

**Viljelykierron, muokkausmenetelmän ja esikasvin
vaikutus perunan (*Solanum tuberosum* L.) satoon ja laatuun**

Saara Nikkari
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kasvinviljelytiede
Helmikuu 2013

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Saara Nikkari			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Viljelykierron, muokkausmenetelmän ja esikasvin vaikutus perunan (<i>Solanum tuberosum</i> L.) satoon ja laatuun			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kasvinviljelytiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Helmikuu 2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 54
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Perunantutkimuslaitoksella Lammilla vuosina 1997-2002 toteutetussa tutkimuksessa selvitettiin kolmi- ja nelivuotisen viljelykierron soveltuvuutta perunan viljelyyn. Samalla tutkittiin kolmen eri muokkausmenetelmän, syyskynnön, kevätkynnön ja kevytmuokkauksen, vaikutusta perunan mukulasatoon ja laatuun. Perunan esikasveina olivat ohra, kaura ja kaksivuotinen nurmi.</p> <p>Kolmi- ja nelivuotisen viljelykierron välillä ei esiintynyt sato- tai laatueroja. Mikään muokkausmenetelmä tai esikasvi ei yksinään vaikuttanut perunan mukulasatoon tai laatuun. Kolmivuotisessa kierrossa kevätkyntö ja kevennetty muokkaus tuottivat 5 % suuremman mukulasadon ja 14 % suuremman ruokaperunakelpoisen sadon kuin syyskyntö. Nelivuotisessa kierrossa taas syyskynnöllä saatiin 7 % suurempi mukulasato ja 17 % suurempi ruokaperunasato kuin kevätkynnöllä tai kevennetyllä muokkauksella.</p> <p>Nurmi perunan esikasvina nosti mukuloiden tärkkelyspitoisuutta noin yhden prosenttiyksikön. Nurmikasvustosta peräisin olleet kuolleet kasvuston kappaleet haittasivat perunan istutusta, minkä seurauksena perunakasvusto oli nurmen jälkeen hieman harvempi ja mukulat isompia kuin muiden esikasvien jälkeen. Se ei näkynyt kuitenkaan suoraan mukulasadossa. Nurmen jälkeen esiintyi myös hieman enemmän vihertyneitä mukuloita. Muokkausmenetelmistä kevätkyntö heikensi perunan laatua, sillä se laski tärkkelyspitoisuutta lähes yhden prosenttiyksikön ja lisäsi hieman rupisuutta. Kevytmuokkaus aiheutti mukuloiden vihertymistä.</p> <p>Kolmi- tai nelivuotinen viljelykierto soveltuu perunalle. Perunan väli- ja esikasveina voidaan viljellä viljoja, kuten kauraa tai ohraa. Tällöin voidaan kyntää keväällä tai tehdä kevennetty muokkaus sadon siitä karsimatta. Myös kaksivuotinen nurmi soveltuu perunan esikasviksi, vaikkakin se nostaa perunan tärkkelyspitoisuutta. Nurmen kuolleet kasvuston kappaleet saattavat kuitenkin hankaloittaa perunan istutusta ja alentaa sen laatua.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords esikasvi, kyntö, mukulasato, peruna, <i>Solanum tuberosum</i> L., viljelykierto			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työn ohjaajat: agr. Paavo Kuisma, Perunantutkimuslaitos ja prof. Pirjo Mäkelä, Helsingin yliopisto			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Saara Nikkari			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The effect of crop rotation, tilling method and preceding crop on yield and quality of potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.)			
Oppiaine — Läroämne — Subject Crop Science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year February 2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 54 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>A field experiment was conducted at Potato Research Institute during 1997-2002 in Lammi, Finland. The first aim of the work was to find out the suitability of three- and four-year crop rotation on potato production. The second aim was to investigate the effect of three different tilling methods and four different preceding crops on yield and quality of potato. The tilling methods were autumn and spring ploughing and light cultivation. The preceding crops were barley with straw left in the plots, barley with straw harvested, oat with straw harvested and two-year-grass.</p> <p>There were no differences on yield or quality of tubers between the studied crop rotations. The tuber yield did not differ between the tilling methods or the preceding crops. There was an interaction between all studied rotation and tilling methods. Three-year rotation resulted in approximately 5 % higher tuber yield and 14 % higher marketable yield following spring ploughing and light cultivation in comparison to autumn ploughing. However, four-year rotation resulted in an opposite result, since the tuber yield was 7 % and marketable yield 17 % higher following autumn ploughing in comparison to both spring ploughing and light cultivation.</p> <p>The most effecting factor on tuber quality was the two-year-grass as a preceding crop. Starch content was a little less than one percentage point higher following grass in comparison to all other preceding crops studied. Plant stand was also slightly sparser and tubers were slightly larger following grass in comparison to other preceding crops studied. This was due to grass lumps which caused problems in planting and resulted in uneven plant stand density. There were more green tubers following grass in comparison to other preceding crops studied. The starch content was a little less than one percentage point lower following spring ploughing in comparison to other tilling methods. Common scab was observed somewhat more following spring ploughing. The light cultivation resulted in the highest number of green tubers.</p> <p>Three- and four-year crop rotations seem to fit for potato cultivation, and oat and barley are suitable as preceding crops for potato. Yield is not affected when spring ploughing- and light cultivation is applied with cereals as preceding crops. The two-year-grass is also suitable preceding crop for potato. It increases the tuber starch content, even though it can decrease the quality. Thus, autumn ploughing is the best option as a tilling method to be used for grass as a preceding crop in potato cultivation.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords crop rotation, ploughing, potato, preceding crop, <i>Solanum tuberosum</i> L., tuber yield			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information The counsellors of the thesis: agr. Paavo Kuisma, The Potato Research Institute and prof. Pirjo Mäkelä, The University of Helsinki			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 PERUNA	7
2.1 Peruna viljelykasvina	7
2.2 Perunan sadonmuodostus	9
2.2.1 Mukulanmuodostus ja täytyminen.....	9
2.2.2 Satoon vaikuttavia tekijöitä	10
2.2.3 Mukulan lepotila	11
2.3 Perunan viljelyyn vaikuttavia tekijöitä	12
2.3.1 Viljelykierto.....	12
2.3.2 Perunan esikasvi	13
2.3.3 Muokkausmenetelmät perunalla	14
2.4 Perunan laatu	14
2.4.1 Perunan ulkoinen laatu	15
2.4.2 Perunan sisäinen laatu	16
2.4.3 Ruokaperunan laatuvaatimukset	16
2.4.4 Ruokaperunalajikkeet Sabina ja Van Gogh	16
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	17
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	17
4.1 Koejärjestelyt	17
4.1.1 Viljelykierrot	17
4.1.2 Muokkausmenetelmät.....	18
4.1.3 Koekenttä.....	19
4.2 Maan ominaisuudet	20
4.3 Sääolot	21
4.4 Kokeen toteutus	22
4.5 Analysointi	23
4.5.1 Mukulasato	23
4.5.2 Tärkkelyspitoisuus	23
4.5.3 Perunakasvusto	24
4.5.4 Perunan ulkoinen laatu	24
4.5.5 Perunan sisäinen laatu	25
4.5.6 Tulosten tilastollinen analysointi	25
5 TULOKSET	26
5.1. Kasvustohavainnot	26
5.2 Mukulasato	28
5.3 Mukuloiden kokojakauma	29
5.4 Tärkkelyspitoisuus	32
5.5 Ulkoinen laatu	34
5.5.1 Mukuloiden rupisuus	34
5.5.2 Mustelmat ja muut mekaaniset viat.....	35
5.5.3 Vihertyneet mukulat	35
5.6 Ruokaperunakelpoinen sato	36
5.7 Perunan käyttölaatu	37
5.7.1 Mukuloiden raakatumminen	37
5.7.2 Perunoiden keittokoe	37
6 TULOSTEN TARKASTELU	38

