



# Terästeollisuuden kuonat perunanviljelyssä

Lea Hiltunen, Kristian Forsman, Elina Virtanen, Anna Sipilä,  
Rita Kallio ja Raino Peltoniemi



MTT:n selvityksiä 148  
33 s.

## **Terästeollisuuden kuonat perunanviljelyssä**

Lea Hiltunen, Kristian Forsman, Elina Virtanen, Anna Sipilä,  
Rita Kallio ja Raino Peltoniemi

ISBN 978-952-487-139-6 (Painettu)  
ISBN 978-952-487-140-2 (Verkkajulkaisu)  
ISSN 1458-509X (Painettu)  
ISSN 1458-5103 (Verkkajulkaisu)  
<http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts148.pdf>

Copyright

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietohallinto, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2007

Kannen kuvat

Raino Peltoniemi ja MTT Ruukin kuva-arkisto

Painopaikka

Tampereen Yliopistopaino Juvenes Print Oy

# Terästeollisuuden kuonat perunanviljelyssä

Lea Hiltunen<sup>1)</sup>, Kristian Forsman<sup>1)</sup>, Elina Virtanen<sup>1)</sup>, Anna Sipilä<sup>1)</sup>, Rita Kallio<sup>2)</sup>, Raino Peltoniemi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT, Biotekniikka ja elintarviketutkimus, Siemenperunabioteekniikka, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Rautaruukki Oyj, Mineraalituotteet, Kirkkokatu 28 B, 2100 Raahe, etunimi.sukunimi@ruukki.com

## Tiivistelmä

MTT Ruukissa selvitettiin vuosina 2004-2007 terästeollisuuden tuottamien kuonien vaikutuksia maan pH- ja ravinnetilaan sekä perunasadon määrään ja laatuun. Kenttäkokeessa verrattiin teräskuonan sekä Raahesta ja Koverharista peräisin olevan masuunikuonan eri käyttömääriä. Kuonat levitettiin hajalevityksenä kasvukauden 2004 alussa ja niiden vaikutuksia seurattiin kolmen kasvukauden ajan. Kokeissa käytettiin perunalajikkeina Sabinaa (2004) ja Van Goghia (2005 ja 2006).

Kuonat vaikuttivat maan pH- ja ravinnetasoon ominaisuuksiensa mukaisesti. Teräskuona nosti maan pH:ta ja kalsiumpitoisuutta tehokkaammin kuin masuunikuona. Masuunikuona puolestaan sisältää enemmän magnesiumia kuin teräskuona, ja tämä näkyi kohonneina maan magnesiumpitoisuuksina. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen pH- ja ravinnetasot alenivat ja käsittelyjen väliset erot pienenevät. Kuitenkin vielä neljän vuoden kuluttua kuonien levityksestä suurimpien teräs- (10 ja 50 t/ha) ja masuunikuonamäärien (60 t/ha) vaikutus näkyi kohonneena maan pH:na ja kalsiumpitoisuutena. Samalla kun kuonat nostivat maan pH:ta, ne vapauttivat maahan sitoutunutta fosforia kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kuonat vaikuttivat maan hivenravinnepitoisuuksiin vain ensimmäisellä kasvukaudella kuonalevityksen jälkeen. Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden ravinnepitoisuuksissa. Teräskuona, joka lisäsi tehokkaasti maan Ca-pitoisuutta, lisäsi myös mukuloiden kalsiumpitoisuutta.

Koevuosien sääolot olivat vaihtelevat ja vaikuttivat koetuloksiin. Sadot jäivät alhaisiksi kasvukaudella 2004 märkyiden ja kasvukaudella 2006 kuivuuden takia. Kalkituksessa ja maanparannuksessa normaalisti käytettävät kuonamäärät (5-12 t/ha) eivät vaikuttaneet kasvuston kehitykseen tai satoon. Sen sijaan normaaliin käyttömäärään verrattuna kymmenkertainen teräskuonamäärä (50 t/ha) hidasti kasvuston alkukehitystä kahdella ensimmäisellä kasvukaudella sekä vähensi sadon määrää ensimmäisellä kasvukaudella. Kuonalisäykset eivät vaikuttaneet sadon kokojakaumaan eivätkä tärkkelyspitoisuuteen.

Kuonien vaikutus perunarupeen vaihteli vuosittain. Kasvukausi 2004 oli sateinen ja rupea esiintyi niin vähän, ettei kuonien vaikutusta perunarupeen voitu arvioida. Vuonna 2005 suurinta teräskuonamäärää (50 t/ha) lukuun ottamatta kaikki kuonalisäykset lisäsivät ruven esiintymistä. Sen sijaan vuonna 2006 kuonat eivät vaikuttaneet merkittävästi ruven esiintymiseen. Kuonat eivät vaikuttaneet merkittävästi sadon ulkoiseen laatuun yhtenäkkään koevuonna.

---

*Avainsanat: peruna, Solanum tuberosum, siemenperuna, kuonat, teräskuona, masuunikuona, perunan taudit, perunarupi, perunan laatu, ravinteet*

---

# Use of slags in potato production

Lea Hiltunen<sup>1)</sup>, Kristian Forsman<sup>1)</sup>, Elina Virtanen<sup>1)</sup>, Anna Sipilä<sup>1)</sup>, Rita Kallio<sup>2)</sup>, Raino Peltoniemi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>MTT, Agrifood Research Finland, Biotechnology and Food Research, Seed Potato Biotechnology, Tutkimusasemantie 15, FI-92400 Ruukki, Finland, firstname.lastname@mtt.fi,

<sup>2)</sup>Rautaruukki Corporation, Co-Products, Kirkkokatu 28 B, FI-2100 Raahe, Finland, firstname.lastname@ruukki.com

## Abstract

In Finland, potatoes are often grown in soils with low pH (pH < 5.5). As the high pH is thought to favor the occurrence of common scab, growers have avoided liming, which has led to the acidification of soils. In acidic conditions, soil calcium content is low and availability to plants of many essential nutrients such as phosphorus is poor. Potato common scab is a disease that causes great financial losses in potato production. It is caused by two bacterial species, *Streptomyces scabies* and *S. turgidiscabies*. Control of common scab is difficult as there are no chemical control methods available. Traditionally, management of common scab has based on cultural practices such as maintaining low soil pH. However, in recent years these methods have proved less effective, probably due to the infestation of fields with *S. turgidiscabies*, which is tolerant of low pH, and an increase in the numbers of *S. scabies* strains adapted to acidic conditions. Therefore, new strategies for the control of this disease are needed. Use of slags in agriculture for liming and as fertilizer has a long tradition. The aim of this study was to investigate if converter and blast furnace slags produced by the steel industry could be used in potato production to raise soil pH and improve availability of nutrients to plants without increasing the risk for common scab.

The effect of slags on soil pH and nutrients as well as potato growth and yield, with a special emphasis on common scab, was investigated in a four year study in 2004-2007. The study was carried out as a field experiment using slags from Rautaruukki Corporation steel works in Raahe or Koverhar. Different rates of converter (5, 10, 50 t/ha) and blast furnace (6, 10, 60 t/ha) slags were applied in the spring 2004 and their effects on three successive potato crops of cvs Sabina (2004) and Van Gogh (2005 and 2006) were recorded.

In general, the slags increased effectively soil pH and nutrient levels on the first growing season after the amendments were made. Converter slag raised the soil pH and soil calcium content more effectively than blast furnace slag. In contrast, due to its higher magnesium content, blast furnace slag increased the soil magnesium level. On two subsequent years, soil pH and nutrient levels decreased and the differences between the rates and slag types were reduced. However, still four years after the applications, the effect of the highest rates of both converter (10 and 50 t/ha) and blast furnace slags (60 t/ha) on soil pH and soil calcium content was evident. Converter slag increased also the tuber calcium content.

The rates of slags normally used for liming (5-12 t/ha) did not affect the crop growth or the quantity or quality of the tuber crop. However, the highest rate of converter slag tested (50 t/ha) had a tendency to delay the crop growth during the first two growing seasons, which consequently affected the yield. The effect of slags on common scab varied from year to year. In 2004, only few scab symptoms were observed due to a wet growing season. Therefore, it was not possible to determine the effect of slags on scab. In 2005, all slag amendments apart from the highest rate of converter slag (50 t/ha) increased the scab incidence, whereas in 2006, the slags did not significantly affect the scab.

---

*Keywords: potato, Solanum tuberosum, seed potato, slags, converter slag, blast furnace slag, potato diseases, common scab, Streptomyces, potato quality, nutrients*

---

# Alkusanat

Monet kasvitaudit aiheuttavat ongelmia perunantuotannossa. Näistä perunarupi aiheuttaa eniten taloudellisia menetyksiä. Perunaruven torjuntaan ei ole tehokkaita torjuntakeinoja. Yhtenä ruventorjuntakeinona on ollut maan happamuuden pitäminen alhaisena, mutta se on johtanut viljelymaiden happamoitumiseen ja sen myötä moniin muihin ongelmiin kuten maan ravinnesuhteiden epätasapainoon sekä ravinteiden huuhtoutumiseen. Tämän työn tavoitteena oli selvittää kenttäkokeiden avulla raudan ja teräksen valmistuksen yhteydessä tuotettavien teräs- ja masuunikuonien soveltuvuutta perunanviljelyn kalkitus- ja maanparannusaineeksi ja etenkin niiden vaikutuksia perunarupeen.

Tutkimus tehtiin osana TE-keskuksen (EMOTR), Rautaruukki Oyj:n ja MTT Ruukin rahoituksella toteutettua Perunarupi kuriin Pohjois-Pohjanmaalla –hanketta. Yhteistyössä olivat lisäksi mukana Pohjois-Pohjanmaan perunanviljelijät. Hanketta hallinnoi ja koordinoi MTT Ruukki ja se toteutettiin Pohjois-Pohjanmaan siemenperunatuotantoalueella.

# Sisällysluettelo

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Johdanto .....                                | 7  |
| 2       | Aineisto ja menetelmät.....                   | 8  |
| 3       | Tulokset ja tulosten tarkastelu.....          | 10 |
| 3.1     | Sää.....                                      | 10 |
| 3.2     | Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon .....      | 11 |
| 3.3     | Vaikutus maan alkuainepitoisuuteen .....      | 14 |
| 3.4     | Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon..... | 15 |
| 3.4.1   | Kasvuston kehitys.....                        | 15 |
| 3.4.2   | Sato .....                                    | 15 |
| 3.4.2.1 | Sadon määrä.....                              | 15 |
| 3.4.2.2 | Sadon ulkoinen laatu.....                     | 16 |
| 3.4.2.3 | Sadon ravinteet .....                         | 18 |
| 3.5     | Rupibakteerin määrittäminen .....             | 19 |
| 4       | Yhteenveto .....                              | 20 |
|         | Kirjallisuus .....                            | 21 |
|         | Liitteet .....                                | 23 |

# 1 Johdanto

Perunaruupi on tällä hetkellä eniten taloudellisia menetyksiä aiheuttava kasvitauti perunatuotannossa. Laatuviointusten aiheuttamien taloudellisten menetysten lisäksi siemenperunassa esiintyvä perunaruupi voi alentaa sadon määrää, levittää rupibakteerilajeja ja -kantoja uusille alueille sekä lisätä seuraavan sadon rupisuutta (Bång 1995, Stevenson ym. 2001, Hiltunen ym. 2005). Perunaruuvan aiheuttajia meillä ovat ns. tavallinen rupibakteeri (*Streptomyces scabies*) ja pohjanrupibakteeri (*S. turgidiscabies*). Tehokkaiden torjuntamenetelmien puuttuessa perunaruupea on torjuttu pääasiassa viljelyteknisin keinoin. Yhtenä ruventorjuntakeinona on käytetty maan happamuuden pitämistä alhaisena, mutta se on johdannut viljelymaiden happamoitumiseen, ravinnesuhteiden vääristymiseen ja yleisen viljavuuden laskuun (Lemola ym. 2000). Happamissa oloissa kasvuun tarvittavat ravinteet sitoutuvat maaperään ja ovat osittain kasvin saavuttamattomissa, mikä puolestaan vaikuttaa merkittävästi perunan kehittymiseen ja satoon. Lisäksi happamassa maassa lannoitteista tulevien ravinteiden huuhtoutumisriski kasvaa. Viime vuosina on havaittu, että maan pitäminen happamana ei aina ole riittävä ruventorjuntakeino, sillä perunamaille on saattanut valikoitua happamuutta paremmin kestävä pohjanrupibakteeri tai tavallisen rupibakteerin happamampia oloja sietäviä kantoja (Lehtonen yms. 2003, Valkonen 2004). Ruventorjuntaan kaivataan siis uusia keinoja, jotka ovat toisaalta tehokkaampia, toisaalta ottavat huomioon ravinnetalouden kokonaisuudessaan. Kuonien käyttöä perunanviljelyssä on pidetty yhtenä tällaisena menetelmänä, sillä aiemmissa kenttäkokeissa kuonien ei ole todettu lisäävän perunaruupea huolimatta siitä, että ne nostavat maan pH:ta (Hakkola 1984,1993).

