 2004 alussa lohkoille levitettiin eri määriä Raahesta tai Koverharista peräisin olevia masuuni- tai teräskuonia hajalevityksensä (Taulukko 1). Kuonista otettiin näytteet kemiallisia analyysejä varten koostumuksen ja ominaisuuksien selvittämiseksi (Taulukko 3). Rikki-tesaus toteutettiin Limingassa, jossa lohkon maan pH oli korkea (pH 6,6). Kasvukauden 2004 alussa lohkoille levitettiin eri määriä alkuaainerikkiä (Brimstone, 900 g S/kg, Boothmans Agriculture Ltd, UK) hajalevityksensä (Taulukko 2). Ensimmäisenä testausvuonna mukana oli lisäksi käsittely, jossa rikkilannoitus annettiin kasvustoon lehtilannoitukseksi mukana (Micro-Plus, 800 g S/kg, Berner). Tämä käsittely sijoitettiin suojaruutuihin, jotka olivat kooltaan puolet ta-vallisen ruudun kooltaan. Siemenperunana käytettiin ensimmäisenä vuonna lajiketta Sabina ja toise-na vuonna lajiketta Van Gogh. Testausen kasvukausien aikaiset toimenpiteet on esitetty Taulu-koissa 4 ja 5.

Kasvustoista havainnointiin taimettumisen ajan kohta, kasvuston kehitys ja tautisuus (perunasitti ja tyvimätä). Sato-, tärkkelys- ja sadon ulkoisen laadun määritykset tehtiin MTT:n virallisten lajike-koehajuiden mukaisesti (http://www.mtt.fi/tutkimus/alueellinen_tutkimus/koehajuidet.htm). Sadosta otetusta mukulanäytteistä määritettiin mukulan kuiva-aine-, kalsium- (Ca), fosfori- (P), kalium- (K), magnesium- (Mg) ja rikki- (S) -pitoisuus sekä syksyllä 2005 lisäksi natrium- (Na), boori- (B), kupari- (Cu), mangaani- (Mn), sinkki- (Zn) ja rauta- (Fe) -pitoisuus. Ruven ja settiruven ankaruus määritettiin lajittelemalla mukulat rupi- ja settirupiluokkiin. Ruvenaiheuttajabakteeri määritettiin PCR-menetelmällä Lehtonen ym. (2004) mukaan.

Testausaloilta otettiin muokkauskerroksesta maanäytteet ruuduittain keväällä ennen kokeen perustamista ja syksyllä sadonkorjuun jälkeä. Näistä määritettiin maatalaj-, multavuus, johtoluku, maan pH, Ca, P, K, Mg, Cu, Mn, Zn ja S. Lisäksi kasvukauden aikana otettiin näytteet maan pH:n määrittämistä varten kasvukaudella 2004 kummastakin kokeesta ja kasvukaudella 2005 rikkikokeesta. Syksyllä 2005 maanäytteet otettiin kahdesta syvyydestä (0-30 cm ja 30-60 cm) ja em. määritysten lisäksi määritettiin kokonaiskalsiumin määrä.

Kasvukaudet 2004 ja 2005 poikkesivat toisistaan säätöjensa etenkin sademäärän puolesta (kuva 1 ja 2). Vuonna 2004 kasvukauden lämpöjaksot olivat toukokuussa ja myöhään syksyllä. Sademäärät olivat huomattavasti normaaliarvoja korkeammat heinä-, elo- ja syyskuussa. Syksyn runsaat sateet viivästyttivät nostoa usealla viikolla. Kasvukausi 2005 oli lämmin ja normaalia kuivempi. Etenkin kasvukauden alkua oli kuiva, sillä sademäärä (kesäkuun alku-heinäkuun puoliväli) oli noin puolet vuosien 1997-2004 keskiarvosta.

Taulukko 1. Kuonatestauksessa käytetyt kuonat ja niiden määrät.

Määrä (t/ha)	Kuona
0	Käsittelemätön
5	Teräskuona (Raahel)
10	Teräskuona (Raahel)
50	Teräskuona (Raahel)
6	Masunikuona (Raahel)
12	Masunikuona (Raahel)
60	Masunikuona (Raahel)
6	Masunikuona (Koverhar)

Taulukko 2. Rikkitestatuksen alkuaikoinen rikkilannoitus ja kasvustoon levitetty rikkilannoitus.

Määrä (kg/ha)	Lannoite	S
0	Käsittelemätön	0
45	Alkuaikoinen (Brimstone)	50
90	Alkuaikoinen (Brimstone)	100
270	Alkuaikoinen (Brimstone)	300
4,8	Rikkilannoitus (MicroPlus)	6

Taulukko 3. Kuonatestauksessa käytettyjen kuonien ominaisuuksia ja alkuainepitoisuuksia (kg/t kuiva-ainetta).
Analysoija Suomen Ympäristöpalvelu Oy.

Ominaisuus/ Teräskuona	Masuunikuona		Raako < 0,125 mm (%)
	Raaha	Koverhar	
Alkuaine			
Neutraalointikyky – kokonais (%) ¹⁾	33	33	2
Neutraalointikyky – nopea (%) ¹⁾	2	2	2
Kuiva-ainepitoisuus (%)	93	95	93
Raako < 2,0 mm (%)	87	87	93
Raako < 0,125 mm (%)	14	14	2
Kalsium (Ca)	263	212	322
Magnesium (Mg)	64	96	16
Alumiini (Al)	43	62	8,7
Rauta (Fe)	6,9	3,4	181
Kalium (K)	7,6	6,8	3,1
Natrium (Na)	3,9	5,5	1,1
Fosfori (P)	nd	nd	3,1
Rikki (S)	12	12	0,7
Titaani (Ti)	10	11	5,1
Arseni (As)	nd	nd	nd
Boori (B)	0,021	0,024	0,021
Barium (Ba)	0,310	0,550	0,085
Beryllium (Be)	0,003	0,005	nd
Kadmium (Cd)	nd	nd	nd
Koboltti (Co)	nd	nd	nd
Kromi (Cr)	0,012	0,005	1,48
Kupari (Cu)	nd	nd	0,010
Mangaani (Mn)	2,57	0,72	20,80
Molybdeen (Mo)	nd	nd	0,003
Nikkeli (Ni)	0,002	0,001	0,009
Lyijy (Pb)	nd	nd	0,015
Antimoni (Sb)	nd	nd	nd
Seleni (Se)	nd	nd	nd
Tina (Sn)	nd	nd	nd
Vanadiini (V)	0,250	0,088	9,70
Sinkki (Zn)	0,019	0,030	0,010
Eiropaa (Hg)	nd	nd	nd

¹⁾ valmistajan ilmoitus
nd = alle määritysrajan

Koepaikka:	MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimuskeskus, Liminka
Kasvukausi 2004	Kasvukausi 2005
Koelot:	
- maajäi	
- pH (keväi)	
- Ca - K - P - Mg (keväi)	
Muokaus:	
Lannoitus:	
Kuonan levitys:	
Istutus:	
Istustusihitys:	
Rikkakasvintorjunta (300 l/ha vettä):	
Rutontorjunta (300 l/ha vettä):	
Nosto:	

Taulukko 5. Rikkitestatuksen toimenpiteet kasvukausina 2004 ja 2005.