6.1 Viljelykiertojen vaikutus satoon ja sen laatuun	38
6.2 Muokkausmenetelmien vaikutus satoon ja sen laatuun	39
6.2.1 Muokkausmenetelmien vaikutus satoon	39
6.2.2 Muokkausmenetelmien vaikutus sadon laatuun	40
6.3 Esikasvien vaikutus satoon ja sen laatuun	41
6.3.1 Esikasvien vaikutus satoon	41
6.3.2 Esikasvien vaikutus sadon laatuun	41
6.4 Käyttölaatu	42
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	43
LÄHTEET	44
LIITE 1: PERUNAN SAAMAT RAVINNEMÄÄRÄT LANNOITUKSESSA	51
LIITE 2: PERUNAN SAAMAT KASVINSUOJELUKÄSITTELYT	52
LIITE 3: PERUNAN ULKOISEN LAADUN ARVIOINTI	53
LIITE 4: PERUNAN SISÄISEN LAADUN ARVIOINTI: RAAKATUMMUMINEN JA KEITTOKOE	54

1 JOHDANTO

Perunan (*Solanum tuberosum* L.) viljelyala on Suomessa noin 23 000 hehtaaria (Tike 2012). Tämä on kuitenkin vain yksi prosentti koko Suomen viljelyalasta. Noin puolet perunan viljelyalasta (11 600 hehtaaria) on ruokaperunaa (Tike 2012). Ruokaperunan viljely on Suomessa keskittynyt maantieteellisesti pienelle alueelle, sillä huomattava osa ruokaperunasta (7 200 hehtaaria) tuotetaan Pohjanmaalla (Tike 2012). Ruokaperunan tuotannon maantieteellinen keskittyminen ja tuotannon tehostuminen ovat vähentäneet tiloilla kasvinvuorotusta. Monivuotinen viljelykierto osana perunan tuotantoa kuitenkin parantaa maan rakennetta ja sen biologisia ominaisuuksia (Angers ym. 1999, Grandy ym. 2002). Monivuotisen viljelykierron on myös todettu lisäävän perunan mukulasatoa ja parantavan sadon laatua (Emmond ja Ledingham 1972, O’Sullivan 1978, Scholte ym. 1985, Hoekstra 1989, Lamers 1989, Scholte 1990, Scholte ja s’Jacob 1990, Peters ym. 2004).

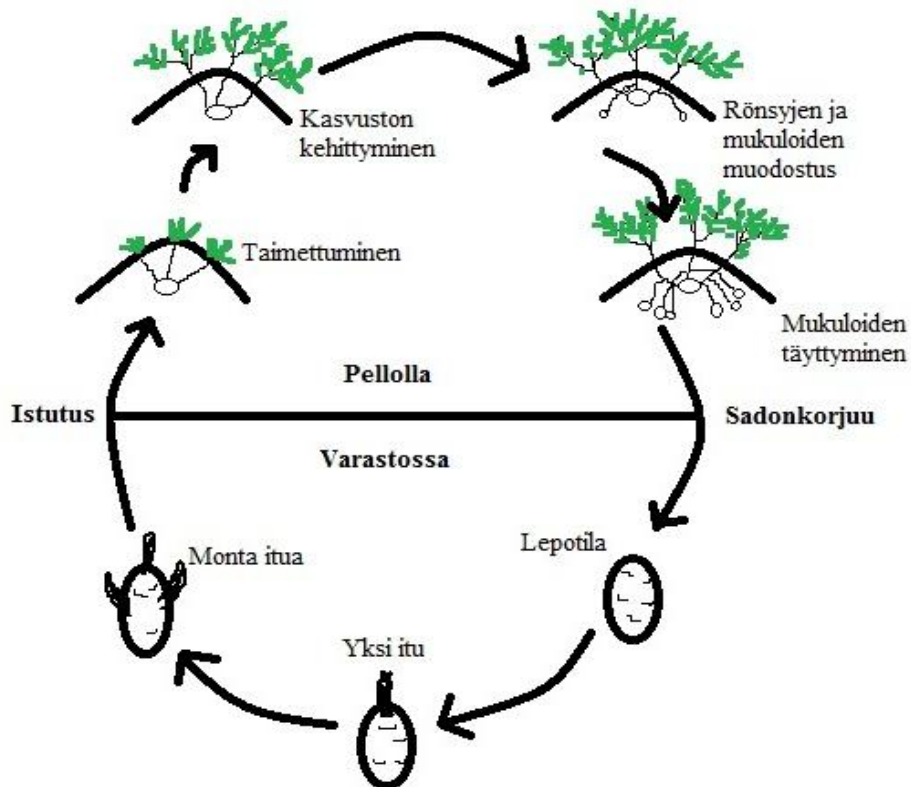
Suomessa yksi yleisimmistä muokkausmenetelmistä osana perunan tuotantoa on syyskyntö. Syyskyntö saattaa kuitenkin aiheuttaa märissä oloissa kyntökerroksen alapuolisen maan tiivistymistä. Tiivistynyt maa pienentää perunan mukulasatoa (Ross 1986, Dickson ym. 1992, Young ym. 1993). Keväällä tehdyn kevennetyn muokkauksen on todettu parantavan maan rakennetta ja biologista aktiivisuutta verrattuna syksyllä tehtävään kyntöön (Carter ym. 2009). Kevennetty muokkaus ja auraton viljely onkin yleistynyt Suomessa. Aurattoman viljelyn soveltuvuutta perunan tuotantoon on kuitenkin tutkittu vain vähän.