Rauta- ja terästeollisuuden sivutuotteina tuotettavia teräs- ja masuunikuonia on käytetty maataloudessa 1970-luvulta alkaen ensisijaisesti kalkitus- ja maanparannusaineina. Nykyisin niitä käytetään vuosittain keskimäärin 150 000 tonnia, josta teräskuonaa on 70 % ja masuunikuonaa 30 %. Jaakkola (1979), Hakkola (1984) ja Jaakkola ym. (1985) tutkivat kuonien käyttöä kalkitus- ja maanparannusaineina monilla eri viljelykasveilla. Näissä kokeissa teräskuona osoittautui neutralointikyvyltään masuunikuonaa tehokkaammaksi. Kuonien neutralointiteho oli yleensä jonkin verran kalkkikivijauhetta tai dolomiittikalkkia heikompi, joskin teho vaihteli hiukkaskoon mukaan. Hakkolan (1984) kokeissa kuonat (12 t/ha) eivät lisänneet kokeissa olleiden kasvien (kaura, ohra, timotei) lyijy-, kadmium- tai kromipitoisuuksia, mutta eivät myöskään vaikuttaneet kasvien hivenravinnepitoisuuksiin. Monivuotisissa perunakokeissa (Hakkola 1984, 1993) masuuni- ja teräskuona (5 t/ha) eivät vaikuttaneet perunasadon määrään eivätkä laatuun. Vaikka kalkitus tehtiin perunalle eikä välikasville, kuonien käyttö ei lisännyt perunan rupisuutta.

MTT Ruukissa selvitettiin vuosina 2004-2007 teräs- ja masuunikuonien soveltuvuutta perunanviljelyn kalkitus- ja maanparannusaineeksi. Kokeiden tavoitteena oli selvittää eri kuonalajien ja niiden määrien vaikutuksia perunarupeen, perunasadon määrään ja laatuun sekä maan ravinnetilaan. Lisäksi vuonna 2006 haluttiin selvittää, vaikuttaako kuonaliäisyys maan alkuainepitoisuuksiin.



## 2 Aineisto ja menetelmät

Kenttäkoe (Liite 1) perustettiin Lumijoelle aiemmin perunatuotannossa olleelle lohkolle, jonka maan pH oli 5,1. Kasvukauden 2004 alussa lohkolle levitettiin eri määriä Rautaruukki Oyj:n toimittamia Raahessa tai Koverharissa tuotettuja masuuni- tai teräskuonia hajallevityksenä (Taulukko 1) ja kuonien vaikutuksia maan pH- ja ravinnetasoon sekä perunan kehitykseen ja sadontuottokykyyn seurattiin kolmen kasvukauden ajan. Kokeen kuonamääriksi otettiin normaalisti ylläpitokalkituksessa käytettävien määrien lisäksi kymmenkertaiset määrät, joiden avulla pyrittiin saamaan selville kuonien mahdollisia haittavaikutuksia. Kuonista tehtiin laatuanalyysit koostumuksen ja ominaisuuksien selvittämiseksi (Taulukko 2). Kokeissa käytettiin vuonna 2004 Sabina-lajiketta ja vuosina 2005 ja 2006 Van Gogh -lajiketta. Kasvukausien aikaiset toimenpiteet ovat Liitteessä 2.

Kasvustoista havainnoitiin taimettumisen ajankohta, kasvuston kehitys ja tautisuus. Sato-, tärkkelys- ja sadon ulkoisen laadun määritykset tehtiin MTT:n virallisten lajikekoeohjeiden mukaisesti (MTT 1995). Sadoista otetuista mukulanäytteistä määritettiin mukulan kuiva-aine-, kalsium- (Ca), fosfori- (P), kalium- (K), magnesium- (Mg) ja rikki- (S) –pitoisuus sekä syksyllä 2005 ja 2006 lisäksi natrium- (Na), boori- (B), kupari (Cu), mangaani (Mn), sinkki (Zn) ja rauta- (Fe) –pitoisuus MTT:n menetelmäohjeiden mukaan (MTTK 1986). Ruvenaiheuttajabakteeri määritettiin PCR-menetelmällä Lehtonen ym. (2004) mukaan.

Koealalta otettiin muokkauskerroksesta maanäytteet ennen kuonien levittämistä keväällä 2004 ja sen jälkeen ruuduittain keväisin (vuosina 2005, 2006 ja 2007) ennen kokeen perustamista ja syksyisin (vuosina 2004, 2005 ja 2006) sadonkorjuun jälkeen. Näistä määritettiin maalaji, multavuus, johtoluku, maan pH, Ca, P, K, Mg, Cu, Mn, Zn ja S (MTTK 1986). Lisäksi vuonna 2004 otettiin kasvukauden aikana näyte maan pH:n määrittämistä varten. Syksyllä 2005 maanäytteet otettiin kahdesta syvyydestä (0-30 cm ja 30-60 cm) ja em. määrittysten lisäksi määritettiin kokonaiskalsiumin määrä. Kevään 2006 maanäytteistä määritettiin myös alkuainepitoisuuksia [arseeni (As), barium (Ba), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), molybdeeni (Mo), nikkeli (Ni), lyijy (Pb), antimoni (Sb), seleeni (Se), vanadiini (V) ja sinkki (Zn)] ICP-OES –menetelmällä (Suomen Ympäristöpalvelu Oy 2007). Sekä kuonien että maa- ja kasvinäytteiden analyysit tehtiin Suomen Ympäristöpalvelu Oy:ssä.

Tulokset analysoitiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä käyttäen SAS 9.1 Mixed Models –proseduuria. Oleellisimmat tulokset esitetään tekstin yhteydessä ja kaikki tulokset liitteissä 3-7. Tulososassa esitetyissä kuvissa virhepalkit kuvaavat havaintojen keskihajontoja, jotka on laskettu Microsoft Excel –ohjelmalla.

Kasvukauden 2004 sääaineisto sekä keskiarvot saatiin Oulunsalon lentoaseman sääasemalta, joka on koekenttää lähinnä oleva virallinen säähavaintoasema. Kasvukausien 2005 ja 2006 sääaineisto kerättiin koekentällä olleen pienoissäähavaintoaseman (a-Lab Oy) avulla.

Taulukko 1. Käytetyt kuonat ja niiden määrät.

| Kuona          | Kuonan alkuperä | Käyttömäärä (t/ha) | Käsittelyn koodi |
|----------------|-----------------|--------------------|------------------|
| Käsittelemätön | -               | 0                  | Kontrolli        |
| Teräskuona     | Raahe           | 5 <sup>1)</sup>    | T5               |
| Teräskuona     | Raahe           | 10 <sup>1)</sup>   | T10              |
| Teräskuona     | Raahe           | 50 <sup>2)</sup>   | T50              |
| Masuunikuona   | Raahe           | 6 <sup>1)</sup>    | M6               |
| Masuunikuona   | Raahe           | 12 <sup>1)</sup>   | M12              |
| Masuunikuona   | Raahe           | 60 <sup>2)</sup>   | M60              |
| Masuunikuona   | Koverhar        | 6 <sup>1)</sup>    | M(K)6            |

<sup>1)</sup> normaali käyttömäärä<sup>2)</sup> ylisuuri käyttömäärä

Taulukko 2. Kokeissa käytettyjen kuonien ominaisuuksia ja alkuainepitoisuuksia (kg/t kuiva-ainetta). Analysoija Suomen Ympäristöpalvelu Oy.

| Ominaisuus/<br>Alkuaine                       | Masuunikuona |          | Teräskuona |
|---|--------------|----------|------------|
|   | Raahe        | Koverhar | Raahe      |
| Neutralointikyky – kokonais (%) <sup>1)</sup> | 33           | 33       | 35         |
| Neutralointikyky – nopea (%) <sup>1)</sup>    | 2            | 2        | 12         |
| Kuiva-ainepitoisuus (%)                       | 93           | 95       | 96         |
| Raekoko < 2,0 mm (%)                          | 93           | 87       | 90         |
| Raekoko < 0,125 mm (%)                        | 2            | 14       | 24         |
| 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)                                   | am           | am       | 3,1        |
| Rikki (S)                                     | 12           | 12       | 0,7        |
| Titaani (Ti)                                  | 10           | 11       | 5,1        |
| Arseeni (As)                                  | am           | am       | am         |
| Boori (B)                                     | 0,021        | 0,024    | 0,021      |
| Barium (Ba)                                   | 0,310        | 0,550    | 0,085      |
| Beryllium (Be)                                | 0,003        | 0,005    | am         |
| Kadmium (Cd)                                  | am           | am       | am         |
| Koboltti (Co)                                 | am           | am       | am         |
| Kromi (Cr)                                    | 0,012        | 0,005    | 1,48       |
| Kupari (Cu)                                   | am           | am       | 0,010      |
| Mangaani (Mn)                                 | 2,57         | 0,72     | 20,80      |
| Molybdeeni (Mo)                               | am           | am       | 0,003      |
| Nikkeli (Ni)                                  | 0,002        | 0,001    | 0,009      |
| Lyijy (Pb)                                    | am           | am       | 0,015      |
| Antimoni (Sb)                                 | am           | am       | am         |
| Seleen (Se)                                   | am           | am       | am         |
| Tina (Sn)                                     | am           | am       | am         |
| Vanadiini (V)                                 | 0,250        | 0,088    | 9,70       |
| Sinkki (Zn)                                   | 0,019        | 0,030    | 0,010      |
| Elohopea (Hg)                                 | am           | am       | am         |

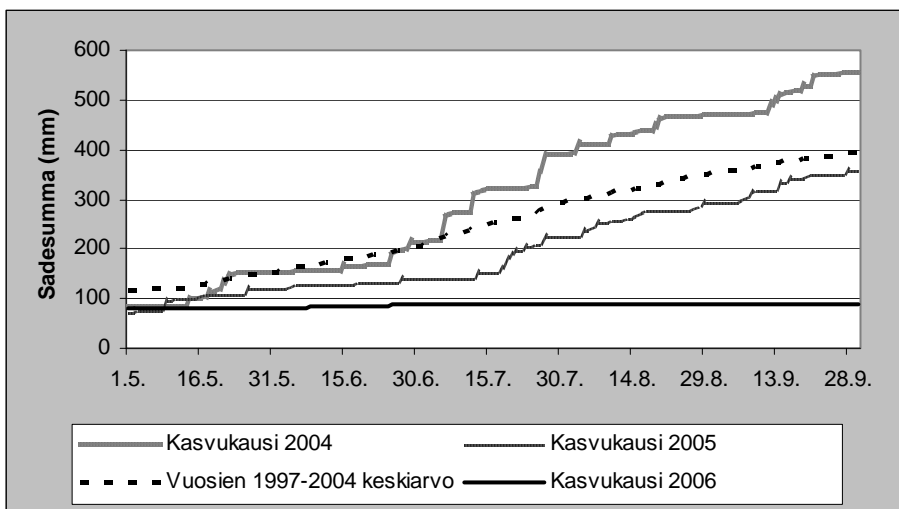
1) valmistajan ilmoitus

am, alle määrittäysrajan; määrittäysrajat As 3 mg/kg ka; Be 0,5 mg/kg ka; Cd 0,3 mg/kg ka; Co 1 mg/kg ka; Cu 10 mg/kg ka; Mo 1 mg/kg ka; P 10 mg/kg ka; Pb 3 mg/kg ka; Sb 4 mg/kg ka; Se 4 mg/kg ka; Sn 2 mg/kg ka

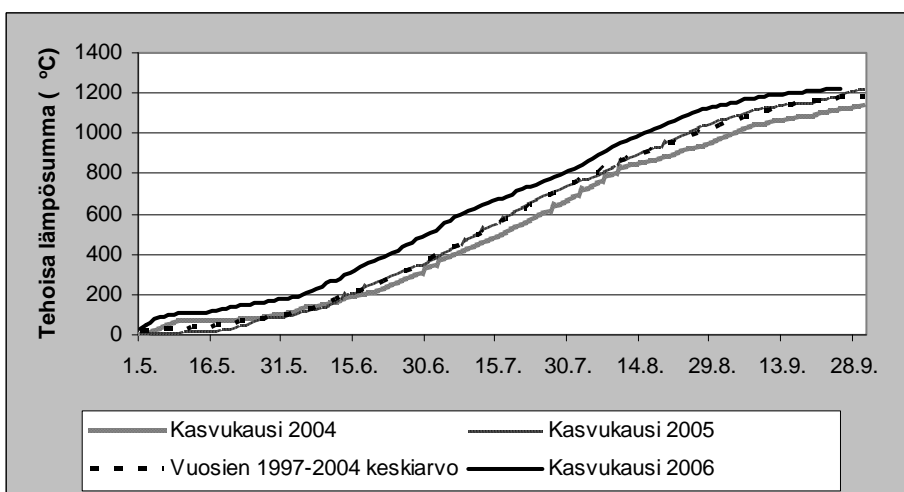
### 3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

#### 3.1 Sää

Kasvukausien 2004, 2005 ja 2006 sääolot poikkesivat toisistaan (Kuva 1 ja 2). Vuonna 2004 kasvukauden lämpöjaksot olivat toukokuussa ja myöhään syksyllä. Sademäärät olivat huomattavasti normaaliarvoja korkeammat heinä-, elo- ja syyskuussa. Syksyn runsaat saateet viivästyttivät nostoa usealla viikolla. Kasvukausi 2005 oli lämmin ja normaalia kuivempi. Etenkin kasvukauden alku oli kuiva, sillä sademäärä (kesäkuun alku-heinäkuun puoliväli) oli noin puolet vuosien 1997-2004 keskiarvosta. Kasvukausi 2006 oli lämmin ja erittäin kuiva. Kevätkosteutta oli normaalisti, mutta kesä-, heinä- ja elokuun sademäärä (yhteensä 37 mm) oli alle viidennes normaalimäärästä.