Koepaikka:	MTT Pohjois-Pohjanmaan tutkimuskeskus, Lumijoki
Kasvukausi 2004	Kasvukausi 2005
Koelot:	
- maajäi	
- pH (keväi)	
- Ca - K - P - Mg (keväi)	
Muokaus:	
Lannoitus:	
Kuonan levitys:	
Istutus:	
Istustusihitys:	
Rikkakasvintorjunta (300 l/ha vettä):	
Rutontorjunta (300 l/ha vettä):	
Nosto:	

Taulukko 4. Kuonatestatuksen toimenpiteet kasvukausina 2004 ja 2005.

Kenttätestaus perustettiin vähämutaiselle karkealle hietamaalle, jonka pH oli 5.1 ja muut viljavuus-tiedot Ca 290, P 47, K 110, Mg 49, Cu 30, Mn 78, Zn 3.3, S 25 ja Ca/Mg 6.1. Maan pH oli siis var-sin alhainen, joskaan ei perunamaaksi poikkeuksellisen alhainen. Maan Ca- ja Mg-pitoisuudet oli-vat erittäin pienet, sen sijaan lohkon P-pitoisuus oli suuri ja Cu-pitoisuus arveluttavan korkea.

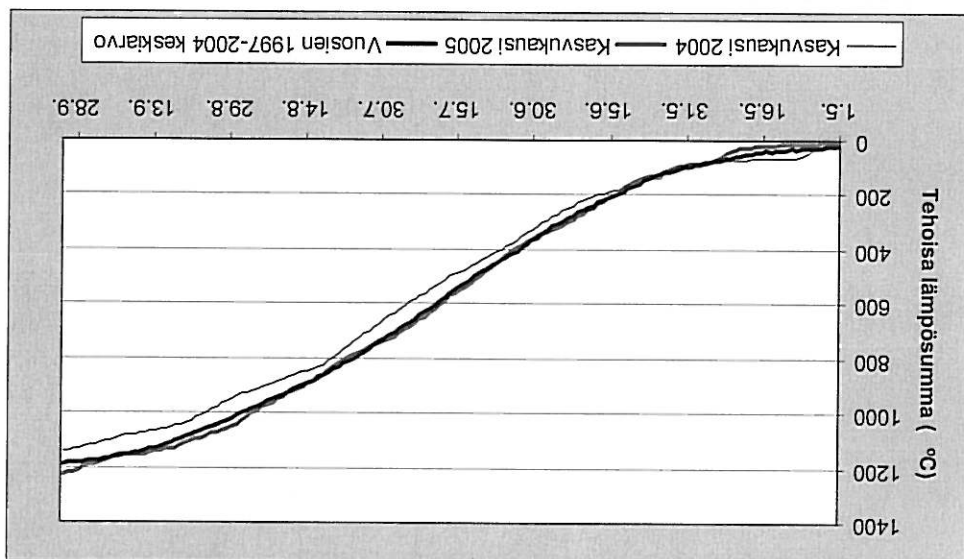
3.1.1.1 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon

3.1.1 Kasvukausi 2004

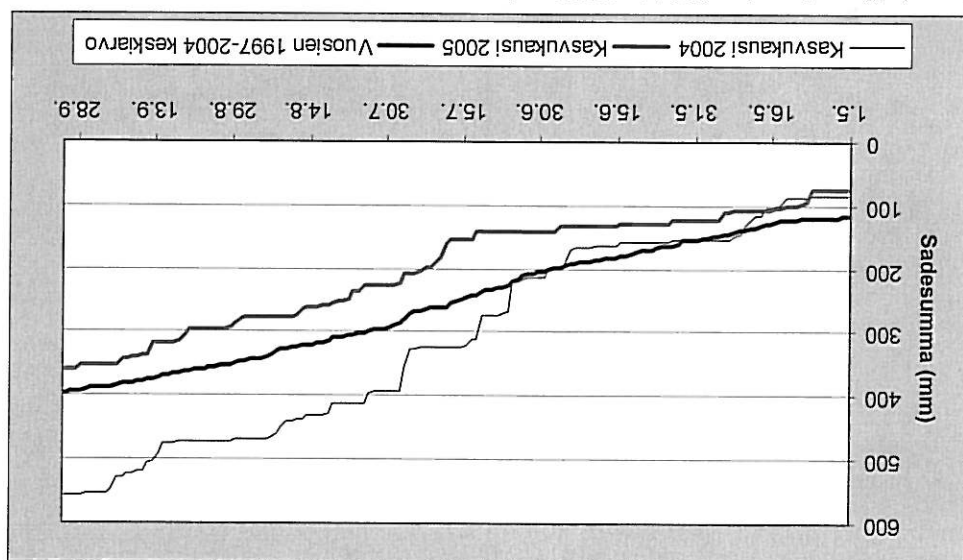
3.1 Kuonat

3. Tulokset

Kuva 2. Kasvukausien 2004 ja 2005 tehoina lämpösoma sekä pitkän ajanjakson (1997-2004) keskiarvo Oulunsalon lentoasemalla.



Kuva 1. Kasvukausien 2004 ja 2005 sadesusma sekä pitkän ajanjakson (1997-2004) keskiarvo Oulunsalon lentoasemalla.



Kaikki kuonat nostivat maan pH:ta (Taulukko 6). Nopeampivaikutteinen teräskuona nosti maan pH:ta tehokkaammin kuin hitaammia masuunikuonia. Kuonien vaikutus maan happamuuteen oli yllättävän voimakasta, sillä jo 5 tonnia teräskuonaa hehtaarille nosti pH:ta yli pH-yksikön ylöspäin. Tämä vaikutus havaittiin jo kasvukauden aikaisessa pH-määrityksessä. Masuunikuonan vaikutus oli vähäisempi; 60 tonnia masuunikuonaa hehtaarille vastasi 10 tonnin teräskuona-annosta. Koverharin masuunikuona nosti maan pH:ta tehokkaammin kuin Raahen masuunikuona.