Perunantutkimuslaitoksella Lammilla toteutettiin kahdeksanvuotinen viljelykierto- ja muokkauskoe vuosina 1997-2002. Kokeessa tutkittiin kolmi- ja nelivuotisen viljelykierron soveltuvuutta perunatilalle sekä niiden vaikutusta perunan mukulasatoon ja sen laatuun. Lisäksi tutkittiin syyskynnön, kevätkynnön ja kevytmuokkauksen vaikutusta perunan mukulasatoon ja laatuun. Perunan esikasveina käytettiin todennäköisimpiä perunatilan välikasveja, jotka ovat kaura (*Avena sativa* L.) ja ohra (*Hordeum vulgare* L.). Lisäksi tutkittiin vielä mahdollista ohran olkien korjaamisen vaikutusta sadon laatuun. Nelivuotisessa viljelykierrossa viljojen lisäksi yhtenä esikasvina käytettiin kaksivuotista nurmea, jonka vaikutus esikasvina perunan satoon ja laatuun haluttiin selvittää.

2 Peruna

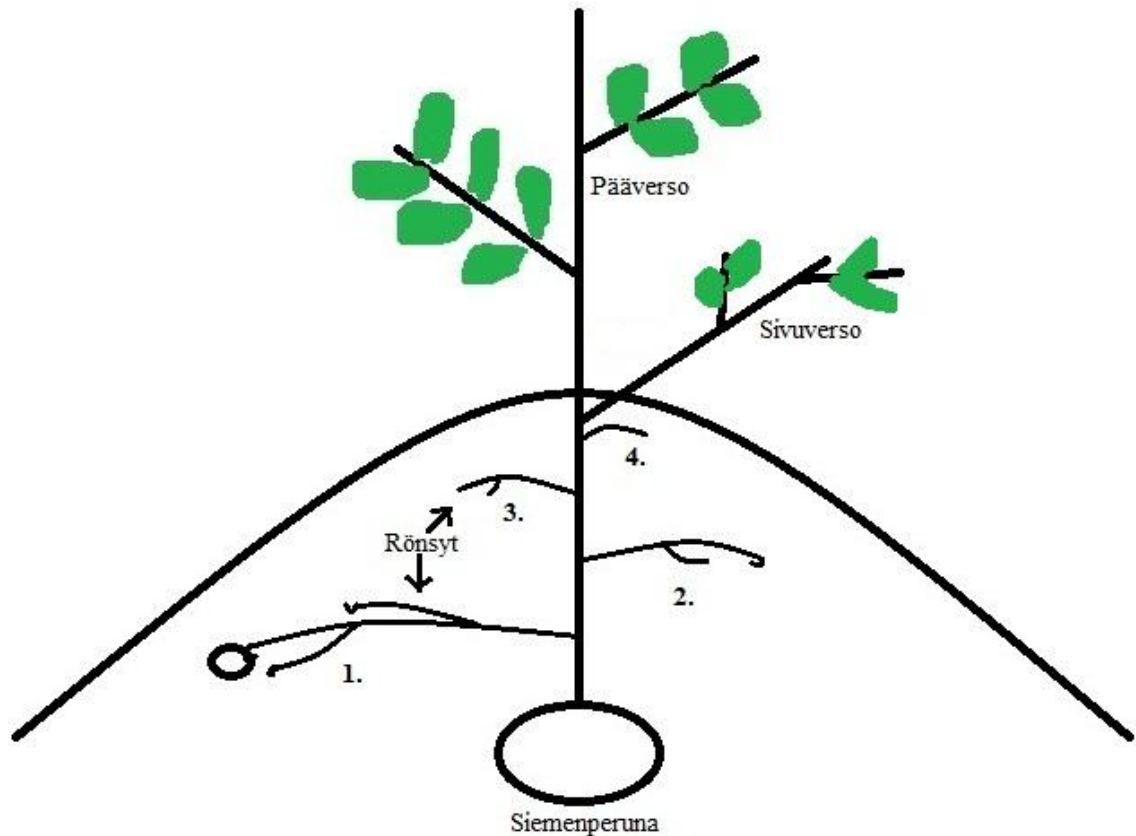
2.1 Peruna viljelykasvina

Peruna on kasvullisesti lisääntyvä viljelykasvi, jonka satona korjataan vegetatiivinen mukula (Ewing ja Struik 1992). Perunan elinkierto koostuu itujen muodostumisesta, maanpäällisten versojen kasvusta, mukulan muodostuksesta, mukuloiden täyttymisestä ja mukuloiden tuleentumisesta (Ewing ja Struik 1992). Elinkiertonsa (Kuva 1) aikana mukula käy läpi neljä eri fysiologista vaihetta, jotka ovat lepotila, mukulan apikaalidominanssi, itäminen ja tuleentuminen (Ewing ja Struik 1992).