Kuva 1. Kasvukausien 2004, 2005 ja 2006 sadesumma sekä ajanjakson 1997-2004 keskiarvo (Oulunsalon lentoasema).



Kuva 2. Kasvukausien 2004, 2005 ja 2006 tehoisa lämpösumma sekä ajanjakson 1997-2004 keskiarvo (Oulunsalon lentoasema).

### 3.2 Vaikutus maan pH- ja ravinnetasoon

Kenttätestaus perustettiin vähämultaiselle karkealle hietamaalle, jonka pH oli 5.1 ja muut viljavuustiedot 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 varsin alhainen, joskaan ei perunamaaksi poikkeuksellisen alhainen. Maan Ca- ja Mg-pitoisuudet olivat erittäin pienet, sen sijaan lohkon P-pitoisuus oli suuri ja Cu-pitoisuus arveluttavan korkea.

Kaikki kuonat nostivat maan pH:ta kuonien levitystä seuraavalla kasvukaudella (Kuva 3, Liite 3). Nopeampivaikutteinen teräskuona nosti maan pH:ta tehokkaammin kuin hitaammin vaikuttava masuunikuona. Kuonien vaikutus maan happamuuteen oli yllättävän voimakasta, sillä jo 5 tonnia teräskuonaa hehtaarille lisäsi pH:ta yli pH-yksikön. Tämä vaikutus havaittiin jo kasvukauden aikana. Masuunikuonan pH-vaikutus oli vähäisempi; 60 tonnia masuunikuonaa hehtaarille vastasi 10 tonnin teräskuonalisäystä. Koverharin masuunikuona nosti maan pH:ta jonkin verran tehokkaammin kuin Raahen masuunikuona.

Ensimmäisellä kasvukaudella kaikki kuonat ja kuonamäärät vaikuttivat useisiin mitattuihin ravinnepitoisuuksiin (Liite 3). Poikkeus oli maan K-pitoisuus, johon millään käsittelyllä ei ollut vaikutusta, vaikka kuonat sisältävät myös hieman kaliumia. Molemmat kuonat lisäsivät tehokkaasti maan Ca-pitoisuutta, teräskuonat selvästi enemmän kuin masuunikuonat. Mitä suurempi oli kuonan käyttömäärä, sitä enemmän Ca-pitoisuus lisääntyi. Vain masuunikuona lisäsi maan Mg-pitoisuutta. Koverharin masuunikuona nosti maan Mg-pitoisuutta jonkin verran Raahen masuunikuonaa enemmän, joskaan ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. 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-suhde on 10 (Maaseutukeskusten Liitto 2001); suurimmalla teräskuonatasolla se oli syksyllä 65 ja suurimmalla masuunikuonatasolla 5,3.

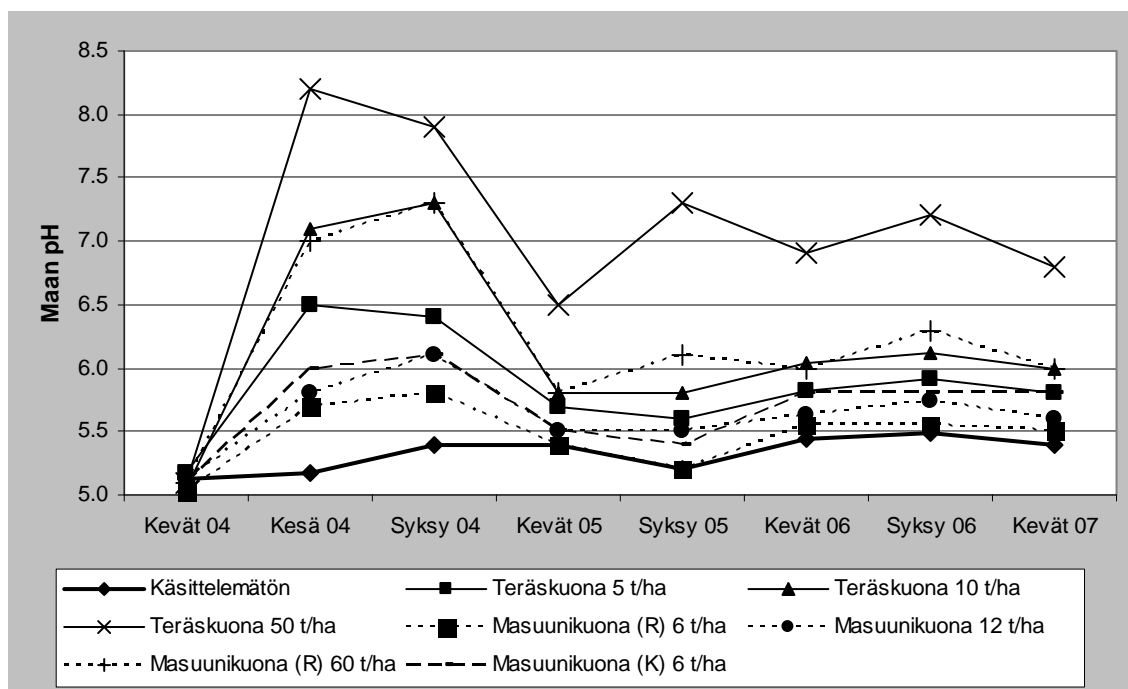
Samalla kun kuonat nostivat maan pH-tasoja, ne vapauttivat maahan sitoutunutta fosforia kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Erityisesti teräskuona, joka nosti maan pH:ta masuunikuonia tehokkaammin, lisäsi myös maan liukoisen fosforin pitoisuutta.

Vaikka sekä teräs- että masuunikuona sisältävät mangaania, kaikki kuonamäärät vähensivät maan Mn-lukua kontrolliin verrattuna. Mangaanin käyttökelpoisuus kasveille vähenee maan pH:n noustessa, joten pH:n noustessa kuonien vaikutuksesta maan Mn-luvut alenivat. Suurimmat kuonamäärät lisäsivät maan S-pitoisuutta.

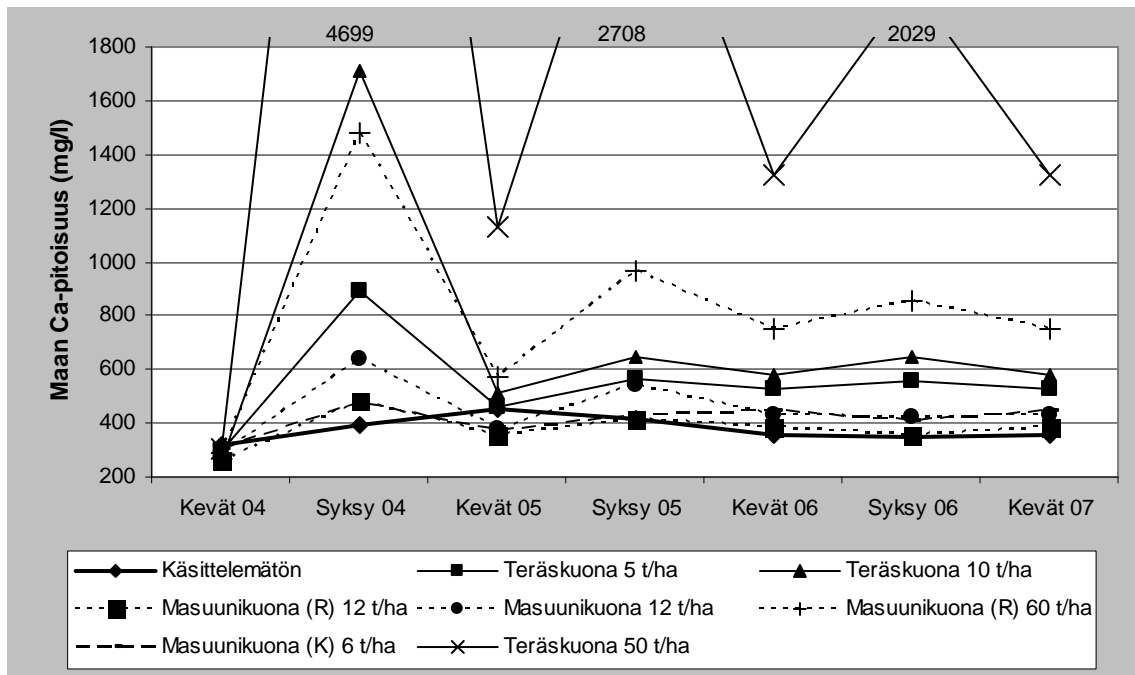
Ensimmäisen ja toisen kasvukauden välillä maan pH ja ravinnepitoisuudet laskivat lähes yhtä jyrkästi, kuin ne olivat kuonien vaikutuksesta nousseet (Kuvat 2, 3 ja 4; Liite 3). Tämä sekä käsittelyjen välisten erojen pieneneminen kasvukausien välillä johtunee ravinteiden huuhtoutumisesta karkeasta ja huonosti ravinteita pidättävästä maasta sateisen kasvukauden ja syksyn 2004 seurauksena.

Kasvukausilla 2005 ja 2006 sekä vielä keväällä 2007 kuonien vaikutus maan happamuuteen ja Ca-pitoisuuteen oli selvästi havaittavissa (Kuvat 2 ja 3; Liite 3). Kaikki teräskuonan käyttömäärät sekä masuunikuonan suurin käyttömäärä nostivat maan pH:ta ja lisäsivät Ca-pitoisuutta. Suurin masuunikuonan käyttömäärä lisäsi myös maan Mg-pitoisuutta (Kuva 4, Liite 3). Ensimmäisen kasvukauden jälkeen kasveille käyttökelpoisen liukoisen fosforin pitoisuus maassa oli suurempi enää teräskuonan suurimmalla käyttömäärällä, joka nosti myös pH:ta muita käsittelyjä enemmän. Kuonat eivät vaikuttaneet maan hivenravinnepitoisuuksiin enää ensimmäisen kasvukauden jälkeen.

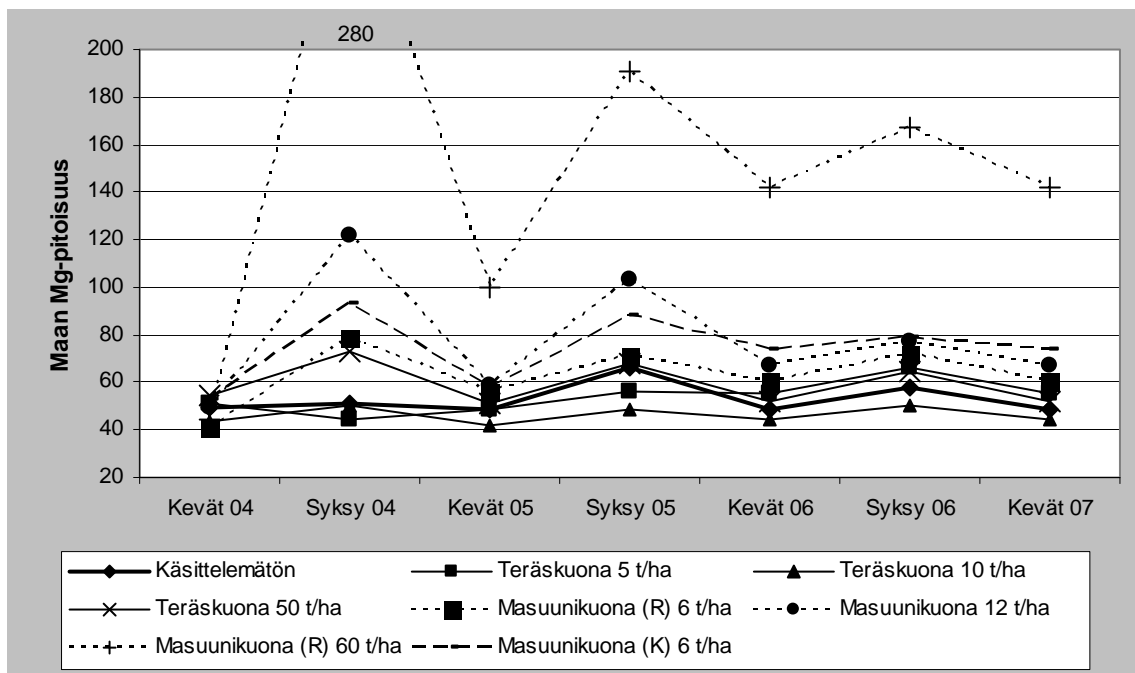
Muokkauskerroksesta otettujen näytteiden lisäksi syksyllä 2005 otettiin näytteitä pohjamaasta 30-60 sentin syvyydeltä. Maanäytteistä määritettiin liukoisen, kasveille käyttökelpoisen kalsiumin lisäksi maan kokonaiskalsiumin määrä (Liite 3). Ylimääräisillä näytteillä ei saatu lisätietoa ravinteiden mahdollisesta huuhtoutumista ja/tai sitoutumista muokkauskerroksen alapuoliseen jankkoon kasvukausien välillä. Niin muokkauskerroksessa kuin jankossakin oli havaittavissa vain suurimpien teräskuonan käyttömäärien vaikutus liukoiseen ja kokonaiskalsiumiin ja masuunikuonan vaikutus Mg-pitoisuuteen.



Kuva 3. Kuonien vaikutus maan happamuuteen. Kuonat levitettiin keväällä 2004.