Ensimmäisellä kasvukaudella kaikki kuonat ja kuonamäärät vaikuttivat useisiin mitattuihin ravinnepitoisuuksiin (Taulukko 7). Poikkeus oli maan K-pitoisuus, johon millään kasiteilyllä ei ollut vaikutusta, vaikka kuonat sisältävät myös hieman kaliumia. Kaikki kuonat lisäsivät tehokkaasti maan Ca-pitoisuutta, teräskuonat selvästi enemmän kuin masuunikuonat. Mitä suurempi oli kuonan käyttömäärä, sitä enemmän Ca-pitoisuus lisäntyi. Kaikki masuunikuonan käyttömäärät, mutta vain suurin teräskuonan käyttömäärä, lisäsivät maan Mg-pitoisuutta. Koverharin masuunikuona nosti maan Mg-pitoisuutta jonkin verran Raahen masuunikuonaa enemmän. Koverharin masuunikuonan tehokkaampi maan pH:ta nostava vaikutus on erityisesti Mg-lähtöistä. Koska teräskuona lisäsi maan Ca-pitoisuutta ja masuunikuona erityisesti Mg-pitoisuutta, teräskuonan käyttö nosti maan Ca/Mg-suhdetta voimakkaasti ja masuunikuonan käyttö laski sitä hieman. Maan optimaalinen Ca/Mg-suhte on noin 10; suurimmalla teräskuonatasolla se oli syksyllä 65 ja suurimmalla masuunikuonatasolla 5,3.

Samalla kun kuonat vähensivät maan happamuutta, ne vapauttivat maahan sitoutunutta fosforia kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Erityisesti teräskuona, joka nosti maan pH:ta masuunikuonia tehokkaammin, lisäsi myös maan P-pitoisuutta.

Teräskuona nosti maan Cu-pitoisuutta käyttömäärien mukaan. Vaikka sekä terästä maasuunikuona sisältävät mangaania, kaikki kuonat vähensivät maan Mn-pitoisuutta kontrolliin verrattuna. Mangaanin käyttökelpoisuus kasveille vähenee maan pH:n noustessa, joten pH:n noustessa kuonien vaikutuksesta maan Mn-pitoisuudet alenivat. Suurimmat kuonien käyttömäärät lisäsivät maan Zn-pitoisuutta. Kuonat eivät juuri vaikuttaneet maan S-pitoisuuteen.

Taulukko 6. Kuonien vaikutus maan pH-tasoon ensimmäisellä kasvukaudella(2004).

Kasiteily (t/ha)	Kesä (23.7.)	Syksy (24.9.)
Kasitelemätön	5,2	5,4
Teräskuona 5	6,5	6,4
Teräskuona 10	7,1	7,3
Teräskuona 50	8,2	7,9
Masuunikuona 6	5,7	5,8
Masuunikuona 12	5,8	6,1
Masuunikuona 60	7,0	7,3
Masuunikuona (K) 6	6,0	6,1

Taulukko 7. Kuonien vaikutus maan ravinnepitoisuuksiin ensimmäisellä kasvukaudella (2004).

Kasiteily (t/ha)	Johdol.	Ca	P	K	Mg	Cu	Mn	Zn	S	Ca/Mg
Kasitelemätön	0,9	390	44	83	51	28	64	3,1	15	7,9
Teräskuona 5	1,0	891	62	72	44	30	28	2,8	19	21
Teräskuona 10	1,3	1714	94	79	50	30	20	2,9	23	35
Teräskuona 50	1,6	4699	131	84	73	34	38	3,8	42	65
Masuunikuona 6	0,9	485	44	82	79	29	30	2,8	18	6,2
Masuunikuona 12	0,9	642	54	89	122	28	18	2,8	19	5,4
Masuunikuona 60	1,5	1478	69	91	280	29	15	3,2	28	5,3
Masuunikuona (K) 6	0,9	473	48	83	93	27	20	2,7	22	5,1

3.1.1.2 Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon

Kasvustohavainnot

Suurin teräskuonamäärä hidasti kasvuston kehitystä etenkin kasvukauden alussa, mutta erot olivat havaittavissa vielä ennen sadonkorjuuta (Taulukko 8).

Sadon määrä

Satotaso jäi epäedullisen kasvukauden vuoksi alhaiseksi (20-24 t/ha) (kuva 3). Käytetäessä suurinta teräskuonamäärää huomattavasti alhaisemmaksi (9 t/ha) kuin muissa käsittelyissä. Tämä johtunee maan korkeasta pH:sta (lähes 8) sekä vinoutuneesta ravinnetasapainosta, esimerkiksi maan Ca/Mg-suhde oli korkea (65). Suurin masuunikuonamäärä lisäsi kokonaissatoa. Tärkeisyyspitoisuuksissa ja sadon kokojakamissa ei ollut eroja käsittelyjen välillä.

Sadon ulkoinen laatu

Koska kasvukausi 2004 oli satainen, rupaa esiintyi vähän eikä kuonien vaikutuksia perunarupeen voitu luotettavasti arvioida. Eri käsittelyjen sadossa rupsia (> 10 % pinnasta ruven peitossa) oli alle 1 % suurinta teräskuonamäärä lukuun ottamatta, jossa rupsia oli 2,5 % (Taulukko 9). Mukuloiden pinnasta yli 25 % oli ruven peitossa, ei havaittu ollenkaan (Taulukko 10).

Terveiden mukuloiden osuus käsittelemättömien ruutujen sadosta oli noin 70 % (Taulukko 9). Alimmat sekä teräs- että masuunikuonamäärät vähensivät terveiden osuutta jopa 15 %. Sadossa esiintyi runsaasti seittirupsia mukuloiden välisen ajan pitkeytymisen, mikä lisäsi seittirupsuutta. Alimmat teräsen ja masuunikuonamäärät lisäsivät seittirupsien (> 10 %) osuutta jonkin verran. Tämä voi johtua siitä, että näissä käsittelyissä maan pH (5,8-6,4) oli optimitasolla seittirupaa aiheuttavan sienien (*Rhizoctonia solani*) kannalta. Nämä kuonakäsittelyt näyttivät lisäävän erityisesti ankarimman seittirupiluokan (>25 % pinnasta ruven peitossa) osuutta, mikä suurensi keskimääräisen rupsiluokan arvoa (Taulukko 11). Satomukulioissa havaittiin seittirupen lisäksi mekaanisia vioituksia ja korkkeutuneita halkaamia, mutta näiden osuuksissa ei ollut eroja eri kuonakäsittelyjen välillä. Nämä viotukset lienevät seurausta huonoista sääoloista sadon aikana.

Sadon ravinteet

Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden ravinnepitoisuuksissa. Teräskuona, joka lisäsi tehokkaasti maan Ca-pitoisuutta, lisäsi myös mukuloiden Ca-pitoisuutta (kuva 4). Mitta suurempi oli teräskuonan käyttömäärä, sitä korkeampi oli mukulan Ca-pitoisuus. Sen sijaan masuunikuona ei juuri lisännyt mukuloiden Ca-pitoisuutta, vaikka vaikutukset maan Ca-pitoisuuksiin olivatkin havaittavissa. Masuunikuonat lisäsivät maan Mg-pitoisuutta, mikä seurauksena kationit (Ca, Mg ja K) luultavasti kilpailivat keskenään. Tähän viittaa se, että korkeimmilla teräskuonamäärillä Mg- ja K-pitoisuudet olivat alentuneet (Kuvat 5 ja 6), kun taas Ca-pitoisuudet olivat korkeat, ts. teräskuonan mukana tullut suuri Ca-ionien määrä häirtäsi mukulan magnesiumin ja kaliumin ottoa.