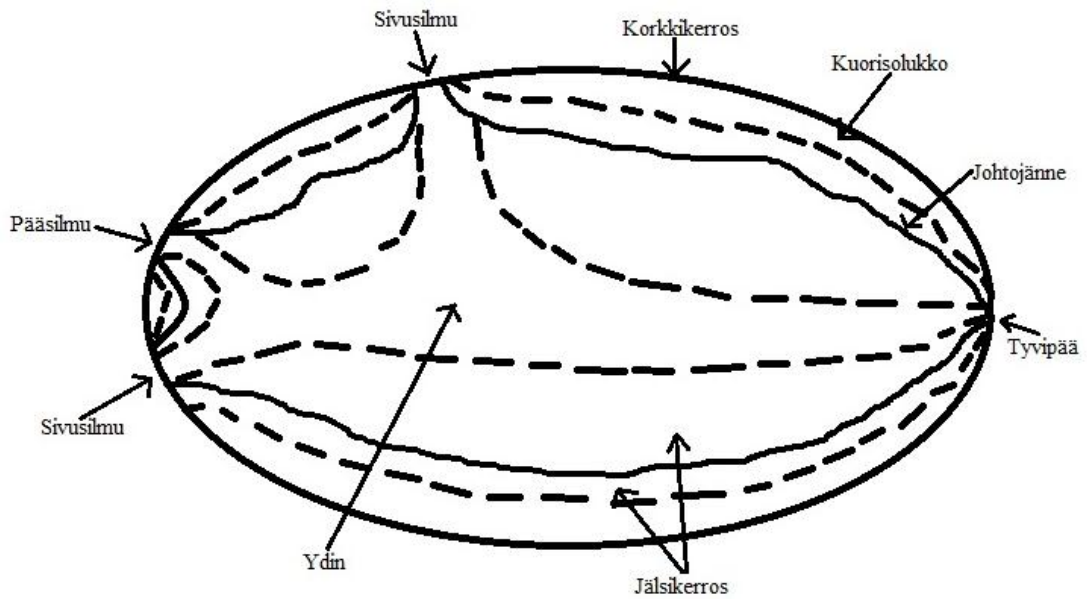
Kuva 1. Perunan elinkierto viljelykasvina (mukaillen Struik ja Wiersema 1999).

Perunakasvusto koostuu maanpäällisistä versoista, lehdistä ja kukinnoista sekä maan alaisista rönsyistä, mukuloista ja juurista. Siemenmukulaa lähinnä oleva ja ensimmäisenä muodostuva rönsy kasvaa pisimmäksi (Kuva 2). Perunalla on heikko juuristo, mikä vaikeuttaa sen veden saantia (Harris 1978b).



Kuva 2. Perunan maanalaisten rönsyjen muodostumisjärjestys (mukaillen Struik 2007).

Perunan mukulan toisessa päässä sijaitsevat pääsilmun ja sivusilmujen itukuopat, ja mukulan toista päätä kutsutaan tyvipääksi (Kuva 3). Mukulan päällimmäisen korkkikerroksen alla sijaitsevat kuorisolukko ja johtojänteet. Sisimpänä mukulassa ovat jälsikerros ja ydin (Struik ja Wiersema 1999). Mukulan kuiva-ainepitoisuus on lajikkeesta riippuen 18-26 prosenttia (Burton 1989). Suurimmillaan mukulan kuiva-ainepitoisuus on kuorikerroksen ja johtojänteen välissä olevassa jälsikerroksessa (Storey 2007). Ytimessä kuiva-ainetta on vähiten (Storey 2007). Kuiva-ainepitoisuus on suurin keskikokoisilla noin 50 mm mukuloilla (Wurr ja Allen 1974). Suurin osa (60-80 %) mukulan kuiva-aineesta on tärkkelystä (Gray ja Hughes 1978). Tärkkelys jakautuu mukulassa kuten kuiva-ainekin: sen pitoisuus kasvaa ytimestä kuorikerrokseen päin (Storey 2007). Tärkkelyksen lisäksi mukula sisältää proteiinia (1,7-2,1 g/100g) ja jonkin verran sokereita: glukoosia (0,15-1,5 %), fruktoosia (0,15-1,5 %) ja sakkaroosia (0,4-6,6 %) (Storey 2007).



Kuva 3. Mukulan rakenne (mukaiillen Struik ja Wiersema 1999).

2.2 Perunan sadonmuodostus

Perunasato muodostuu satokomponenteista, joita ovat istutettujen siemenmukuloiden määrä, siemenmukulan tuottamien pääversojen määrä, mukuloiden määrä yhtä pääversoa kohden ja yksittäisen mukulan paino (Struik ja Wiersema 1999). Perunan mukulasatoon vaikuttavia tekijöitä ovat viljelytekniikka, perunalajike ja siemenmukulan fysiologinen tila (Burton 1989).

2.2.1 Mukulanmuodostus ja täyttyminen

Perunan mukulanmuodostus alkaa, kun pääversosta kasvanut maanalainen rönsy alkaa kerääntyttää tärkkelystä ja turvota, jolloin solut sekä jakaantuvat että laajenevat (Ewing ja Struik 1992). Mukulanmuodostus kestää yhdestä kahteen viikkoa (Struik ja Wierseman 1999). Sen alkamisen ajankohta riippuu perunalajikkeesta ja siemenmukulan fysiologisesta iästä (Ewing ja Struik 1992), mutta siihen vaikuttavat myös mukulassa tapahtuvat muutokset ja itujen kehitysvaihe (Goodwin ym. 1969). Siemenmukulan fysiologinen ikä kuvaa mukulan biokemiallista ja fysiologista vaihetta mukulanmuodostuksesta sen tuleentumiseen (Burton 1989). Fysiologisen iän kertymiseen vaikuttavat mukulan kronologinen ikä, varastointilämpötila sekä perunalajike (Ewing ja Struik 1992).