Kuva 4. Kuonien vaikutus maan kalsiumpitoisuuteen.

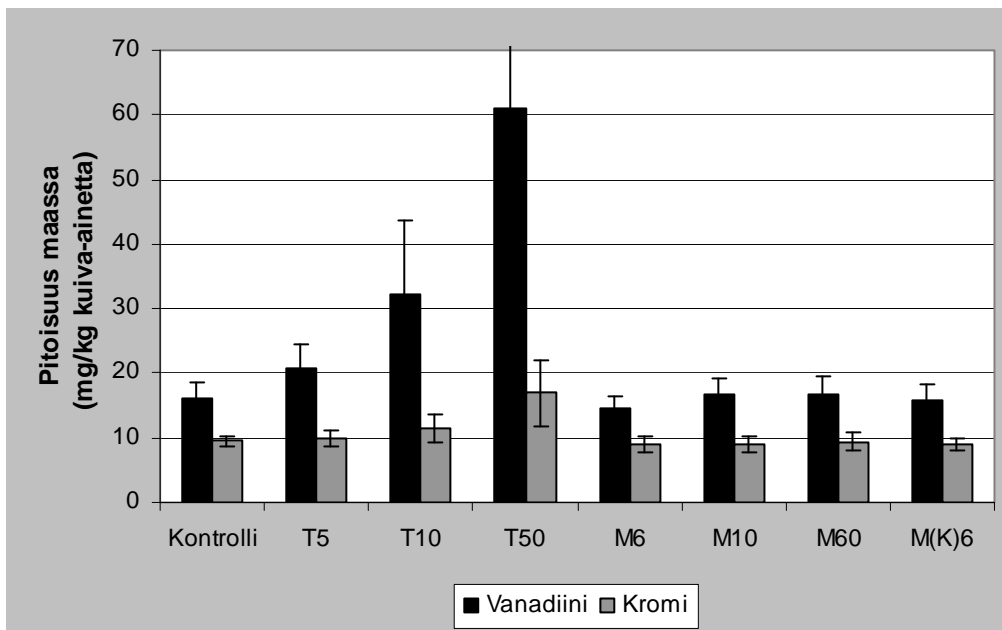


Kuva 5. Kuonien vaikutus maan magnesiumipitoisuuteen.

### 3.3 Vaikutus maan alkuainepitoisuuteen

Kuonakokeen alueelta keväällä 2006 otetuista maanäytteistä määritettiin 13 alkuainetta. Antimonin, arseenin, kadmiumin, lyijyn, molybdeenin ja seleenin pitoisuudet maassa olivat alle määrittämissärajat (Liite 4). Bariumin, koboltin, kuparin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet olivat alhaisia eivätkä kuonien lisäysmäärät vaikuttaneet niihin. Normaalit teräskuonamäärät (5 tai 10 t/ha) eivät vaikuttaneet kromin pitoisuuteen maassa, mutta normaaliin käyttömäärään verrattuna kymmenkertainen kuonamäärä (50 t/ha) lisäsi kromin pitoisuutta maassa käsittelemättömään kontrolliin verrattuna (Liite 4, Kuva 6). Kontrollin maanäytteessä kromia oli 10 mg/kg kuiva-ainetta, kun suurinta teräskuonamäärää käytettäessä sitä oli 17 mg/kg. Teräskuonan käyttömäärät 10 ja 50 t/ha lisäsivät vanadiinin pitoisuutta maassa käsittelemättömään kontrolliin verrattuna (Liite 4, Kuva 6). Kontrollin maanäytteessä vanadiinia oli 16 mg/kg kuiva-ainetta, kun sitä oli 32 mg/kg teräskuonan käyttömäärällä 10 t/ha ja 61 mg/kg teräskuonan käyttömäärällä 50 t/ha.

Sekä kromin että vanadiinin pitoisuudet olivat kaikilla kuonamäärillä alempia kuin Valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetut kynnyksarvot (Valtioneuvosto 2007). Kynnyksarvo perustuu ihmiselle ja ympäristölle haitattomaksi arvioituun pitoisuuteen ja on sekä kromille että vanadiinille 100 mg/kg. Jos maaperän haitallisen aineen pitoisuus ylittää kynnyksarvon, käynnistyy pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Viljelymaa luokitellaan pilaantuneeksi, jos pitoisuus ylittää ns. alemman ohjearvon. Alempi ohjearvo on kromille 200 mg/kg ja vanadiinille 150 mg/kg.



Kuva 6. Kuonien vaikutus maan vanadiini- ja kromipitoisuuteen. Käsittelyjen nimet ovat Taulukossa 1.

Taustapitoisuudet eli maaperän luontaiset pitoisuudet saattavat vaihdella merkittävästikin alueen geologisista tekijöistä johtuen. Maaperän luontainen keskipitoisuus (moreenin hienoaines) Suomen geokemian atlaksen mukaan (Koljonen ym. 1992) on kromille  $69\pm 35$  ppm. Nykänen-Kurki ym. (2001) tutkimusten mukaan kromin pitoisuudet ovat Suomessa 6-300 ppm ja muualla 5-500 ppm. Vastaavasti maaperän luontainen vanadiinin keskipitoisuus moreenin hienoaineessa on Suomen geokemian atlaksen mukaan (Koljonen ym. 1992)  $83\pm 28$  ppm. Ruotsissa vanadiinin taustapitoisuus maassa on 40-150 mg/kg (Gustafsson & Johnsson, 2004). Valtioneuvoston asetuksessa (Valtioneuvosto 2007) taustapitoisuudeksi Suomessa on annettu kromille 31 mg/kg (mediaani) ja vanadiinille 38 mg/kg (mediaani).

### **3.4 Vaikutus kasvuston kehitykseen ja satoon**

#### **3.4.1 Kasvuston kehitys**

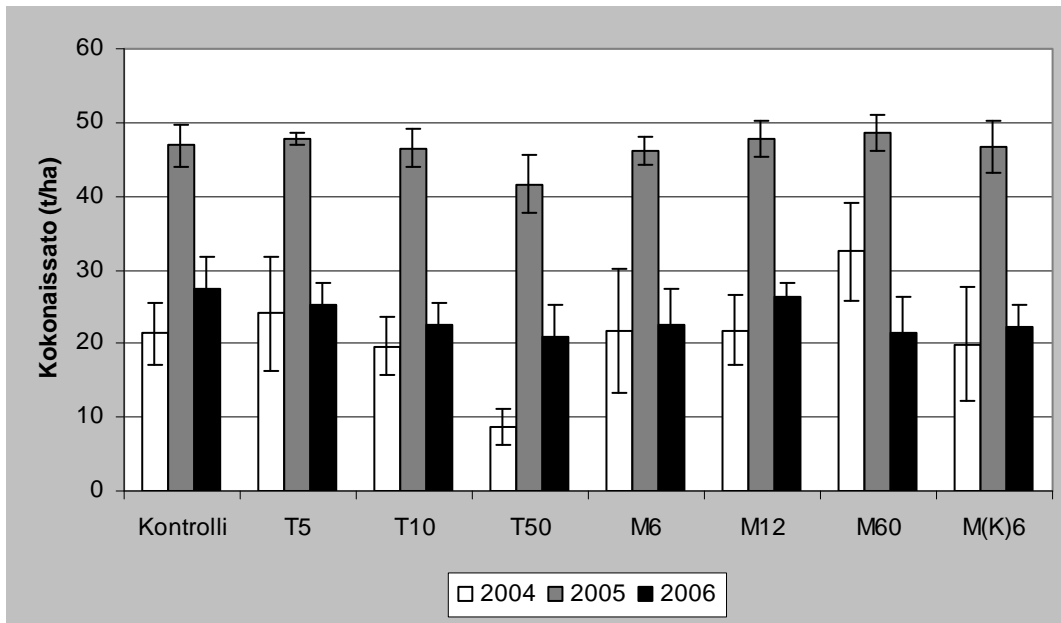
Suurin teräskuonamäärä (50 t/ha) hidasti kasvuston kehitystä selvästi ensimmäisenä kasvukautena kuonien levityksen jälkeen ja lievästi kasvuston alkukehitystä seuraavana kasvukautena (Liite 5). Kasvuston hidastuminen lienee johtunut suuren kuonamäärän aiheuttamasta maan korkeasta pH:sta (lähes 8) ja johtoluvusta sekä vinoutuneesta ravinnetasapainosta, esimerkiksi maan Ca-Mg –suhde oli korkea (65). Kolmantena kasvukautena tätä vaikutusta ei ollut enää havaittavissa.

#### **3.4.2 Sato**

##### *3.4.2.1 Sadon määrä*

Koevuosien sääolot vaikuttivat satotasoihin. Ensimmäisenä vuonna satotaso oli alhainen (20-24 t/ha) märkyiden vuoksi (Liite 6, Kuva 7). Käytettäessä suurinta teräskuonamäärää (50 t/ha) kokonaissato jäi huomattavasti alhaisemmaksi (9 t/ha) kuin muissa käsittelyissä. Kasvukauden 2005 satotaso oli huomattavasti korkeampi (42-49 t/ha) kuin kasvukauden 2004 sato. Sen sijaan kasvukauden 2006 satotaso jäi alhaiseksi (21-27 t/ha) kuivuuden takia. Sadon määrässä ei ollut eroja käsittelyjen välillä vuosina 2005 ja 2006. Kuonalisäys ei vaikuttanut merkitsevästi sadon kokojakaumaan eikä tärkkelyspitoisuuteen yhtenäkkään koevuonna (Liite 6). Tärkkelyspitoisuudet olivat vuonna 2004 18-19 %, 2005 15-16 % ja 2006 21-22 %.





Kuva 7. Kuonien vaikutus kokonaissadon määrään. Käsittelyjen nimet ovat Taulukossa 1.

### 3.4.2.2 Sadon ulkoinen laatu

Kasvukausi 2004 oli sateinen, minkä seurauksena rupea esiintyi vähän eikä kuonien vaikutuksia perunarupeen voitu luotettavasti arvioida. Eri käsittelyjen sadoissa rupisia (yli 10 % mukulan pinnasta ruven peitossa) oli alle 1 % suurinta teräskuonamäärä lukuun ottamatta (Taulukko 3). Ankarasti rupisia mukuloita (yli 25 % mukulan pinnasta ruven peitossa) ei havaittu ollenkaan.

Kasvukauden 2005 sadossa oli runsaasti rupea (Taulukko 3). Tämä lienee seurausta siitä, että kasvukauden alku oli kuiva, joten mukulanmuodostuksen alkuvaihe, jota pidetään tärkeänä ruven muodostumisen kannalta (Stevenson ym. 2001), osui kuivaan aikaan. Kaikki kuonalisäykset lisäsivät ruven esiintymistä (yli 10 % mukulan pinnasta ruven peitossa) suurinta teräskuonamäärä lukuun ottamatta. Suurinta kuonamäärä käytettäessä kasvuston alkukehitys hidastui, mikä luultavasti viivästytti mukulanmuodostusta sen verran, että heinäkuun puolivälissä alkaneet sateet (Kuva 1) pitivät maan kosteana mukulam muodostuksen aikana ja siten ehkäisivät ruven muodostusta. Lisäksi suurinta kuonamäärää käytettäessä maan pH oli niin korkea (7,3), että se saattoi hidastaa rupibakteerien kasvua.

Koko kasvukausi 2006 oli kuiva ja lämmin, ja sadossa oli odotetusti runsaasti rupea. Rupisten osuus (yli 10 % mukulan pinnasta ruven peitossa) sadossa vaihteli 30:stä 67 %:iin (Taulukko 3). Erot eri käsittelyjen välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä käsittelyjen suuren sisäisen hajonnan vuoksi. Suurin teräskuonamäärä (50 t/ha) lisäsi ankarasti rupisten (yli 25 % mukulan pinnasta ruven peitossa) osuutta sadossa. Tämä voi johtua siitä, että suurimmalla teräskuonamäärällä maan pH oli ruven esiintymisen kannalta optimitasolla (6,8), kun se muissa käsittelyissä oli huomattavasti alempi (alle 6).

Kuonat eivät vaikuttaneet merkitsevästi sadon ulkoiseen laatuun yhtenäkkään koevuonna. Vuonna 2004 terveiden mukuloiden osuus sadosta oli 53-68 % (Taulukko 3). Eniten laatuvoituituksia aiheutti seittirupi. Noston viivästyminen runsaan sateen takia pitkitti kasvuston tuleentumisen ja noston välistä aikaa, minkä tiedetään lisäävän seittirupisuutta (Ahvenniemi ym. 2006). Satomukuloissa havaittiin seittiruven lisäksi mekaanisia voituituksia ja korkeutuneita halkeamia, mutta näiden osuuksissa ei ollut eroja eri kuonakäsittelyjen välillä. Nämä voitukset lienevät seurausta huonoista sääoloista noston aikana.

Vuonna 2005 terveiden osuus sadosta oli 54-70 % (Taulukko 3). Eniten laatuvoituituksia aiheutti perunarupi. Satomukuloissa havaittiin ruven lisäksi runsaasti mekaanisia maltovikoja. Tähän lienee syynä se, että kasvustot olivat noston aikana vielä suurelta osin tuleentumattomia ja kuori kehittymätön, jolloin mukulat vaurioituvat helposti. Seittirupea esiintyi vähän.