Rupibakteerin määrä

Mukuloiden rupilaisuista PCR-menetelmällä tehdyjen määrittysten perusteella ruvenaiheuttaja oli pohjanrupibakteeri (*S. turgidiscabies*). Pohjanrupibakteerin on havaittu aiemminkin aiheuttavan rupaa kosteissa oloissa ns. tavallista rupibakteeria (*S. scabies*) tehokkaammin (Lehtonen ym. 2003).

Taulukko 8. Kruonien vaikutus taimettumiseen ja kasvuston kehitykseen kasvukaudella 2004. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.

Käsitteily (t/ha)	Taimettu- minen vrk	Kehitysaste (Hack ym. 1993 mukaan)											
		34	23 bc	34	24 ab	34	24 ab	31 b	34 a	51	64	73	83 ab
Masunniukuona 5	34	24 ab	32 ab	34 a	34 a	32 ab	34 a	34 a	52	63	75	83 ab	89
Masunniukuona 10	34	24 ab	31 b	34 a	34 a	31 b	34 a	34 a	52	65	73	83 ab	89
Masunniukuona 50	36	21 c	26 c	29 b	34 a	26 c	29 b	46	56	70	81 c	88	89
Masunniukuona 6	34	24 ab	31 b	34 a	34 a	31 b	34 a	51	64	73	83 a	89	89
Masunniukuona 12	34	24 ab	33 a	35 a	34 a	33 a	35 a	51	61	73	83 ab	89	89
Masunniukuona 60	33	26 a	33 a	35 a	34 a	33 a	35 a	52	66	73	82 b	89	89
Masunniukuona (k) 6	34	25 ab	32 ab	34 a	34 a	32 ab	34 a	51	63	78	83 ab	89	89

Taulukko 9. Kasvukauden 2004 sadossa havaitut ulkoisen laadun viotukset ja niiden osuudet (paino-%).

Käsitteily (t/ha)	Terveet	Rupiset >10 %	Seittrupiset >10 %	Mekaaniset vialat	Korkkeutuneet halkeamat	Muut	Käsitteily (t/ha)											
							Käsittelemätön	Teräskuona 5	Teräskuona 10	Teräskuona 50	Masunniukuona 6	Masunniukuona 12	Masunniukuona 60	Masunniukuona (k) 6				
Masunniukuona 5	55	0,0	27	11	7,1	4,0	4,7	2,9	1,9	1,3	2,5	6,1	1,4					
Teräskuona 5	73	0,0	10	9,8	6,9	4,7	4,7	2,9	1,9	1,3	2,5	6,1	1,4					
Teräskuona 10	73	0,0	10	9,8	6,9	4,7	4,7	2,9	1,9	1,3	2,5	6,1	1,4					
Teräskuona 50	78	2,5	7,6	8,3	0,8	2,9	2,9	1,9	1,3	2,5	6,1	1,4	1,4					
Masunniukuona 6	53	0,1	29	17	2,0	1,9	1,9	1,3	2,5	6,1	1,4	1,4	1,4					
Masunniukuona 12	74	0,0	9,0	12	4,6	1,3	1,3	2,5	6,1	1,4	1,4	1,4	1,4					
Masunniukuona 60	72	0,0	11	13	4,1	2,5	2,5	6,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4					
Masunniukuona (k) 6	61	0,1	21	6,1	12	6,1	6,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4					

Taulukko 10. Perunoiden jakautuminen rupiluokkiin ruven peittävyden mukaan.

Käsitteily (t/ha)	Rupiluokkaan kuuluvien mukuloiden osuus (paino-%)	Käsitteily (t/ha)											
		< 1 %	1-10 %	10-25 %	25-50 %	50-75 %	75-100 %						
Masunniukuona 5	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Teräskuona 5	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Teräskuona 10	100	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Teräskuona 50	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Masunniukuona 6	99	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Masunniukuona 12	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Masunniukuona 60	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Masunniukuona (k) 6	99	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Taulukko 11. Perunoiden jakautuminen seittrupiluokkiin seittrupipahkojen peittävyden mukaan. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.

Käsitteily (t/ha)	Seittrupiluokkaan kuuluvien mukuloiden osuus (paino-%)	Keski- määräinen rupiluokka ¹⁾	Käsitteily (t/ha)											
			< 1 %	1-10 %	10-25 %	> 25 %								
Masunniukuona 5	70	1,7	11	6,1	11	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Teräskuona 5	86	4,0	7,1	0,5	2,3	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Teräskuona 10	86	4,0	7,1	0,5	2,3	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Teräskuona 50	92	0,8	3,0	1,8	2,6	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Masunniukuona 6	63	11	9,3	4,8	12	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Masunniukuona 12	89	4,4	2,8	1,3	2,9	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Masunniukuona 60	88	4,2	5,9	1,8	0,4	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		
Masunniukuona (k) 6	74	6,8	9,6	5,0	4,8	1,85 ab	1,29 c	1,22 c	1,92 a	1,25 c	1,23 c	1,60 a		

¹⁾ Keskimääräinen rupiluokka on laskettu luokkien osuuksien painotettuna keskiarvona.

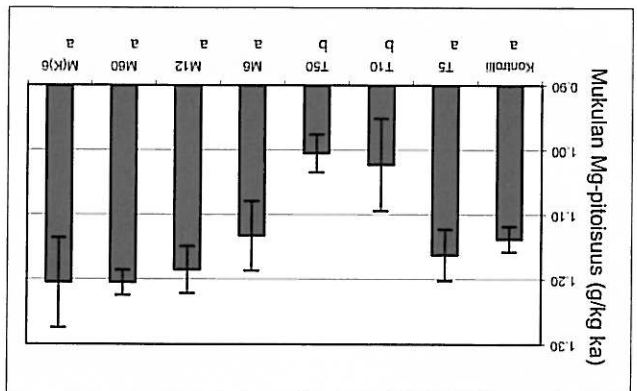
Kasvukausien välillä maan pH ja ravinnepitoisuudet lasivat lähes yhtä jyrkästi, kuin ne olivat kuonien vaikutuksesta nousseet (Taulukko 12). Keväällä 2005 masuunikuonan vaikutus pH:hon ja Ca-pitoisuuteen ei suurinta käyttömäärää lukuun ottamatta ollut enää havaittavissa. Maan pH:n nousu korkeimmalla masuunikuonan käyttömäärällä johtui korkeasta Mg-pitoisuudesta. Koverharin masuunikuona nosti tehokkaammin sekä maan pH:ta että erityisesti Mg-pitoisuutta kuin Raahen masuunikuona. Teräskuonan vaikutus pH:hon ja Ca-pitoisuuteen oli havaittavissa vielä keväällä 2005, joskin 5 ja 10 tonnin käyttömäärien välinen ero oli pieni.