Kun mukulanmuodostus on alkanut, suurin osa ravinteista ja yhteytystuotteista kuluu mukuloiden kasvuun. Yhteytetty hiili kuljetetaan mukuloihin sakkaroosina, jossa se rakentuu tärkkelykseksi. Pääverson tuottamat yhteyttämistuotteet kulkeutuvat siitä pääversosta muodostuneille mukuloille, mutta tuotteita voidaan kierrättää myös siemenmukulan kautta toisen pääverson mukuloille (Engels ja Marschner 1986). Jokainen mukula säätelee kuitenkin itsenäisesti sokeri- ja tärkkelysaineenvaihduntaansa (Appeldoorn ym. 1999). Mukulat kilpailevat keskenään maanpäällisen kasvuston tuottamista yhteytystuotteista. Ensimmäisenä muodostuneet mukulat täyttyvät ensimmäisenä, sillä ne dominoivat myöhemmin muodostuneita. Myöhemmassä kasvuvaiheessa mukulan vahvuuden yhteytystuotteiden kohteena määrää sen tuorepaino (Engels ja Marschner 1986). Suurin osa (90 prosenttia) mukuloiden kuiva-aineesta on peräisin mukulanmuodostuksen alun jälkeen muodostuneista yhteytystuotteista (Moorby 1978).

2.2.3 Perunan satoon vaikuttavia tekijöitä

Perunan kuiva-ainesato on suoraan verrannollinen perunakasvuston vastaanottamaan säteilyyn, mikäli kasvusto ei kärsi stressistä, joten perunan sadonmuodostus on lähderajoitteista. Perunalla suuri lehtialaindeksi (lehtien pinta-alan suhde niiden peittämän maa-alueen pinta-alaan) tuottaa suuren kuiva-ainesadon. Perunan lehtialaindeksi on sitä suurempi, mitä tiheämpi sen maanpäällinen kasvusto on, joten kasvuston aukkoisuus pienentää perunan mukulasatoa. (Allen ja Scott 1980).

Mukuloiden kokojakaumaan ja niiden määrään vaikuttavat siemenmukulan fysiologinen ikä, pääversojen määrä, perunalajike, kasvukauden olosuhteet, viljelytekniikka sekä tuleentumisaste sadonkorjuuvaiheessa (Allen 1978). Kun siemenmukula on fysiologiselta iältään vanha, pääversoja muodostuu vähän ja mukulat ovat kooltaan suuria. Tällöin myös perunan mukulasato jää pieneksi. Fysiologiselta iältään nuori siemenmukula muodostaa vanhaa siemenmukulaa enemmän pääversoja, jolloin mukuloiden lukumäärä kasvaa, mutta niiden koko pienenee. Tällöin kokonaissato on suurempi kuin vanhan siemenmukulan tuottama mukulasato, mutta ruokaperunakelpoinen sato saattaa laskea kauppaan kelpaamattomien liian pienten mukuloiden lukumäärän lisääntymisestä johtuen (Struik ja Wiersema 1999). Kun siemenmukulan pääversojen lukumäärä kasvaa, laskee yhden verson tuottamien mukuloiden määrä (Scott ja Younger 1972). Suuri kasvustotiheys tuottaa kuitenkin

enemmän mukuloita kuin pieni. Tämä johtuu siitä, että harvassa kasvustossa on vähemmän kasvuston sisäistä kilpailua eri kasvutekijöistä, kuten yhteyttämistuotteista, valosta, ravinteista ja vedestä (Wurr 1974). Muodostuvien mukuloiden määrään vaikuttaa pääversojen lukumäärän lisäksi siemenmukulan koko. Siemenmukulan koon kasvaessa nousee myös mukuloiden lukumäärä kasvia kohden, vaikka yksittäisen verson mukulamäärä laskeekin. Lisättäessä siemenmukuloiden määrää hehtaarilla, laskee mukuloiden määrä kasvia kohti, vaikka versojen määrä kasvia kohti pysyykin samana (Scott ja Younger 1972).

Tiheä perunakasvusto sulkeutuu nopeammin kuin harva kasvusto. Kasvuston ollessa tiheä perunan juuret läpäisevät myös syvempiä maakerroksia, koska tiheä perunakasvusto kärsii helposti kuivuudesta, jonka vuoksi juurten on läpäistävä syvempiä maakerroksia saadakseen vettä. Pääversojen lukumäärään siemenmukuloiden istutusetäisyys ei kuitenkaan vaikuta. Kun perunakasvuston tiheys kasvaa, mukuloiden lukumäärä vähenee hitaammin kuin niiden paino, jolloin muodostuu paljon pieniä mukuloita. Mukuloiden laatu paranee ja niiden kuiva-ainepitoisuus nousee, kun perunakasvuston tiheys kasvaa (Scott ja Younger 1972).

2.2.4 Mukulan lepotila

Tuleennuttuaan mukula on lepotilassa, jolloin se ei muodosta ituja, vaikka ympäristön olot olisivat itämiselle suotuisat. Lepotilassa mukulan elintoiminnot ovat kuitenkin koko ajan käynnissä ja sen fysiologinen ikä karttuu. Siemenmukulan vanhentuessa sen itämislepo purkautuu ja itujen muodostuminen alkaa (Burton 1989). Itujen lukumäärä riippuu varastointilämpötilasta ja -ajasta. Lyhytaikainen varastointi korkeassa lämpötilassa (+10 - +20°C) edistää mukuloiden yksi-ituisuutta ja pitkäaikainen varastointi matalassa lämpötilassa (+2- +5°C) edistää mukuloiden moni-ituisuutta (Struik ja Wiersema 1999). Mukuloiden ja lajikkeiden välillä esiintyy kuitenkin suurta vaihtelua siinä, miten ne reagoivat varastointilämpötilaan. Varastoinnin aikana siemenmukuloihin muodostuneiden itujen määrä ei aina vastaa pellolla muodostuvaa pääversojen lukumäärää, koska osa iduista ei kehity versoiksi ja osa iduista voi puolestaan muodostua vasta istutuksen jälkeen (Hay ja Hampson 1991).

2.3 Perunan viljelyyn vaikuttavia tekijöitä

2.3.1 Kasvinvuorotus

Viljelykierron pituudella on suuri vaikutus perunasadon määrään. Useiden tutkimusten perusteella on osoitettu, että viljelykierron pidentyessä perunan mukulasato kasvaa (Emmond ja Ledingham 1972, O'Sullivan 1978, Scholte ym. 1985, Hoekstra 1989, Lamers 1989, Scholte 1990, Scholte ja s'Jacob 1990, Peters ym. 2004). Jo siirtyminen perunan monokulttuurista kaksivuotiseen kiertoon vaikuttaa mukulasatoon. Perunan ja maissin (*Zea mays* L.) kaksivuotisessa kierrossa mukulasato oli keskimäärin 27 prosenttia suurempi kuin monokulttuurissa riippumatta käytetystä typpilannoituksesta (O'Sullivan 1978).