Vuonna 2006 terveiden osuus sadosta oli vain 20-41 % (Taulukko 3). Perunarupi aiheutti eniten laatuvoituituksia. Lisäksi mukuloissa esiintyi seittirupea (2-13 % sadosta) sekä mekaanisia voituituksia (9-23 % sadosta). Käsittelyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja näiden voitusten määrissä.

Taulukko 3. Kuonien vaikutus sadon ulkoiseen laatuun. Terveiden ja viottuneiden mukuloiden osuus sadosta painoprosenteina.

| <b>Käsittely (t/ha)</b> | <b>Terveet</b> | <b>Rupiset<br/>&gt;10 %</b> | <b>Seittirupiset<br/>&gt;10 %</b> | <b>Mekaaniset<br/>viat</b> | <b>Muut</b> |
|-------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|
| <b>2004</b>             |                |                             |                                   |                            |             |
| Käsitlemätön            | 68             | 0,0                         | 13                                | 12                         | 6,9         |
| Teräskuona 5            | 55             | 0,0                         | 27                                | 11                         | 11          |
| Teräskuona 10           | 73             | 0,0                         | 10                                | 9,8                        | 12          |
| Teräskuona 50           | 78             | 2,5                         | 7,6                               | 8,3                        | 3,7         |
| Masuunikuona 6          | 53             | 0,1                         | 29                                | 17                         | 3,9         |
| Masuunikuona 12         | 74             | 0,0                         | 9,0                               | 12                         | 5,9         |
| Masuunikuona 60         | 72             | 0,0                         | 11                                | 13                         | 6,6         |
| Masuunikuona (K) 6      | 61             | 0,1                         | 21                                | 6,1                        | 18          |
| <b>2005</b>             |                |                             |                                   |                            |             |
| Käsitlemätön            | 70             | 4,8 c                       | 0,2                               | 19                         | 6,5         |
| Teräskuona 5            | 64             | 21 ab                       | 0,0                               | 13                         | 2,1         |
| Teräskuona 10           | 63             | 22 a                        | 1,0                               | 13                         | 0,8         |
| Teräskuona 50           | 78             | 8,0 bc                      | 0,3                               | 11                         | 2,8         |
| Masuunikuona 6          | 60             | 19 ab                       | 2,5                               | 13                         | 5,9         |
| Masuunikuona 12         | 54             | 25 a                        | 0,0                               | 15                         | 5,5         |
| Masuunikuona 60         | 60             | 24 a                        | 2,0                               | 11                         | 2,8         |
| Masuunikuona (K) 6      | 62             | 21 a                        | 1,6                               | 13                         | 2,8         |
| <b>2006</b>             |                |                             |                                   |                            |             |
| Käsitlemätön            | 41             | 30                          | 4,8                               | 23                         | 1,6         |
| Teräskuona 5            | 39             | 30                          | 7,3                               | 23                         | 1,5         |
| Teräskuona 10           | 36             | 42                          | 7,5                               | 14                         | 1,1         |
| Teräskuona 50           | 20             | 67                          | 1,8                               | 11                         | 0,3         |
| Masuunikuona 6          | 26             | 50                          | 7,7                               | 13                         | 3,6         |
| Masuunikuona 12         | 22             | 54                          | 7,4                               | 16                         | 0           |
| Masuunikuona 60         | 32             | 46                          | 13                                | 8,9                        | 0,4         |
| Masuunikuona (K) 6      | 40             | 33                          | 5,5                               | 21                         | 0,5         |

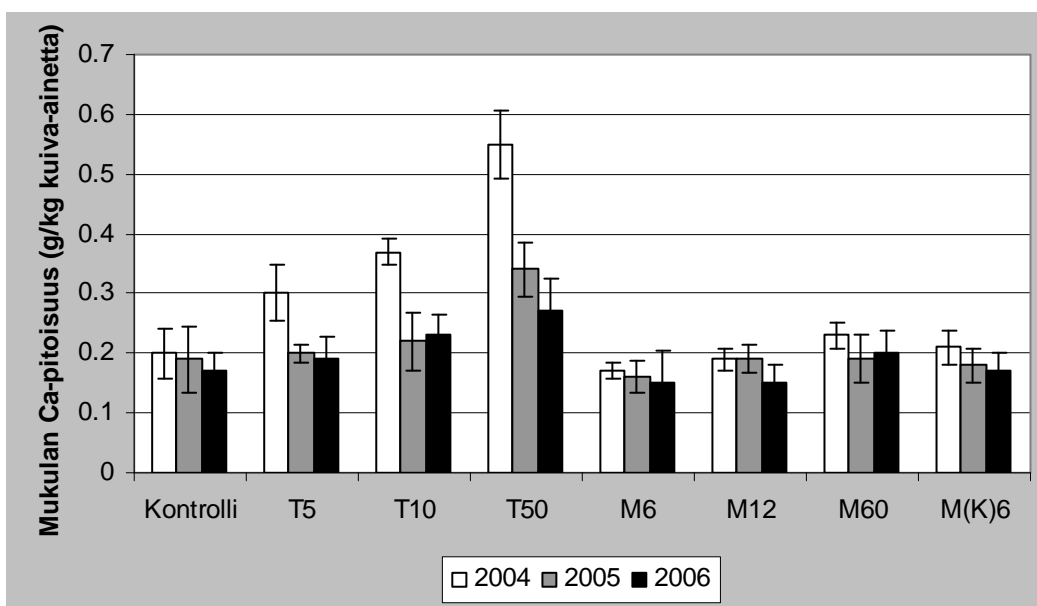
Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .

### 3.4.2.3 Sadon ravinteet

Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden ravinnepitoisuuksissa etenkin ensimmäisenä kasvukautena kuonalisäysten jälkeen. Teräskuona, joka lisäsi tehokkaasti maan Ca-pitoisuutta, lisäsi myös mukuloiden Ca-pitoisuutta (Kuva 8, Liite 7). Mitä 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. Kalsium on soluseinän tärkeä rakennusaine. Perunalla mukulan Ca-pitoisuuden lisääntymisen on joissakin tutkimuksissa osoitettu parantava *Erwinia*-bakteerien aiheuttaman märkämädän kestävyyttä (McGuire & Kelman 1984, 1986).

Masuunikuonat lisäsivät maan Mg-pitoisuutta, minkä seurauksena kationit (Ca, Mg ja K) luultavasti kilpailivat keskenään. Tähän viittaa se, että korkeimmilla teräskuonamäärillä Mg- ja K-pitoisuudet olivat alentuneet, kun taas Ca-pitoisuudet olivat korkeat, ts. teräskuonan mukana tullut suuri Ca-ionien määrä häiritsi mukulan magnesiumin ja kaliumin ottoa.

Jo toisella kasvukaudella kuonalisäysten jälkeen maan ravinnepitoisuudet olivat alentuneet ja eri kuonalisäyksien aiheuttamat erot tasoittuneet. Myöskään mukuloiden ravinnepitoisuuksissa ei ollut enää suuria eroja eri käsittelyjen välillä kasvukausina 2005 ja 2006. Teräskuonan vaikutus mukuloiden Ca-pitoisuuteen oli vielä havaittavissa. Sen sijaan Mg- ja K-pitoisuuksissa ei ollut eroja eri kuonien ja kuonamäärien välillä.



Kuva 8. Kuonien vaikutus mukulan kalsiumpitoisuuteen. Käsittelyjen nimet ovat Taulukossa 1.

### 3.5 Rupibakteerin määrittäminen

Kasvukausien 2004 ja 2005 satomukuloiden rupilaikuista määritettiin ruvenaiheuttaja PCR-menetelmällä. Vuonna 2004 rupilaikuissa esiintyi vain pohjanrupibakteeria (*S. turgidiscabies*), kun taas vuonna 2005 rupilaikuissa oli sekä pohjanrupibakteeria että tavallista rupibakteeria (*S. scabies*). Koko kasvukausi 2004 oli hyvin märkä ja rupea esiintyi vähän. Pohjanrupibakteerin on havaittu aiemminkin aiheuttavan rupea kosteissa oloissa, joissa tavallinen rupibakteeri ei yleensä viihdy (Lehtonen ym. 2003).

## 4 Yhteenveto

Kuonat vaikuttivat maan pH- ja ravinnetasoon ominaisuuksiensa mukaisesti. Teräskuona nosti maan pH:ta ja kalsiumpitoisuutta tehokkaammin kuin masuunikuona ensimmäisellä kasvukaudella. Masuunikuona puolestaan sisältää enemmän magnesiumia kuin teräskuona, ja tämä näkyi kohonneina maan magnesiumpitoisuuksina. Seuraavina kasvukausina pH- ja ravinnetasot alenivat ja käsittelyjen väliset erot pienenivät. Kuitenkin vielä neljän vuoden kuluttua suurimpien teräs- (10 ja 50 t/ha) ja masuunikuonamäärien (60 t/ha) vaikutus näkyi kohonneena maan pH:na ja kalsiumpitoisuutena. Samalla kun kuonat nostivat maan pH:ta, ne vapauttivat maahan sitoutunutta fosforia kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kuonat vaikuttivat maan hivenravinnepitoisuuksiin vain ensimmäisellä kasvukaudella kuonaleivityksen jälkeen. Kuonien lannoitusvaikutus näkyi mukuloiden ravinnepitoisuuksissa. Teräskuona, joka lisäsi tehokkaasti maan Ca-pitoisuutta, lisäsi myös mukuloiden kalsiumpitoisuutta.

Kuonalisäykset vaikuttivat tutkituista 13 alkuaineesta kahden pitoisuuksiin maassa. Teräskuonan käyttömäärä 10 t/ha lisäsi vanadiinin ja normaaliin käyttömäärään verrattuna kymmenkertainen teräskuonamäärä (50 t/ha) vanadiinin ja kromin pitoisuutta maassa käsittelemättömään kontrolliin verrattuna. Pitoisuudet olivat kuitenkin alempia kuin Valtioneuvoston antamat kynnsarvot maan pilaantumiselle.

Koevuosien sääolot olivat vaihtelevat ja vaikuttivat koetuloksiin. Sadot jäivät alhaisiksi kasvukaudella 2004 märkyiden ja kasvukaudella 2006 kuivuuden takia. Normaalit kuonamäärät (5-12 t/ha) eivät vaikuttaneet kasvuston kehitykseen tai satoon. Sen sijaan kymmenkertainen teräskuonamäärä (50 t/ha) hidasti kasvuston kehitystä kahdella ensimmäisellä kasvukaudella sekä vähensi sadon määrää ensimmäisellä kasvukaudella. Kuonalisäykset eivät vaikuttaneet sadon kokojakaumaan eivätkä tärkkelyspitoisuuteen.

Kuonien vaikutus perunarupeen vaihteli vuosittain. Kasvukausi 2004 oli sateinen ja rupea esiintyi niin vähän, ettei kuonien vaikutusta perunarupeen voitu arvioida. Vuonna 2005 suurinta teräskuonamäärää (50 t/ha) lukuun ottamatta kaikki kuonalisäykset lisäsivät ruven esiintymistä. Sen sijaan vuonna 2006 kuonat eivät vaikuttaneet merkittävästi ruven esiintymiseen. Kuonat eivät vaikuttaneet merkittävästi sadon ulkoiseen laatuun yhtenäkkään koevuonna. Eniten laatutappioita aiheuttivat perunaruven lisäksi seittirupi ja mekaaniset vioitukset.

## Kirjallisuus

- Ahvenniemi, P., Wilson, P., Lehtonen, P. & Valkonen, J. 2006. Perunaseitin torjuntaohjeet. Tuottava Peruna 4/2006 Liite. ISBN 952-10-3406-8. 8 s.
- Bång, H. 1995. Effects of soil conditions on the prevalence of netted scab. *Acta Agriculturae Scandinavica* 45: 271-277.
- Gustafsson, J., P. & Johnsson, L. 2004. Vanadin i svensk miljö – Förekomst och toxicitet. TRITALWR Report 3009. ISBN 91-7283-919-8. 34 s.
- 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.
- Hakkola, H. 1984. Kuonakalkituskoekiden tuloksia 1978-83. MTTK – Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 10/84. 42 s.
- Hakkola, H. 1993. Perunan kalkitus. Koetoiminta ja käytäntö 30.11.1993. s. 33.
- 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.
- Jaakkola A. 1979. Kalkkikivijauheen, dolomiittikalkin ja masuunikuonan vertailu. Maatalouden tutkimuskeskus, maaviljelyskemian ja –fysiikan laitos, Tiedote N:o 10. 18 s.
- Jaakkola, A., Hakkola, H., Hiivola, S.-L., Järvi, A. Köylijärvi, J. & Vuorinen, M. 1985. Terästeollisuuden kuonat kalkitusaineina. MTTK – Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 10/85. 44 s.
- Koljonen Tapio (toim.), Elo S., Gustavsson N., Huhma H. & Kauranne L. K. 1992. The geochemical atlas of Finland, Part 2: Moreeni. Geologian tutkimuskeskus. ISBN: 951-690-379-7. 218 s.
- Lehtonen, M., Hiltunen, L., Isoaho, 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. 40 s. ISBN 952-10-1083-5.
- Lehtonen, M. J., Rantala, H., Kreuze, J. F., Bång, H., Kuisma, L., Koski, P., Virtanen, E., Vihlman, 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.
- Lemola, R., Ojanen, H., Hannukkala, A., Siimes, K. & Yli-Halla, M. 2000. Siemen-, tärkkelys- ja lastuperunan viljelyn erityispiirteitä Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 88 (2000). 42 s.
- Maaseutukeskusten liitto 2001. Laatuperunan tuotanto. Tieto tuottamaan 95, ISSN 0357-7295. ISBN 951-808-098-4.
- McGuire, G. & Kelman, A. 1984. Reduced severity of *Erwinia* soft rot in potato tubers with increased calcium content. *Phytopathology* 74:1250-1256.
- McGuire, G. & Kelman, A. 1986. Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology* 76:401-406.
- MTTK, 1986. Methods of soil and plant analysis. Agricultural Research Centre, Department of Soil Science, Jokioinen. 45 p.