Kasveille käyttökelpoisen liukoisen fosforin pitoisuus maassa oli keväällä 2005 suurempi enää teräskuonan suurimmalla käyttömäärällä, joka nosti myös pH:ta muita käsiteljiä enemmän. Kasveille käyttökelpoisen mangaanin pitoisuudet olivat nousseet syksyn 2004 arvoista lukuun ottamatta korkeinta teräskuonamäärää. Muissa maan ravinnepitoisuuksissa ei ollut eroja käsitteilyiden välillä.

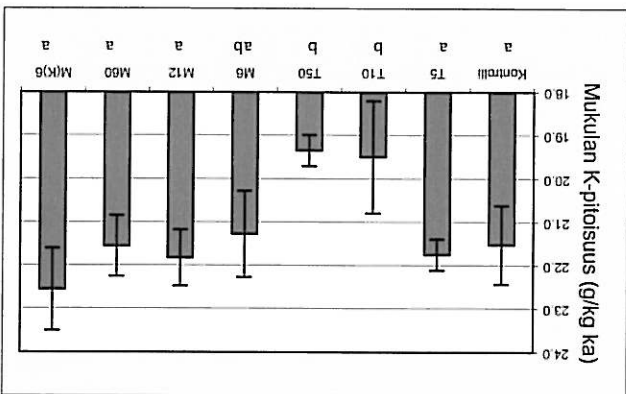
3.1.2 Kasvukausi 2005

3.1.2.1 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon

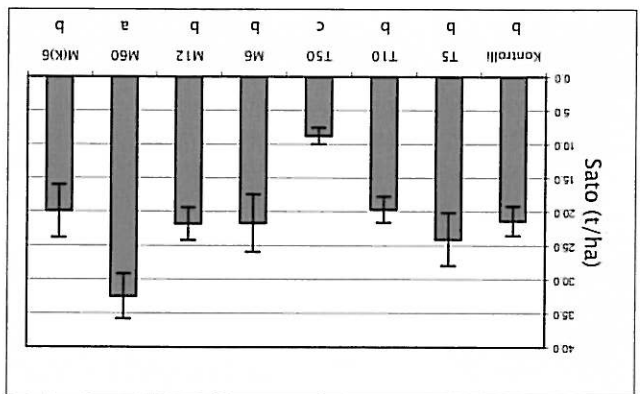
Kuva 5. Mukuoloiden Mg-pitoisuus vuoden 2004 sadossa. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



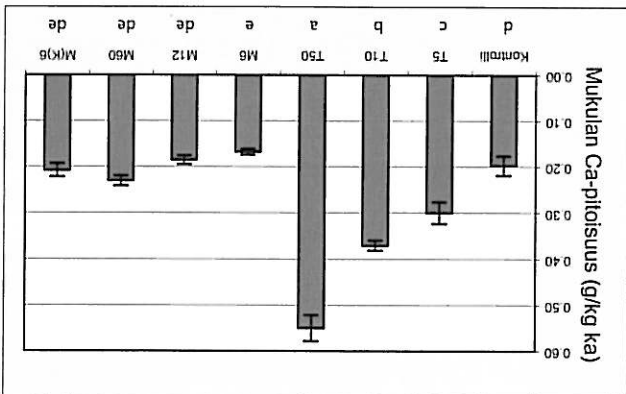
Kuva 6. Mukuoloiden K- pitoisuus vuoden 2004 sadossa. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



Kuva 3. Vuoden 2004 kokonaissto. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



Kuva 4. Mukuoloiden Ca-pitoisuus vuoden 2004 sadossa. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



Maan pH:n ja ravinnepitoisuuksien lasku sekä käsitteilyjen välisten erojen pienenneminen kasvukausien välillä johtuneen huuhtoutumisen seurauksena. Maasta sataisen kasvukauden ja syksyn 2004 seurauksena.

Kasvukauden 2005 aikana eri käyttömäärien välillä ei ollut havaittavissa eroja maan pH:ssa lukuun ottamatta suurimpia käyttömääriä, jotka nostivat maan pH:ta. Huuhtoutumisen seurauksena luulta vasti vain suurimmista käyttömääristä oli jäljellä liukenevat aineita niin paljon, että se pystyi lisäämään maan pH:ta. Kasvukauden aikana suurimmat kuonien käyttömäärät lisäsivät maan Ca-pitoisuutta, teräskuonat masuunikuonia tehokkaammin. Pienintä käyttömäärää lukuun ottamatta masuunikuonat lisäsivät myös maan Mg-pitoisuutta. Sen sijaan teräskuonat eivät vaikuttaneet Mg-pitoisuuksiin.

Muokkauksesta otettujen näytteiden lisäksi syksyllä 2005 otettiin näytteitä pohjamaasta 30-60 sentin syvyydeltä. Maanäytteistä määrätettiin liukoisen, kasveille käyttökelpoisen kalsiumin lisäksi maan kokonaiskalsiumin määrä. Ylimääräisillä näytteillä ei saatu lisätieto ravinteiden mahdollisesta huuhtoutumisesta ja/tai sitoutumisesta muokkauksen alapuoleliseen jankkoon kasvukausien välillä. Kuonien käyttömäärät nostivat jonkin verran ja suurimmat kuonamäärät huomattavasti maan kokonaiskalsiumin pitoisuuksia muokkauksessa. Sen sijaan vain suurimpien käyttö-määrien vaikutus liukoiseen ja kokonaiskalsiumiin oli havaittavissa jankossa. Vain suurin teräskuona käyttömäärä vaikutti jankon pH:hon ja samalla P-pitoisuuteen. Sen sijaan jo 12 tn/ha maasuunikuonaa vaikutti jankon Mg-pitoisuuteen.

Taulukko 12. Kuonien vaikutus maan pH ja ravinnetasoon toisella kasvukaudella (2005).