Yleisimmin tutkitut perunan viljelykierrat vaihtelevat kolmesta kuuteen vuoteen. Lamersin (1989) mukaan perunan mukulasato oli perunan monokulttuurissa 18 prosenttia ja kaksivuotisessa kierrossa kolme prosenttia pienempi kuin kolmivuotisessa kierrossa, kun perunan välikasveina viljeltiin sokerijuurikasta (*Beta vulgaris* var. *altissima* Döll) ja syysvehnää (*Triticum aestivum* L.). Kolmivuotinen kierto oli kaksivuotista satoisampi myös Petersin ym. (2004) mukaan, kun ohra ja puna-apila (*Trifolium pratense* L.) olivat perunan välikasveja. Pidempi viljelykierto vähensi myös perunaseitin (*Rhizoctonia solani* Kühn) esiintymistä (Peters ym. 2004). Nelivuotisen kierron on todettu tuottavan sekä mukula- että ruokaperunasatoa 7-8 tonnia hehtaarilta enemmän kuin perunan monokulttuurin (Emmond ja Ledingham 1972). Pitkäaikaisessa, 24-vuotisessa viljelykiertokokeessa kolmi-, neli- ja kuusivuotisesta kierrosta kuusivuotinen kierto tuotti suurimman sadon, nelivuotinen toiseksi suurimman ja kolmivuotinen pienimmän (Hoekstra 1989). Mukulasato ja myös perunan juurten paino olivat sen sijaan viisivuotisessa kierrossa kaksivuotista suurempia (Scholte 1990). Scholte ja s'Jacob (1990) totesivat mukulasadon pienenevän lyhyessä viljelykierrossa ajan myötä. Perunan monokulttuuri pienentää myös mukuloiden kokoa, sillä yli 55 mm mukuloiden osuus kokonaissadosta oli perunan monokulttuurissa 13 prosenttia, kun kolmivuotisessa kierrossa se oli 23 prosenttia (Lamers 1989). Myös Hoekstran (1989) mukaan lyhyt viljelykierto tuottaa pieniä ja epämuotoisia mukuloita.

Viljelykierron vaikutus perunan mukulasatoon selittyy usein kasvitautien esiintymisenä lyhyissä kierroissa. Kasvitauteja aiheuttavat maassa elävät mikrobit, jotka lisääntyvät perunan monokulttuurissa ja alentavat satoa (Scholte ja s'Jacob 1990). Näivetystauti

(*Verticillium dahliae* Kleb.) aiheuttaa perunan maanpäällisen kasvuston ennen aikaisen lakastumisen ja kuoleamisen, mikä pienentää mukulasatoa (Scholte ym. 1985, Lamers 1989, Scholte 1989, Scholte ja s'Jacob 1990). Myös perunarupea (*Streptomyces spp.* Waksman & Henrici) esiintyy enemmän lyhyessä viljelykierrossa ja perunan monokulttuurissa kuin pidemmissä kierroissa (Hoekstra 1989). Perunaseitin on todettu lisääntyvän perunan monokulttuurissa tai lyhyissä viljelykierroissa (Scholte ym. 1985, Scholte 1990, Hide ja Read 1991, Carter ja Sanderson 2001). Se vaikuttaa kuitenkin enemmän perunoiden laatuun kuin suoraan sadon määrään (Hide ja Read 1991). Perunaseitti lisää epämuotoisten mukuloiden määrää (Scholte 1990) ja samalla laskee ruokaperunakelpoisten mukuloiden määrää (Carter ja Sanderson 2001). On kuitenkin myös todettu, että perunaseitin esiintyminen maassa ei liittyisi perunan viljelykierron pituuteen (Hoekstra 1989).

Lyhyen viljelykierron aiheuttama perunasadon pieneneminen riippuu hyvin paljon perunalajikkeesta, koska lajikkeet eroavat tautiherkkyydeltään toisistaan (O'Sullivan 1978, Scholte 1989, Scholte ja s'Jacob 1990).

2.3.2 Perunan esikasvi

Perunan esikasveiksi soveltuvat hyvin yksisirkkaiset kasvit, koska peruna on kaksisirkkainen. Tämä johtuu siitä, että yksisirkkaisilla kasveilla esiintyy eri kasvitauteja kuin perunalla, mistä johtuen ne eivät toimi viljelykierrossa perunan kasvitautilien isäntäkasveina. Näin ollen ne vähentävät maan tautipainetta (Hoekstra 1989).

Verrattaessa kaksivuotisessa kierrossa perunan esikasveina ohraa, puna-apilaa ja italianraiheinää (*Lolium multiflorum* Lam.) suurin perunan mukulasato saatiin italianraiheinän jälkeen (Carter ym. 2003). Myös Hoekstran (1989) mukaan yksisirkkaiset heinäkasvit soveltuvat perunan esikasveiksi, sillä kuusivuotisessa viljelykierrossa perunan mukulasato oli herneen (*Pisum sativum* L.) jälkeen seitsemän prosenttia pienempi kuin siemennurmen jälkeen. Kolmivuotisessa viljelykierrossa mukulasato oli siemennurmen jälkeen kaksi prosenttia suurempi kuin puna-apilan jälkeen (Hoekstra 1989). Mukulasato oli puolestaan kolmivuotisen heinän jälkeen kolme prosenttia suurempi kuin ohran, siemennurmen tai kaksi- ja yksivuotisen heinän jälkeen (Hoekstra 1989). Celettin ym. (1989) mukaan kuitenkin perunan mukulasatoa

alentavaa näivetyystautia oli enemmän syysvehnän ja italianraiheinän (*Lolium multiflorum* L.) jälkeen kuin apilan jälkeen. Syysvehnä lisäsi myös perunaseitin määrää enemmän kuin raiheinä tai apila.