- MTT, 1995. Virallisten lajikekokeiden suoritusohjeet. Viitattu 7.11.2007. Saatavissa: <http://www.mtt.fi/tutkimus/toimipaikat/koeohje.html>
- Nykänen-Kurki, P., Mäkelä-Kurtto, R., Mäkinen-Aakula, M., Tontti, T. & Mäntylähti, V. 2001. Mikkelin kaupungin puhdistamolietteen käyttömahdollisuus maataloudessa. MTT:n julkaisuja. Sarja A 95: 38 p.
- Suomen Ympäristöpalvelu Oy, 2007. Ympäristöanalyysit. Viitattu: 7.11.2007. Saatavissa: <http://www.suomenymparistopalvelu.fi/index.php?page=ymp-analyysi&lid=a6>
- Stevenson, W. R., Loria, R., Franc, G. D. & Weingartner, D. P. 2001. Compendium of Potato Diseases, 2<sup>nd</sup> edn. St. Paul, MN, USA: APS Press.
- Valkonen J. P. T. 2004. Potato scab in Scandinavian countries. In Naito S, Kondo N, Akino S, Ogo-shi A, Tanaka F (eds), Novel approaches to the Control of Potato Scab; Proceedings of the International Potato Scab Symposium, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2004. pp. 76-81.
- Valtioneuvosto 2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Helsinki 1.3.2007.

# Liitteet

## Liite 1 (1/1). Kenttäkokeen kartta.

|              |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 2            | 5 | 7 | 4 | 8 | 3 | 1 | 6 |
| I KERRANNE   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7            | 2 | 3 | 1 | 6 | 5 | 4 | 8 |
| II KERRANNE  |   |   |   |   |   |   |   |
| 1            | 7 | 2 | 4 | 5 | 8 | 6 | 3 |
| III KERRANNE |   |   |   |   |   |   |   |
| 5            | 1 | 8 | 3 | 6 | 4 | 2 | 7 |
| IV KERRANNE  |   |   |   |   |   |   |   |

|   | Kuona                   | Levitysmäärä<br>2004 |          |
|---|-------------------------|----------------------|----------|
|   |                         | t/ha                 | kg/ruutu |
| 1 | Kontrolli               | 0                    | 0        |
| 2 | Teräskuona (Raahe)      | 5                    | 24       |
| 3 | Teräskuona (Raahe)      | 10                   | 48       |
| 4 | Teräskuona (Raahe)      | 50                   | 240      |
| 5 | Masuunikuona (Raahe)    | 6                    | 28.8     |
| 6 | Masuunikuona (Raahe)    | 12                   | 57.6     |
| 7 | Masuunikuona (Raahe)    | 60                   | 288      |
| 8 | Masuunikuona (Koverhar) | 6                    | 28.8     |

**Sijainti:** Lumijoki, Meskus  
**Koeruutu:** Käsitelty ala: 10 m x 4,8 m. Havainnot, sato ja näytteet: 6 m x 1,6 m.  
**Kerranteet:** I-IV  
**Koela:** 49 m x 38,4 m = 1881,6 m<sup>2</sup> = 0,18816 ha



## Liite 2 (1/1). Kenttäkokeen toimenpiteet kasvukausina 2004, 2005 ja 2006.

|   | Kasvukausi   |   |   |
|---|--|---|---|
|   | 2004   | 2005  | 2006  |
| <b>Koeolot:</b>                                 |  |   |   |
| - maalaji                                       | KHt  | KHt   | KHt   |
| - pH (kevät)                                    | 5,2  | -   | -   |
| - Ca – K – P – Mg (kevät)                       | 291 – 111 – 47 – 49  | -   | -   |
| <b>Lajike:</b>                                  | Sabina   | Van Gogh  | Van Gogh  |
| <b>Muokkaus:</b>                                | 20.5. Äestys ennen kuonalevitystä<br>20.5. Jyrsintä kuonalevitysten jälkeen  | 31.5. Jyrsintä  | 16.5. Jyrsintä  |
| <b>Lannoitus:</b>                               | Perunan Y2 667 kg/ha<br>(N60-P13-K127)   | Perunan Y2 667 kg/ha<br>(N60-P13-K127)  | Perunan Y1 667 kg/ha<br>(N59-P13-P147 )   |
| <b>Kuonan levitys:</b>                          | 20.5.  | Ei levitetty  | Ei levitetty  |
| <b>Istutus:</b>                                 | 20.5.  | 1.6.  | 17.5.   |
| <b>Istustiheys:</b>                             | 28 / 80 cm   | 28 / 80 cm  | 28 / 80 cm  |
| <b>Rikkakasvitorjunta<br/>(300 l/ha vettä):</b> | 17.6. Afalon 2,0l/ha<br><br>22.6. Titus 30g/ha + Sito Plus 0,2l/ha   | 16.6. Afalon 1,5l/ha<br><br>30.6. Titus 25g/ha + Sito Plus 0,2l/ha  | 18.6. Titus 30g/ha + Senkor 150g/ha +<br>Super-kiinnite 0,2l/ha<br>27.6. Titus 20g/ha + Super-kiinnite<br>0,2l/ha |
| <b>Rutontorjunta<br/>(300 l/ha vettä):</b>      | 14.7. Agil 1,0l/ha<br>14.7. Shirlan 0,4l/ha<br>21.7. Tattoo 3,0l/ha<br>30.7. Tattoo 4,0l/ha<br>4.8. Acrobat 2,0kg/ha<br>8.8. Shirlan 0,4l/ha<br>14.8. Shirlan 0,4l/ha<br>19.8. Shirlan 0,4l/ha | 9.7. Tattoo 4,0l/ha<br>21.7. Tattoo 4,0l/ha<br>29.7. Acrobat 2,0kg/ha<br>7.8. Shirlan 0,4l/ha<br>13.8. Shirlan 0,4l/ha<br>21.8. Shirlan 0,4l/ha | 14.7. Acrobat 2kg/ha<br>25.7. Acrobat 2kg/ha<br>3.8. Shirlan 0,4l/ha<br>17.8. Shirlan 0,4l/ha                     |
| <b>Nosto:</b>                                   | 27.9.  | 30.8.   | 28. ja 30.8.  |

### Liite 3 (1/4). Maan pH ja ravinnepitoisuus.

Kasvukausi 2004.

| Käsittely (t/ha)    | Kesä<br>2004 | Syksy 2004 |         |           |          |          |           |           |         |           |          |       |
|---------------------|--------------|------------|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|-------|
|                     | pH           | pH         | Johtol. | Ca (mg/l) | P (mg/l) | K (mg/l) | Mg (mg/l) | Cu (mg/l) | Mn-luku | Zn (mg/l) | S (mg/l) | Ca/Mg |
| Käsitlemätön        | 5,2 e        | 5,4 e      | 0,9 d   | 390 d     | 44 e     | 83       | 51 d      | 28 b      | 64 a    | 3,1       | 15 d     | 7,9 d |
| Teräskuona 5        | 6,5 c        | 6,4 c      | 1,0 cd  | 891 cd    | 62 cd    | 72       | 44 e      | 30 b      | 28 b    | 2,8       | 19 cd    | 21 c  |
| Teräskuona 10       | 7,1 b        | 7,3 b      | 1,3 bc  | 1714 b    | 94 b     | 79       | 50 de     | 30 ab     | 20 b    | 2,9       | 23 bc    | 35 b  |
| Teräskuona 50       | 8,2 a        | 7,9 a      | 1,6 a   | 4699 a    | 131 a    | 84       | 73 cd     | 34 a      | 38 b    | 3,8       | 42 a     | 65 a  |
| Masuunikuona (R) 6  | 5,7 d        | 5,8 d      | 0,9 d   | 485 d     | 44 e     | 82       | 79 cd     | 29 b      | 30 b    | 2,8       | 18 cd    | 6,2 d |
| Masuunikuona (R) 12 | 5,8 d        | 6,1 c      | 0,9 d   | 642 d     | 54 de    | 89       | 122 b     | 28 b      | 18 b    | 2,8       | 19 cd    | 5,4 d |
| Masuunikuona (R) 60 | 7,0 b        | 7,3 b      | 1,5 ab  | 1478 bc   | 69 c     | 91       | 280 a     | 29 b      | 15 b    | 3,2       | 28 b     | 5,3 d |
| Masuunikuona (K) 6  | 6,0 d        | 6,1 cd     | 0,9 d   | 473 d     | 48 e     | 83       | 93 bc     | 27 b      | 20 b    | 2,7       | 22 bc    | 5,1 d |

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .

## Liite 3 (2/4). Maan pH ja ravinnepitoisuus.

Kasvukausi 2005.

| Käsittely (t/ha)           | pH     | Johtol. | Ca (mg/l) | P (mg/l) | K (mg/l) | Mg (mg/l) | Cu (mg/l) | Mn-luku | Zn (mg/l) | S (mg/l) | Ca/Mg  | Kok Ca (mg/kg) |
|----------------------------|--------|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|--------|----------------|
| <b>Kevät 2005</b>          |        |         |           |          |          |           |           |         |           |          |        |                |
| Käsitlemätön               | 5,4 c  | 1,1     | 354 d     | 48 b     | 112      | 49 bc     | 30        | 67      | 3,2       | 26       | 5,6 cd | -              |
| Teräskuona 5               | 5,7 bc | 1,2     | 457 bc    | 48 b     | 118      | 49 bc     | 28        | 52      | 3,1       | 29       | 9,7 c  | -              |
| Teräskuona 10              | 5,8 b  | 1,2     | 516 b     | 51 b     | 113      | 42 c      | 28        | 34      | 2,8       | 22       | 12,4 b | -              |
| Teräskuona 50              | 6,5 a  | 1,6     | 1130 a    | 64 a     | 119      | 51 bc     | 29        | 25      | 3,1       | 35       | 22,9 a | -              |
| Masuunikuona (R) 6         | 5,4 c  | 1,1     | 358 d     | 46 b     | 112      | 56 b      | 29        | 53      | 3,1       | 25       | 6,6 d  | -              |
| Masuunikuona (R) 12        | 5,5 bc | 1,1     | 379 c     | 48 b     | 113      | 59 b      | 28        | 37      | 3,2       | 23       | 6,5 d  | -              |
| Masuunikuona (R) 60        | 5,8 b  | 1,3     | 569 b     | 49 b     | 117      | 100 a     | 28        | 44      | 3,1       | 32       | 5,5 d  | -              |
| Masuunikuona (K) 6         | 5,5 bc | 1,4     | 374 cd    | 47 b     | 122      | 58 b      | 28        | 42      | 3,0       | 37       | 6,4 d  | -              |
| <b>Syksy 2005 0-30 cm</b>  |        |         |           |          |          |           |           |         |           |          |        |                |
| Käsitlemätön               | 5,2 d  | 2,3     | 418 b     | 45 bcd   | 85       | 66 cd     | 27        | 74      | 3,1       | 106      | 6,3    | 2118 c         |
| Teräskuona 5               | 5,6 c  | 1,8     | 561 b     | 46 bcd   | 63       | 56 d      | 28        | 64      | 3,0       | 81       | 10,5   | 2393 c         |
| Teräskuona 10              | 5,8 bc | 1,9     | 643 b     | 50 bc    | 77       | 49 d      | 26        | 36      | 2,7       | 85       | 13,3   | 2503 c         |
| Teräskuona 50              | 7,3 a  | 2,4     | 2708 a    | 90 a     | 81       | 68 cd     | 32        | 27      | 3,5       | 102      | 39,8   | 6760 a         |
| Masuunikuona (R) 6         | 5,2 d  | 2,0     | 414 b     | 41 cd    | 83       | 71 cd     | 28        | 69      | 3,1       | 93       | 5,8    | 2450 c         |
| Masuunikuona (R) 12        | 5,5 cd | 2,1     | 543 b     | 45 bcd   | 91       | 103 b     | 28        | 50      | 3,2       | 93       | 5,3    | 2313 c         |
| Masuunikuona (R) 60        | 6,1 b  | 2,4     | 963 b     | 54 b     | 90       | 191 a     | 26        | 33      | 3,0       | 100      | 5,1    | 4885 b         |
| Masuunikuona (K) 6         | 5,4 cd | 2,0     | 430 b     | 41 d     | 76       | 88 bc     | 28        | 50      | 2,9       | 96       | 4,9    | 2058 c         |
| <b>Syksy 2005 30-60 cm</b> |        |         |           |          |          |           |           |         |           |          |        |                |
| Käsitlemätön               | 5,5    | 1,3     | 246 b     | 32 b     | 67       | 49 c      | 12        | 42 bc   | 2,5       | 50       | 5,1    | 1435 c         |
| Teräskuona 5               | 5,5    | 1,2     | 269 b     | 31 b     | 49       | 44 bc     | 9         | 36 ab   | 2,1       | 47       | 6,1    | 1425 bc        |
| Teräskuona 10              | 5,6    | 1,1     | 280 b     | 36 b     | 54       | 35 c      | 11        | 22 c    | 1,7       | 42       | 8,4    | 1340 bc        |
| Teräskuona 50              | 6,5    | 1,1     | 671 a     | 56 a     | 70       | 46 bc     | 13        | 19 c    | 2,5       | 32       | 15,1   | 1958 a         |
| Masuunikuona (R) 6         | 5,3    | 1,0     | 214 b     | 36 b     | 58       | 41 c      | 13        | 44 a    | 2,4       | 37       | 5,2    | 1498 bc        |
| Masuunikuona (R) 12        | 5,5    | 1,4     | 332 b     | 40 b     | 77       | 65 ab     | 14        | 44 a    | 3,7       | 55       | 5,2    | 1430 bc        |
| Masuunikuona (R) 60        | 5,7    | 1,2     | 331 b     | 31 b     | 60       | 70 a      | 11        | 31 c    | 2,5       | 46       | 4,8    | 1678 ab        |
| Masuunikuona (K) 6         | 5,4    | 1,4     | 243 b     | 35 b     | 55       | 53 abc    | 12        | 36 ab   | 2,5       | 58       | 4,7    | 1303 bc        |

-, ei määritetty

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyytasolla  $p < 0,05$ .