Käsitteily (tha)	pH	Ca	P	K	Mg	Cu	Mn	Zn	S	Ca/M	Kok Ca
Kevät											
Käsittelemätön	5,4	354	48	112	49	30	67	3,2	26	5,6	9,7
Teräskuona 5	5,7	457	48	118	49	28	52	3,1	29	9,7	12,4
Teräskuona 10	5,8	516	51	113	42	28	34	2,8	22	12,4	22,9
Teräskuona 50	6,5	1130	64	119	51	29	25	3,1	35	22,9	6,6
Masuunikuona 6	5,4	358	46	112	56	29	53	3,1	25	6,6	6,5
Masuunikuona 12	5,5	379	48	113	59	28	37	3,2	23	6,5	5,5
Masuunikuona 60	5,8	569	49	117	104	28	44	3,1	32	5,5	6,4
Masuunikuona (K) 6	5,5	374	47	122	58	28	42	3,0	37		
Syksy 0-30 cm											
Käsittelemätön	5,2	418	45	85	66	27	74	3,1	106	6,3	2118
Teräskuona 5	5,6	561	46	63	56	28	64	3,0	81	10,5	2393
Teräskuona 10	5,8	643	50	77	49	26	36	2,7	85	13,3	2503
Teräskuona 50	7,3	2708	90	81	68	32	27	3,5	102	39,8	6760
Masuunikuona 6	5,2	414	41	83	71	28	69	3,1	93	5,8	2450
Masuunikuona 12	5,5	543	45	91	103	28	50	3,2	93	5,3	2313
Masuunikuona 60	6,1	963	54	90	191	26	33	3,0	100	5,1	4885
Masuunikuona (K) 6	5,4	430	41	76	88	28	50	2,9	96	4,9	2058
Syksy 30-60 cm											
Käsittelemätön	5,5	246	32	67	49	12	42	2,5	50	5,1	1435
Teräskuona 5	5,5	269	31	49	44	9	36	2,1	47	6,1	1425
Teräskuona 10	5,6	280	36	54	35	11	22	1,7	42	8,4	1340
Teräskuona 50	6,5	671	56	70	46	13	19	2,5	32	15,1	1958
Masuunikuona 6	5,3	214	36	58	41	13	44	2,4	37	5,2	1498
Masuunikuona 12	5,5	332	40	77	65	14	44	3,7	55	5,2	1430
Masuunikuona 60	5,7	331	31	60	70	11	31	2,5	46	4,8	1678
Masuunikuona (K) 6	5,4	243	35	55	53	12	36	2,5	58	4,7	1303

3.1.2.2 Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon

Kasvustohavainnot

Suurin teräskuonamäärä hidasti kasvuston alkukehitystä jonkin verran (Taulukko 13).

Sadon määrä

Kasvukauden 2005 satotaso oli huomattavasti korkeampi kuin kasvukauden 2004. Kokonaisadon määrä oli 42-49 t/ha eikä käsitteilyjen välillä ollut eroja (Kuva 7). Myöskään tärkeispuitteluissa ja sadon kokoajakaudissa ei ollut eroja käsitteilyjen välillä.

Sadon ulkoiset laatu

Sadossa esiintyi rupea runsaasti (Taulukko 14). Tämä johtuu siitä, että kasvukauden alku oli kuiva, joten mukulanmuodostuksen alkuvaihe, jota pidetään tärkeänä ruven muodostumisen kannalta (Stevenson ym. 2001), osui kuivaan aikaan. Suurinta teräskuonamäärä lukuun ottamatta kuonallisyksykset lisäsivät joko ruven esiintymistä (Kuva 11) tai ankaruutta (Kuva 12). Tämä voi johtua siitä, että alnoastaan suurimmalla teräskuonamäärällä maan pH pysyi korkeana (7,3), kun taas käytettäessä pienempää kuonamäärää, pH laski ja oli rupea aiheuttavien bakteerien kannalta edullisella tasolla (pH 5,2-6,1).

Terveiden osuus käsittelemättömien ruutujen sadosta oli noin 70 % (Taulukko 14). Satomukuloissa havaittiin ruven lisäksi runsaasti mekaanisia mattovikkoja. Tähän lienee syytä se, että kasvustot olivat noston aikana vielä suurelta osin tuleentumattomia ja kuori kehittyvät, jolloin mukulat vaurioituivat helposti. Seittirupea esiintyi vähän.

Sadon ravinteet

Vuonna 2005 maan ravinnepitoisuudet olivat alentuneet ja eri kuonallisyksien aiheuttamat erot tasoituneet. Myöskään mukuloiden ravinnepitoisuuksissa ei ollut enää juuri eroja eri käsitteilyjen välillä. Mukuloiden Ca-pitoisuus oli muita suurempi vain silloin, kun oli käytetty suurinta teräskuonamäärää (Kuva 8). Sen sijaan Mg- ja K-pitoisuuksissa ei ollut eroja eri kuonien ja kuonamäärien välillä (Kuvat 9 ja 10).

Rupibakteerin määrä

Mukuloiden rupilalkuisista tehdyissä määrityksissä ruvenaiheuttaja oli sekä pohjanrupibakteeri että ns. tavallinen rupibakteeri.

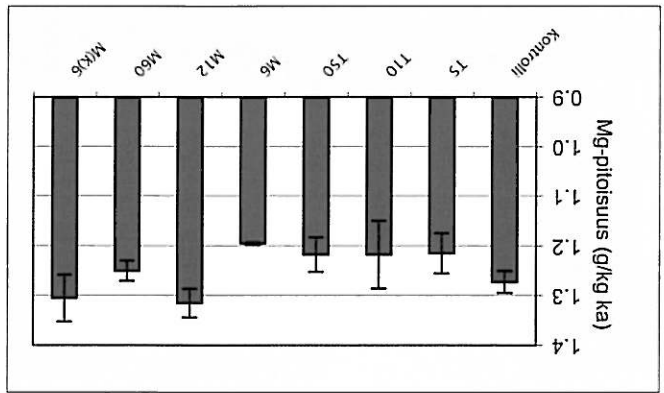
Taulukko 13. Kuonien vaikutus taimettumiseen ja kasvuston kehitykseen kasvukaudella 2005.

Käsitely (t/ha)	Taimettumisaika vrk	8.7.	21.7.	2.8.	17.8.	29.8.
Käsittelemätön	20	43	67	71	81	82
Teräskuona 5	21	37	67	71	81	81
Teräskuona 10	21	39	67	71	80	80
Teräskuona 50	21	32	66	70	80	80
Masunikuona 6	20	36	67	71	81	81
Masunikuona 12	20	37	67	71	81	81
Masunikuona 60	21	37	68	71	80	81
Masunikuona (K) 6	21	40	67	71	81	81

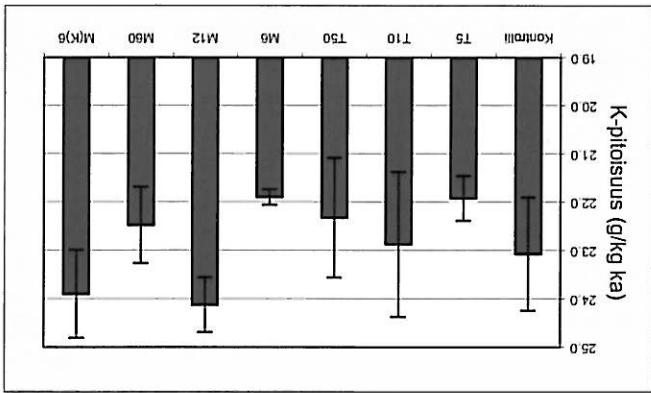
Käsitelämätön	70	4,8	0,2	19	6,5
Teräskuona 5	64	21	0,0	13	2,1
Teräskuona 10	63	22	1,0	13	0,8
Teräskuona 50	78	8,0	0,3	11	2,8
Masunuikuona 6	60	19	2,5	13	5,9
Masunuikuona 12	54	25	0,0	15	5,5
Masunuikuona 60	60	24	2,0	11	2,8
Masunuikuona (K) 6	62	21	1,6	13	2,8
Terveet					
Rupiset		>10 %			
Seittrupiset		>10 %			
Mekaaniset					
Muut					

Taulukko 14. Kasvukauden 2005 sadossa havaitut ulkoisen laadun viotukset ja niiden osuudet (paino-%).