2.3.3 Muokkausmenetelmät perunalla

Carter ym. (1998), Carter ja Sanderson (2001) sekä Riley ja Ekeberg (1998) totesivat, että syyskynnöllä, kevätkynnöllä tai kevytmuokkauksella ei ole vaikutusta perunan mukulasatoon. Kuitenkin Boliglowan ja Glenin (2003) mukaan perunan mukulasato oli syyskynnön seurauksena suurempi kuin kevytmuokkauksen seurauksena. Myös Ekebergin ja Rileyn (1996) mukaan perunan mukulasato erosi syyskynnön ja suorakylvön seurauksena, mutta satoero riippui perunan nostoajankohdasta. Aikaisemmissa nostoissa mukulasato oli suurempi syyskynnön seurauksena kuin suorakylvön seurauksena. Myöhäisemmissä nostoissa mukulasato oli puolestaan suurempi suorakylvön seurauksena kuin syyskynnön seurauksena (Ekeberg ja Riley 1996). Muokkausajankohdan siirtäminen syksystä kevääseen kuitenkin paransi maan rakennetta (Carter ja Sanderson 2001) ja biologista aktiivisuutta (Carter ym. 2009).

Kyntö saattaa aiheuttaa maan tiivistymistä muokkauskerroksen alapuolella, mikä haittaa perunan juurten kasvua (De Roo ja Waggoner 1961) ja pienentää perunan mukulasatoa (Ross 1986; Dickson ym. 1992; Young ym. 1993). Tiivistyneen maan syväkuohkeutus kyntökerroksen (20-30 cm) alapuolelta lisää sekä perunan mukulasatoa että ruokaperunakelpoista satoa (Pierce ja Burpee 1995) ja suurentaa mukulakokoa (Sojka ym. 1993). Myös jankkurointi noin 50 cm syvyyteen, jota seurasi raiheinän kylvö nosti mukulasatoa kuivana kasvukautena verrattuna syys- tai kevätkyntöön (Lötjönen 2009).

2.4 Perunan laatu

Perunan laatu jaetaan ulkoiseen ja sisäiseen laatuun. Ulkoinen laatu kuvaa mukulan ulkonäköä ja sitä kautta soveltuvuutta eri tarkoituksiin, kuten ruokaperunaksi tai -teollisuudelle. Sisäisellä laadulla tarkoitetaan mukulan käyttöominaisuuksia esimerkiksi ruokateollisuudessa. Mukulan laatuun vaikuttavat viljelytekniikka, kasvuolot sekä varastointiolot (Burton 1989).

2.4.1 Perunan ulkoinen laatu

Ulkoiselta laadultaan terveessä mukulassa ei näy ulkoisesti mitään vioitusta tai virhettä. Ulkoista laatua heikentävät erilaiset vioitukset. Perunantutkimuslaitoksen käyttämän laadunmäärittämissuositukseen (Perunantutkimuslaitos 2000) mukaan ulkoisen laadun vioituksia ovat: ”1) rupi, 10–25 % ja >25 % mukulan pinnasta 2) syvärupi, vähintään kolme rupikuoppaa, jotka eivät poistu kuorinnassa 3) kuorirokko, 10–25 % ja >25 % mukulan pinnasta 4) mukularutto 5) muut sienimädät (*phoma*- ja *fusarium*-mätä) 6) sydänmätä, *Pythium*-sienen tuottama mukulan onteloittava mätä 7) bakteerimädät (tyvi- ja märkämätä) 8) maltokaaret 9) mustelmat, ehyen kuoren alla olevat mekaaniset vauriot 10) muut mekaaniset viat, kuori vahingoittunut ja vika ei poistu normaalissa kuorinnassa 11) kasvuhalkeamat, halkeamat korkkiutuneita, syntyneet ennen nostoa 12) epämuotoiset 13) ontot ja keskeltä ruskeat, vioitus mukulan sisimmässä osassa 14) ruskolaikut 15) muut mallon värivirheet 16) vihertyneet, ennen nostoa syntynyt vihertymä, joka ei poistu kuorinnassa 17) pakkasviat 18) itäneet, itäneiksi katsotaan ne mukulat, joissa idun pituus 5 mm tai enemmän 19) muut viat (toukanreiät, juolavehnavioitus tms.)”.

Mukula luokitellaan rupiseksi, jos sen pinnasta yli kymmenen prosenttia on ruven peitossa (Perunantutkimuslaitos 2000). Perunarupea aiheuttaa maassa elävä kasvipatogeeni *Streptomyces scabies* (Burton 1989). Mekaanisesta kolhusta aiheutuva mustelma taas on pallomainen ruskean harmaa alue johtojänteen kudoksessa eikä se näy kuoren päälle. Mustelman aiheuttavat fenoleiden hapettumisesta muodostuvat pigmentit (Gray ja Hughes 1978). Mukula, jolla on vahva kuori ja heikko kuoren alainen kudokse, on altis mustelmille, mutta alttius mustelmille on myös lajikekohtaista (Gray ja Hughes 1978). Jokaisella perunalajikkeella on myös lajikkeelle ominainen mukulan muoto (Burton 1989). Poikkeamaa lajikkeelle ominaisesta muodosta kutsutaan epämuotoiseksi mukulaksi. Mukulan epämuotoisuus haittaa mukulan konekuorintaa (Perunantutkimuslaitos 2000). Epämuotoisuus johtuu usein mukulan sekundäärisestä kasvusta. Sekundääristä kasvua tapahtuu, kun kasvin kehitysvaihe siirtyy esimerkiksi kuivuuden tai kuumuuden vaikutuksesta mukulan täyttymisestä takaisin vegetatiiviseen kasvuvaiheeseen ja siitä taas takaisin mukulan täyttymiseen. Epämuodostuma muodostuu mukulan tyvipäähän (Burton 1989). Myös mukuloiden vihertyminen on yksi ulkoisen laadun vioituksista. Vihertyminen johtuu lehtivihreän muodostumisesta valon

vaikutuksesta mukulan kuorikerroksessa (Gray ja Hughes 1978). Vihertymistä tapahtuu, jos mukulat kasvavat maan pintaan (Lewis ja Rowberry 1973).