### Liite 3 (3/4). Maan pH ja ravinnepitoisuus.

Kasvukausi 2006.

| Käsittely (t/ha)    | pH      | Johtol. | Ca (mg/l) | P (mg/l) | K (mg/l) | Mg (mg/l) | Cu (mg/l) | Mn-luku | Zn (mg/l) | S (mg/l) | Ca/Mg   |
|---------------------|---------|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|---------|
| <b>Kevät 2006</b>   |         |         |           |          |          |           |           |         |           |          |         |
| Käsittelemätön      | 5,4 c   | 1,1     | 358 d     | 51 b     | 92       | 49 c      | 26        | 60      | 2,9       | 25       | 7,2 cd  |
| Teräskuona 5        | 5,8 bc  | 1,3     | 529 cd    | 49 b     | 80       | 55 bc     | 26        | 47      | 3,0       | 30       | 10,1 bc |
| Teräskuona 10       | 6,0 b   | 1,2     | 578 bc    | 54 b     | 82       | 44 c      | 24        | 26      | 2,7       | 27       | 13,2 b  |
| Teräskuona 50       | 6,9 a   | 1,7     | 1323 a    | 84 a     | 93       | 52 bc     | 27        | 2       | 3,0       | 35       | 25,8 a  |
| Masuunikuona (R) 6  | 5,5 c   | 1,1     | 384 cd    | 45 b     | 80       | 60 bc     | 26        | 39      | 3,0       | 23       | 6,5 cd  |
| Masuunikuona (R) 12 | 5,6 bc  | 1,1     | 433 cd    | 48 b     | 103      | 67 bc     | 25        | 34      | 3,0       | 22       | 6,6 cd  |
| Masuunikuona (R) 60 | 6,0 b   | 1,3     | 749 b     | 48 b     | 89       | 142 a     | 23        | 35      | 2,8       | 30       | 5,3 d   |
| Masuunikuona (K) 6  | 5,8 bc  | 1,3     | 445 cd    | 50 b     | 75       | 74 b      | 24        | 29      | 2,7       | 31       | 6,1 d   |
| <b>Syksy 2006</b>   |         |         |           |          |          |           |           |         |           |          |         |
| Käsittelemätön      | 5,5 e   | 1,3     | 350 d     | 43 bc    | 87       | 58 b      | 28        | 53      | 3,0       | 45       | 6,2 c   |
| Teräskuona 5        | 5,9 bcd | 1,5     | 560 cd    | 47 bc    | 88       | 66 b      | 29        | 38      | 2,8       | 52       | 9,4 bc  |
| Teräskuona 10       | 6,1 bc  | 1,4     | 644 bc    | 52 b     | 86       | 50 b      | 29        | 26      | 2,7       | 50       | 13,3 b  |
| Teräskuona 50       | 7,2 a   | 1,8     | 2029 a    | 99 a     | 100      | 65 b      | 34        | 26      | 3,6       | 60       | 32,8 a  |
| Masuunikuona (R) 6  | 5,6 de  | 1,2     | 359 cd    | 42 c     | 86       | 72 b      | 28        | 37      | 2,7       | 40       | 5,1 c   |
| Masuunikuona (R) 12 | 5,7 cde | 1,1     | 422 cd    | 46 bc    | 106      | 77 b      | 29        | 33      | 3,2       | 36       | 5,5 c   |
| Masuunikuona (R) 60 | 6,3 b   | 1,6     | 854 b     | 49 bc    | 95       | 167 a     | 26        | 28      | 2,8       | 61       | 5,1 c   |
| Masuunikuona (K) 6  | 5,8 cde | 1,2     | 406 cd    | 45 bc    | 80       | 79 b      | 28        | 30      | 2,9       | 42       | 5,2 c   |

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .

### Liite 3 (4/4). Maan pH ja ravinnepitoisuus.

Kevät 2007.

| Käsittely (t/ha)    | pH     | Johtol. | Ca (mg/l) | P (mg/l) | K (mg/l) | Mg (mg/l) | Cu (mg/l) | Mn-luku | Zn (mg/l) | S (mg/l) | Ca/Mg   |
|---------------------|--------|---------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|----------|---------|
| Käsitlemätön        | 5,4 d  | 1,1 b   | 358 d     | 51 b     | 92       | 49 cde    | 26        | 60      | 2,9       | 25       | 7,2 cd  |
| Teräskuona 5        | 5,8 c  | 1,3 b   | 529 cd    | 49 b     | 80       | 55 de     | 26        | 47      | 3,0       | 30       | 10,1 bc |
| Teräskuona 10       | 6,0 bc | 1,2 b   | 578 c     | 54 b     | 82       | 44 e      | 24        | 26      | 2,7       | 27       | 13,2 b  |
| Teräskuona 50       | 6,8 a  | 1,7 a   | 1323 a    | 84 a     | 93       | 52 cde    | 27        | 21      | 3,0       | 35       | 25,8 a  |
| Masuunikuona (R) 6  | 5,5 d  | 1,1 b   | 384 d     | 45 b     | 80       | 60 bcd    | 26        | 39      | 3,0       | 23       | 6,5 d   |
| Masuunikuona (R) 12 | 5,6 cd | 1,1 b   | 433 cd    | 48 b     | 103      | 67 b      | 25        | 34      | 3,0       | 22       | 6,6 d   |
| Masuunikuona (R) 60 | 6,0 b  | 1,3 b   | 749 b     | 48 b     | 89       | 142 a     | 23        | 35      | 2,8       | 30       | 5,3 d   |
| Masuunikuona (K) 6  | 5,8 cd | 1,3 b   | 445 d     | 50 b     | 75       | 74 bc     | 24        | 29      | 2,7       | 31       | 6,1 d   |

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .

## Liite 4 (1/1). Maan alkuainepitoisuus.

Kevät 2006. Maan alkuainepitoisuudet mg/kg kuiva-ainetta.

| Käsittely           | As | Ba | Cd | Co  | Cr    | Cu | Mo | Ni  | Pb | Sb | Se | V     | Zn |
|---------------------|----|----|----|-----|-------|----|----|-----|----|----|----|-------|----|
| Käsittelemätön      | am | 24 | am | 2,1 | 9,5 b | 35 | am | 4,3 | am | am | am | 16 c  | 18 |
| Teräskuona 5        | am | 25 | am | 2,2 | 9,8 b | 35 | am | 4,3 | am | am | am | 21 bc | 17 |
| Teräskuona 10       | am | 22 | am | 1,6 | 11 b  | 32 | am | 4,6 | am | am | am | 32 b  | 16 |
| Teräskuona 50       | am | 23 | am | 2,0 | 17 a  | 34 | am | 3,7 | am | am | am | 61 a  | 15 |
| Masuunikuona (R) 6  | am | 23 | am | 1,9 | 8,9 b | 34 | am | 3,7 | am | am | am | 14 c  | 14 |
| Masuunikuona (R) 12 | am | 22 | am | 1,7 | 9,0 b | 33 | am | 3,7 | am | am | am | 17 c  | 15 |
| Masuunikuona (R) 60 | am | 27 | am | 2,2 | 9,4 b | 31 | am | 4,0 | am | am | am | 17 c  | 17 |
| Masuunikuona (K) 6  | am | 22 | am | 1,7 | 8,9 b | 33 | am | 4,6 | am | am | am | 16 c  | 16 |

am, alle määritysrajan; määritysrajat: As 3 mg/kg ka; Cd 0,3 mg/kg ka; Mo 1mg/kg ka; Pb 3 mg/kg ka; Sb 4 mg/kg ka; Se 4 mg/kg ka.  
Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla p<0,05.

## Liite 5 (1/1). Kasvuston kehitys.

| Käsittely (t/ha)       | Taimettu-<br>minen<br>vrk | Kehitysaste (Hack ym. 1993 mukaan) |              |              |              |              |              |       |       |
|------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|
|                        |                           | 28.6.                              | 6.7.         | 12.7.        | 19.7.        | 29.7.        | 9.8.         | 8.9.  | 27.9. |
| <b>Kasvukausi 2004</b> |                           |                                    |              |              |              |              |              |       |       |
| Käsitlemätön           | 34                        | 23 bc                              | 32 ab        | 34 a         | 52           | 63           | 73           | 83 ab | 89    |
| Teräskuona 5           | 34                        | 24 ab                              | 32 ab        | 34 a         | 52           | 63           | 75           | 83 ab | 89    |
| Teräskuona 10          | 34                        | 24 ab                              | 31 b         | 34 a         | 52           | 65           | 73           | 83 ab | 89    |
| Teräskuona 50          | 36                        | 21 c                               | 26 c         | 29 b         | 46           | 56           | 70           | 81 c  | 88    |
| Masuunikuona (R) 6     | 34                        | 24 ab                              | 31 b         | 34 a         | 51           | 64           | 73           | 83 a  | 89    |
| Masuunikuona (R) 12    | 34                        | 24 ab                              | 33 a         | 35 a         | 51           | 61           | 73           | 83 ab | 89    |
| Masuunikuona (R) 60    | 33                        | 26 a                               | 33 a         | 35 a         | 52           | 66           | 73           | 82 b  | 89    |
| Masuunikuona (K) 6     | 34                        | 25 ab                              | 32 ab        | 34 a         | 51           | 63           | 78           | 83 ab | 89    |
| <b>Kasvukausi 2005</b> |                           |                                    |              |              |              |              |              |       |       |
| Käsitlemätön           | 20                        | <b>8.7.</b>                        | <b>21.7.</b> | <b>2.8.</b>  | <b>17.8.</b> | <b>29.8.</b> |              |       |       |
| Teräskuona 5           | 21                        | 43                                 | 67           | 71           | 81           | 82           |              |       |       |
| Teräskuona 10          | 21                        | 37                                 | 67           | 71           | 81           | 81           |              |       |       |
| Teräskuona 10          | 21                        | 39                                 | 67           | 71           | 80           | 80           |              |       |       |
| Teräskuona 50          | 21                        | 32                                 | 66           | 70           | 80           | 80           |              |       |       |
| Masuunikuona (R) 6     | 20                        | 36                                 | 67           | 71           | 81           | 81           |              |       |       |
| Masuunikuona (R) 12    | 20                        | 37                                 | 67           | 71           | 81           | 81           |              |       |       |
| Masuunikuona (R) 60    | 21                        | 37                                 | 68           | 71           | 80           | 81           |              |       |       |
| Masuunikuona (K) 6     | 21                        | 40                                 | 67           | 71           | 81           | 81           |              |       |       |
| <b>Kasvukausi 2006</b> |                           |                                    |              |              |              |              |              |       |       |
| Käsitlemätön           | 33                        | <b>3.7.</b>                        | <b>18.7.</b> | <b>25.7.</b> | <b>8.8.</b>  | <b>16.8.</b> | <b>28.8.</b> |       |       |
| Teräskuona 5           | 33                        | 50                                 | 67           | 71           | 81           | 85           | 86           |       |       |
| Teräskuona 10          | 33                        | 50                                 | 68           | 71           | 82           | 86           | 87           |       |       |
| Teräskuona 10          | 33                        | 49                                 | 67           | 71           | 82           | 85           | 87           |       |       |
| Teräskuona 50          | 33                        | 49                                 | 68           | 71           | 83           | 86           | 87           |       |       |
| Masuunikuona (R) 6     | 33                        | 50                                 | 67           | 71           | 81           | 86           | 87           |       |       |
| Masuunikuona (R) 12    | 33                        | 50                                 | 68           | 71           | 81           | 84           | 86           |       |       |
| Masuunikuona (R) 60    | 33                        | 49                                 | 67           | 71           | 83           | 87           | 88           |       |       |
| Masuunikuona (K) 6     | 33                        | 49                                 | 67           | 71           | 82           | 86           | 87           |       |       |

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .