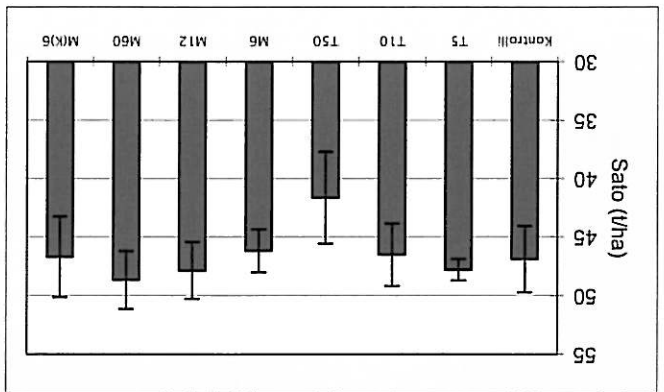
Kuva 9. Mukan Mg-pitoisuus vuoden 2005 sadossa.



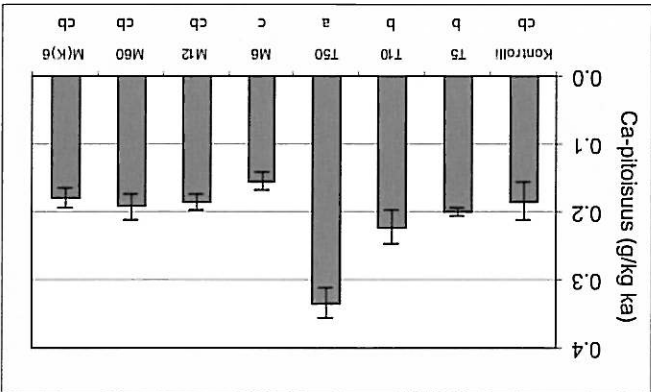
Kuva 10. Mukan K-pitoisuus vuoden 2005 sadossa.



Kuva 7. Vuoden 2005 kokonaissto.



Kuva 8. Mukan Ca-pitoisuus vuoden 2004 sadossa. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkittävästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



Testaus perustettiin perunatuotannossa ollleille pelloille, jonka maan pH oli varsin korkea (keski-määrin pH 6,7). Maa oli maatalajillaan hienoa hietaa ja humuspitoisuudeltaan vähämuuttais-ta/muuttavaa. Rikikikäsittelyillä ei ollut vaikutusta maan pH:hon (Taulukko 15). Ensimmäisenä kas-vukautena pH määritettiin kolme kertaa kasvukauden aikana. Kesällä ja syksyllä maan pH oli al-haisin käsittelemättömissä ruuduissa, vaikka rikkiänsä tarkoituksena oli hapattaa maata. Seuraa-

3.2.1 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon

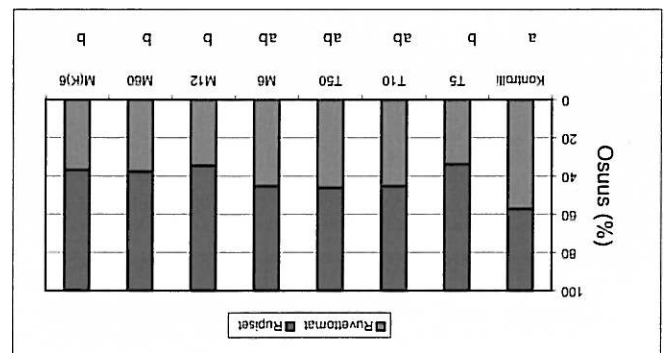
Alkuaikainerikiksiäksen tarkoituksena oli hapattaa maata ja siten vähentää sadon rupsisuutta. Rikin on useissa kokeissa havaittu vähentävän rupsua, joskaan vaikutusmekanismia ei tunneta (Keinath & Loria, 1989). Useimmat tutkimukset viittaavat siihen, että rikin vaikutus perustuu sen maan pH:ta alentavaan vaikutukseen rikin hapetuessa sulfaattiksi (Scherer, 2001). Alkuaikainerikki ei itses-sään ole toksista tavalliselle rupibakteerille, sen sijaan anaerobeissa oloissa rikistä muodostuva vetysulfidi on (Keinath & Loria, 1989). Tässä kokeessa alkuaikainerikki ei kuitenkaan vaikuttanut maan pH-tasoon eikä ravinnepitoisuuksiin. Tämä voi johtua kahdesta syystä: joko käyttömäärät olivat riittämättömiä tai käytetty alkuaikainerikki oli kokonaan liukenevatonta tai niukkaluukoista. Luul-tavasti kyse oli jälkimmäisestä, sillä alkuaikainerikin maassa mikrobiologisesti tapahtuva hapettumi-nen on hidasta ja riippuvaisista maaperän oloista (Scherer, 2001).

3.2 Rikki

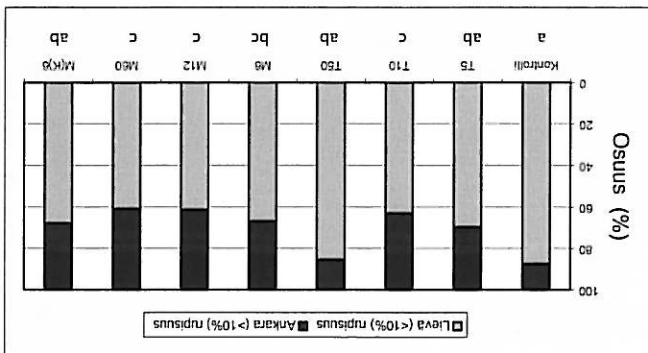
- Ensimmäisellä kasvukaudella kuonat vaikuttivat tehokkaasti. Teräskuonat nostivat maan pH:ta ja Ca-pitoisuutta ja masuunkuonat Mg-pitoisuutta.
- Seuraavaan kasvukautteen mennessä maan pH ja ravinnepitoisuudet laskevat voimakkaasti ja käsitteilyjen väliset erot pienenevät. Tämä lienee seurauksena huuhtoutumisesta karkeasta ja huonosti ravinteita pidättävästä maasta.
- Allimpien käyttömäärien vähäiset vaikutukset toisella kasvukaudella (2005) viittaavat siihen, että sataisella kasvukaudella 2004 kuonat liukenevat poikkeuksellisen tehokkaasti.
- Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden ravinnepitoisuuksissa ensimmäisenä vuonna. Vuonna 2004 suurin teräskuonamäärä (50 t/ha) hidasti kasvuston kehitystä ja alensi satoa.
- Suurin teräskuonamäärä (50 t/ha) ei lisännyt rupsisuutta. Muut kuonat näyttivät lisäävän ru-ven esiintymistä ja/tai sen ankaruutta.