## Liite 6 (1/1). Sato ja tärkkelyspitoisuus.

| Käsittely (t/ha)       | Kokonaissato t/ha | Tärkkelyspitoisuus % | Sadon kokojakauma<br>Kokoluokan osuus %:na kokonaissadosta |          |          |          |         |
|------------------------|-------------------|----------------------|--|----------|----------|----------|---------|
|                        |                   |                      | < 30 mm  | 30-40 mm | 40-50 mm | 50-60 mm | > 60 mm |
| <b>Kasvukausi 2004</b> |                   |                      |  |          |          |          |         |
| Käsitlemätön           | 21,3 b            | 18,0                 | 16,4   | 71,0     | 12,2     | 0,4      | 0       |
| Teräskuona 5           | 24,0 b            | 18,0                 | 14,5   | 64,2     | 19,6     | 1,7      | 0       |
| Teräskuona 10          | 19,7 b            | 18,5                 | 14,3   | 67,2     | 18,1     | 0,4      | 0       |
| Teräskuona 50          | 8,7 c             | 18,1                 | 17,4   | 63,5     | 17,9     | 1,2      | 0       |
| Masuunikuona (R) 6     | 21,7 b            | 18,5                 | 16,4   | 65,9     | 16,0     | 1,7      | 0       |
| Masuunikuona (R) 12    | 21,8 b            | 18,4                 | 18,5   | 69,2     | 12,2     | 0,1      | 0       |
| Masuunikuona (R) 60    | 32,5 a            | 17,9                 | 7,9  | 59,0     | 30,3     | 2,7      | 0       |
| Masuunikuona (K) 6     | 19,9 b            | 17,7                 | 20,0   | 65,3     | 14,0     | 0,7      | 0       |
| <b>Kasvukausi 2005</b> |                   |                      |  |          |          |          |         |
| Käsitlemätön           | 46,9              | 15,9                 | 1,8  | 19,8     | 53,0     | 24,3     | 1,0     |
| Teräskuona 5           | 47,8              | 16,1                 | 1,1  | 13,9     | 52,9     | 30,2     | 1,9     |
| Teräskuona 10          | 46,5              | 15,8                 | 0,8  | 13,2     | 52,3     | 31,8     | 2,0     |
| Teräskuona 50          | 41,6              | 15,8                 | 0,6  | 10,0     | 51,6     | 35,5     | 2,3     |
| Masuunikuona (R) 6     | 46,2              | 15,8                 | 1,6  | 20,9     | 52,7     | 23,9     | 0,9     |
| Masuunikuona (R) 12    | 47,9              | 15,9                 | 1,0  | 16,9     | 54,6     | 26,6     | 1,0     |
| Masuunikuona (R) 60    | 48,7              | 16,0                 | 1,2  | 15,0     | 50,7     | 30,8     | 2,3     |
| Masuunikuona (K) 6     | 46,9              | 14,9                 | 1,5  | 17,6     | 47,2     | 30,9     | 2,8     |
| <b>Kasvukausi 2006</b> |                   |                      |  |          |          |          |         |
| Käsitlemätön           | 27,4              | 21,6                 | 4,1  | 41,9     | 48,8     | 5,2      | 0       |
| Teräskuona 5           | 25,4              | 21,7                 | 4,4  | 40,9     | 48,0     | 6,7      | 0       |
| Teräskuona 10          | 22,7              | 21,3                 | 5,9  | 48,0     | 42,9     | 3,0      | 0,2     |
| Teräskuona 50          | 20,9              | 22,4                 | 4,7  | 47,0     | 43,6     | 4,8      | 0       |
| Masuunikuona (R) 6     | 22,6              | 22,1                 | 6,2  | 45,7     | 43,4     | 4,8      | 0       |
| Masuunikuona (R) 12    | 26,4              | 21,5                 | 5,6  | 43,0     | 45,0     | 5,9      | 0,5     |
| Masuunikuona (R) 60    | 21,5              | 21,1                 | 5,7  | 48,1     | 40,1     | 5,9      | 0,2     |
| Masuunikuona (K) 6     | 22,3              | 20,8                 | 6,4  | 47,9     | 41,2     | 4,3      | 0,3     |

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .



## Liite 7 (1/1). Sadon ravinnepitoisuus.

| Käsittely (t/ha)    | ka | P       | K     | Ca       | Mg    | S   | Na   | B      | Cu  | Mn      | Zn | Fe |
|---------------------|----|---------|-------|----------|-------|-----|------|--------|-----|---------|----|----|
| <b>2004</b>         |    |         |       |          |       |     |      |        |     |         |    |    |
| Käsitlemätön        | 24 | -       | 22 a  | 0,20 de  | 1,1 a | 1,5 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Teräskuona 5        | 23 | -       | 22 a  | 0,30 c   | 1,2 a | 1,6 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Teräskuona 10       | 25 | -       | 20 b  | 0,37 b   | 1,0 b | 1,5 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Teräskuona 50       | 25 | -       | 19 b  | 0,55 a   | 1,0 b | 1,6 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Masuunikuona (R) 6  | 24 | -       | 21 ab | 0,17 e   | 1,1 a | 1,7 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Masuunikuona (R) 12 | 24 | -       | 22 a  | 0,19 de  | 1,2 a | 1,6 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Masuunikuona (R) 60 | 24 | -       | 22 a  | 0,23 d   | 1,2 a | 1,8 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| Masuunikuona (K) 6  | 24 | -       | 22 a  | 0,21 de  | 1,2 a | 1,8 | -    | -      | -   | -       | -  | -  |
| <b>2005</b>         |    |         |       |          |       |     |      |        |     |         |    |    |
| Käsitlemätön        | 23 | 3,2 ab  | 23    | 0,19 bc  | 1,3   | 1,4 | 0,05 | 5,3    | 7,0 | 12      | 14 | 54 |
| Teräskuona 5        | 23 | 2,8 bc  | 22    | 0,20 b   | 1,2   | 1,4 | 0,04 | 5,5    | 7,3 | 8,8     | 12 | 50 |
| Teräskuona 10       | 23 | 3,0 abc | 23    | 0,22 b   | 1,2   | 1,4 | 0,06 | 5,0    | 7,5 | 8,8     | 12 | 50 |
| Teräskuona 50       | 23 | 2,5 c   | 22    | 0,34 a   | 1,2   | 1,5 | 0,04 | 5,0    | 7,3 | 7,5     | 11 | 51 |
| Masuunikuona (R) 6  | 23 | 3,2 ab  | 22    | 0,16 c   | 1,2   | 1,4 | 0,04 | 6,0    | 7,5 | 10      | 12 | 54 |
| Masuunikuona (R) 12 | 23 | 3,4 a   | 24    | 0,19 bc  | 1,3   | 1,5 | 0,05 | 5,0    | 7,8 | 9,5     | 12 | 54 |
| Masuunikuona (R) 60 | 23 | 2,8 bc  | 23    | 0,19 bc  | 1,3   | 1,4 | 0,06 | 5,0    | 7,0 | 7,3     | 12 | 52 |
| Masuunikuona (K) 6  | 22 | 3,4 a   | 24    | 0,18 bc  | 1,3   | 1,5 | 0,07 | 5,3    | 8,0 | 11      | 13 | 58 |
| <b>2006</b>         |    |         |       |          |       |     |      |        |     |         |    |    |
| Käsitlemätön        | 25 | 3,1 a   | 26    | 0,17 cd  | 1,4   | 1,8 | 0    | 6,5 a  | 8,1 | 10 a    | 16 | 36 |
| Teräskuona 5        | 26 | 2,7 ab  | 26    | 0,19 bcd | 1,34  | 1,9 | 0    | 5,8 ab | 8,1 | 8,8 bc  | 15 | 38 |
| Teräskuona 10       | 25 | 2,9 a   | 26    | 0,23 b   | 1,3   | 2,0 | 0    | 6,0 a  | 7,1 | 8,0 bcd | 13 | 38 |
| Teräskuona 50       | 26 | 2,2 b   | 25    | 0,27 a   | 1,3   | 2,2 | 0    | 5,0 b  | 7,7 | 6,8 e   | 13 | 40 |
| Masuunikuona (R) 6  | 26 | 3,3 a   | 26    | 0,15 d   | 1,4   | 2,0 | 0    | 6,3 a  | 9,1 | 9,3 b   | 16 | 39 |
| Masuunikuona (R) 12 | 26 | 3,3 a   | 27    | 0,15 d   | 1,4   | 1,9 | 0    | 6,3 a  | 7,7 | 8,5 bcd | 13 | 36 |
| Masuunikuona (R) 60 | 25 | 2,7 ab  | 26    | 0,20 bc  | 1,4   | 2,3 | 0    | 5,8 ab | 8,2 | 7,3 de  | 14 | 39 |
| Masuunikuona (K) 6  | 25 | 3,3 a   | 27    | 0,17 cd  | 1,4   | 1,9 | 0    | 6,5 a  | 7,8 | 7,8 cde | 14 | 34 |

B-, Cu-, Mn-, Fe- ja Zn-pitoisuuden yksikkö mg/kg kuiva-ainetta  
 Ca-, K-, Mg-, Na-, S- ja N-pitoisuuden yksikkö g/kg kuiva-ainetta  
 ka, kuiva-ainepitoisuus %

-, ei määritetty

Eri kirjaimilla merkityt keskiarvot eroavat toisistaan merkitsevästi merkitsevyystasolla  $p < 0,05$ .

MTT:n selvityksiä –sarjan kasvintuotanto -teemassa ilmestyneitä julkaisuja

## 2007

- 148** Terästeollisuuden kuonat perunanviljelyssä. *Hiltunen, L.* ym. 33 s. 2007. Hinta 15 euroa.
- 147** Viljalajikkeiden herkkyys tautitartunnoille virallisissa lajikekokeissa 2000-2007. *Kangas, A.* ym. 36 s. 2007. Hinta 15 euroa.
- 142** New and old pathogens of potato in changing climate. Proceedings of the EAPR Pathology Section seminar, 2.-6th of July 2007, Hattula, Finland. *Hannukkala, A. & Segerstedt, M.* (eds.) 44 s. 2007. Hinta 15 euroa.
- 139** Sadonkorjuu. Tutkittua puutarhatuotantoa 2003-2005. *Karhu, S.* (toim.) 100 s. 2007. Hinta 25 euroa.

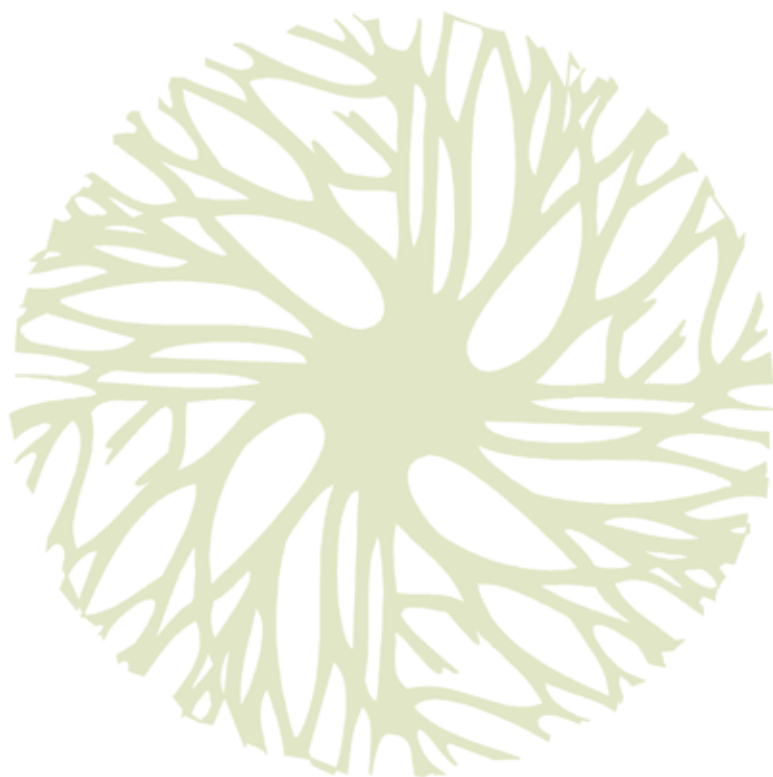
## 2006

- 132** Virallisten lajikekokeiden tulokset 1999-2006. *Kangas* ym. 225 s. 2006. Hinta 25 euroa.
- 125** Peltokasvilajikkeiden viljely- ja käyttöarvon arviointiperusteet 2006. *Kangas A.* ym. 17 s. 2006. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts125.pdf>).
- 120** Viljalajikkeiden herkkyys tautitartunnoille virallisissa lajikekokeissa 1999-2006. *Kangas*, ym. 34 s. 2006 . Hinta 15 euroa.
- 122** Siemenperunan High Grade -alueiden tuotannolliset ja ilmastolliset perustiedot. *Takalo, Muilu, Heikkinen, Virtanen, Joki-Tokola ja Sipilä* (toim.) 26 s. 2006. Hinta 15 euroa.
- 123** PerunaRannikko. Perunantuotannon kehittämissuunnitelma – esiselvitys. *Markus, Virtanen, Joki-Tokola, Sipilä* (toim.) 23 s. 2006. Hinta 15 euroa.

## 2005

- 96** Viljalajikkeiden herkkyys tautitartunnoille virallisissa lajikekokeissa 1998-2005. *Kangas, A.* ym. 33 s. 2005. Hinta 15 euroa.
- 83** Virallisten lajikekokeiden tulokset. *Kangas, A.* ym. 193 s. 2005. Hinta 25 euroa.

Verkkojulkaisut osoitteessa <http://www.mtt.fi/julkaisut/mtts.html>



## MTT:n selvityksiä 148