3.1.3 Johtopäätökset

Kuva 11. Kuonien vaikutus rupsireiden esiintymiseen satomukuloissa 2005. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



Kuva 12. Kuonien vaikutus rupsireiden ankaruuteen rupsissa mukoissa vuoden 2005 sadossa. Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla $p < 0,05$.



- Alkuainerikkilannoituksen epäonnistuminen saattoi johtua siitä, että käyttömäärät olivat riittämättömiä tai kauppavalmiste oli liukenematon tai niukkaliukoista.
- Ruppea oli toisena kasvukautena runsaasti, mutta eri rikkimäärien välillä ei ollut eroja.
- Rikkiliisäys ei vaikuttanut perunan kasvuun, satoon eikä sadon laatuun kumpanakaan kasvukautena.
- Alkuainerikkilannoituksella ei ollut toivottua maan happamuutta ja/tai rikkipitoisuutta lisäävää vaikutusta.

3.2.3 Johtopäätökset

Käsittelemätön	Käsitteley (kg/ha)	Ruپی	Seittrupi	Mekaaniset	Muut
Alkuainerikki (Brimstone) 45	26	63	0,0	8,9	2,0
Alkuainerikki (Brimstone) 90	34	57	0,8	5,2	3,7
Alkuainerikki (Brimstone) 270	23	65	0,8	6,7	4,9
		>10 %	>10 %	viat	
		Terheet			

Talukko 19. Kasvukauden 2005 sadossa havaitut ulkoisen laadun vioitukset ja niiden osuudet (paino-%).

Käsittelemätön	Käsitteley (kg/ha)	Ruپی	Seittrupi	Vihertyneet	Mekaaniset	Muut
Alkuainerikki (Brimstone) 45	79	3,8	4,2	4,6	4,7	4,9
Alkuainerikki (Brimstone) 90	79	0,9	3,4	7,2	6,8	3,8
Alkuainerikki (Brimstone) 270	81	3,4	3,6	4,7	4,4	2,8
Rikkiliannos (MicroPlus) 4,8	80	2,0	2,2	7,4	5,3	3,4
		>10 %	>10 %	viat		
		Terheet				

Talukko 18. Kasvukauden 2004 sadossa havaitut ulkoisen laadun vioitukset ja niiden osuudet (paino-%).

Käsitteley (kg/ha)	2004		2005	
	Tärkeisy- Sato (t/ha)	Tärkeisy- Kuiva-aine- pitoisuus (%)	Sato (t/ha)	Tärkeisy- pitoisuus (%)
Käsittelemätön	27,9	14,2 b	37,1	16,3
Alkuainerikki (Brimstone) 45	29,2	14,3 b	36,9	16,0
Alkuainerikki (Brimstone) 90	29,0	13,8 b	36,3	15,6
Alkuainerikki (Brimstone) 270	28,9	13,7 b	38,3	16,5
Rikkiliannos (MicroPlus) 4,8	28,2	15,5 a	et	et

et = ei testattu

Talukko 17. Kasvukauden 2004 ja 2005 kokonaissato sekä sadon tärkeisy- ja kuiva-ainepitoisuus.

Vuonna 2004 ruppiläikkujen vähäinen määrä vaikutti ruppiläikkujen määritystä. Ruvenaiheuttajaksi määritettiin sädebakteeri (*Streptomyces* spp.), mutta sen tarkempaa tunnistusta ei pystytty tekemään. Vuonna 2005 ruppiläikkujen eristetty ruvenaiheuttaja oli ns. tavallinen ruppiläikkö. Ainoa havaittu vaikutus oli ensimmäisenä koevuonna kasvuun levitetyllä rikkiliannoksella, joka sijaan vuonna 2005 ruppea esiintyi runsaasti, mutta käsitteleyjen välillä ei ollut eroja (Talukko 19). kumpanakaan kasvukautena (Talukko 17). Vuonna 2004 ruppea esiintyi vähän (Talukko 18). Sen rajoittaa kuitenkin se, että kyseinen käsitteley oli sijoitettu suojaruuuihin, joiden koko oli puolet muu- den ruutujen koosta.

4. Viitteet

- Bång, H. 1995. Effects of soil conditions on the prevalence of netted scab. Acta Agriculturae Scandinavica 45: 271-277.
- Hack, H., Gall, H., Klemke, Th., Klose, R., Meier, U., Strauss, R. & Witzemberger, A. 1993. Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel. Deut. Pflanzenschutzd., 45 (1): 11-19.
- Hiltunen, L.H., Weckman, A., Ylhäinen, A., Rita, H., Richter, E. & Valkonen, J.P.T. 2005. Responses of potato cultivars to the common scab pathogens, *Streptomyces scabies* and *S. turgidiscabies*. Annals of Applied Biology 146:395-403.
- Keinath, A.P. & Loria, R. 1989. Management of common scab of potato with plant nutrients. In: Engelhard, A.W. (ed.), Soilborne plant pathogens: Management of diseases with micro- and macroelements. The American Phytopathological Society, s. 152-166.
- Lentonen, M., Hiltunen, L., Isolahti, M., Koski, P., Laakso, I., Lauronen, M., Palohuhta, J.P., Ranta-ja, H., Reinikainen, O., Vihman, K., Virtanen, E., Weckman, A., Ylhäinen, A. & Valkonen, J. 2003. Perunaruven aiheuttajat ja niiden torjunta. Kasvapatologian hankeloppuraportteja no 2, Helsinkiin yliopisto, Sovittavan biologian laitos. 40 s. (ISBN 952-10-1083-5).
- Lentonen, M. J., Rantala, H., Kreuze, J. F., Bång, H., Kuisma, L., Koski, P., Virtanen, E., Vihman, K. & Valkonen, J. P. T. 2004. Occurrence and survival of potato scab pathogens (*Streptomyces scabies*) on tuber lesions: quick diagnosis based on a PCR-based assay. Plant Pathology 53: 280-287.
- Scherer, H.W. 2001. Sulphur in crop production – invited paper. European Journal of Agronomy 14:81-111.
- Stevenson, W. R., Loria, R., Franc, G. D. & Weingartner, D. P. 2001. Compendium of Potato Diseases, 2nd edn. St. Paul, MN, USA: APS Press.