2.4.2 Perunan sisäinen laatu

Perunan sisäistä laatua kuvaavat sen tärkkelyspitoisuus, raakatummuminen ja keitt ominaisuudet. Keittokokeessa arvioitavia ominaisuuksia ovat Karin ym. (2002) mukaan yleisulkonäkö, hajoamisen kestävyys, väri, värin tasaisuus, makeus, maku, haju, tarttuvuus, kuivuus ja jälkitummumisen kestävyys.

Suurin osa mukulan kuiva-aineesta on tärkkelystä (60-80 prosenttia). Näin ollen tärkkelys kuvaa myös mukulan kuiva-ainepitoisuutta (Gray ja Hughes 1978). Tärkkelys on polymeerinen molekyyli, joka muodostuu kahdesta eri muodosta, amyloosista ja amylopektiinista. Mukulan tärkkelyksestä 80 prosenttia on amylopektiinia ja loput amyloosia. Viileä ja lyhyt kasvukausi laskee mukulan kuiva-ainepitoisuutta, kun taas pitkä ja lämmin kasvukausi nostaa sitä. Tärkkelyksen muodostus on nopeaa mukulan kasvun alussa, mutta hidastuu kasvukauden loppua kohden (Gray ja Hughes 1978). Mukulan kuiva-ainepitoisuutta ja siten myös tärkkelyspitoisuutta laskevat typpi ja kalium (Harris 1978a). Mukulan ominaispaino ja samalla tärkkelyspitoisuus laskee, kun perunan istutusetäisyys kasvaa (O'Sullivan 1978; Lamers 1989).

2.4.3 Ruokaperunan laatuvaatimukset

Elintarvikkeeksi myytävän perunan laatuvaatimukset määrittelee Suomessa Elintarviketurvallisuusvirasto EVIRA (EVIRA 2012). Myytävien perunoiden tulee olla ”lajikepuhtaita, terveitä, eheitä ja kiinteitä”. Niissä ”ei saa esiintyä vierasta hajua tai makua”. Ruokaperunaksi eivät kelpaa ”esimerkiksi syvältä vihertyneet tai pakkasen vioittamat mukulat” (EVIRA 2012).

2.4.4 Perunalajikkeet Sabina ja Van Gogh

Sabina luokitellaan kasvuajaltaan melko aikaiseksi perunalajikkeeksi. Se on keittotyypiltään jauhoinen (tärkkelyspitoisuus 17 prosenttia). Sabinan mukulasato on keskimääräistä korkeampi, sillä on hyvä ruven kestävyys, mutta keskinkertainen lehtiruton (*Phytophthora infestans* Mont.) ja mukularuton (*Phytophthora infestans* Mont.) kestävyys (Kari ym. 2001).

Van Gogh on kasvuajaltaan melko myöhäinen perunalajike. Sen tärkkelyspitoisuus on 16 prosenttia, joten se luokitellaan myös jauhoiseksi. Van Goghin mukulasato on Sabinan satoa korkeampi, sillä on hieman parempi ruven kestävyys kuin Sabinalla ja sen lehtiruton ja mukularuton kestävyys on hyvä (Kari ym. 2001).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kolmi- ja nelivuotisen viljelykierron soveltuvuus perunan viljelyyn. Lisäksi haluttiin selvittää syyskynnön, kevätkynnön ja kevytmuokkauksen vaikutukset perunan mukulasatoon ja sen laatuun. Tavoitteena oli lisäksi tutkia ohran, kauran ja nurmen esikasvivaikutuksia perunan satoon ja sen laatuun.

Tutkimuksen hypoteesina oli, että muokkauksen ja esikasvien vaikutukset perunan kasvuun ja satoon sekä maan rakenteeseen ja viljavuuden kehitykseen ovat kytköksissä käytettyyn viljelykiertoon.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Koejärjestelyt

4.1.1 Viljelykierrot

Tutkimus toteutettiin Perunantutkimuslaitoksella Lammilla (N 61° 5.697' E 25° 0.962', korkeus meren pinnasta 110 m) kiinteänä kenttäkokeena vuosina 1995-2002. Vuodet 1995 ja 1996 olivat koetta valmistelevia vuosia, ja varsinaiset mittaukset ja havainnot tehtiin vuosien 1997-2002 aikana. Tutkimuksessa oli kolme eri muuttujaa: viljelykierto, muokkaus ja esikasvi. Viljelykiertona tutkittiin kahta eri pituista perunatilalle soveltuvaa kiertoa. Kolmivuotisessa kierrossa perunalla oli kolme eri esikasvia ja nelivuotisessa kierrossa neljä eri esikasvia (Taulukko 1).

Taulukko 1. Kuusivuotisen viljelykierto-, muokkausmenetelmä- ja esikasvitutkimuksen kolmi- ja nelivuotiset viljelykierrot Perunantutkimuslaitoksella Lammilla vuosina 1997-2002. Ohra+nurmi tarkoittaa, että nurmi perustettiin suojaviljaan, joka oli ohra.

Viljelykierto	I vuosi	II vuosi	III vuosi	IV vuosi
Perunaa joka III vuosi	ohra	ohra, oljet jätetty	peruna	ohra
”	ohra	ohra, oljet poistettu	peruna	ohra
”	ohra	kaura, oljet poistettu	peruna	ohra
Perunaa joka IV vuosi	ohra	kaura	ohra, oljet jätetty	peruna
”	ohra	kaura	ohra, oljet poistettu	peruna
”	ohra	kaura	kaura, oljet poistettu	peruna
”	ohra+nurmi	nurmi	nurmi	peruna

Kolmivuotisessa kierrossa perunan välikasveina olivat ohra perunan jälkeen sekä perunan edellä kolme eri esikasvia: 1) ohra, oljet muokattu maahan, 2) ohra, oljet poistettu ja 3) kaura, oljet poistettu. Nelivuotisessa kierrossa perunan jälkeen kahtena vuotena välikasveina olivat ohra ja kaura. Perunan esikasvit olivat samat kuin kolmivuotisessa kierrossa, minkä lisäksi neljäntenä esikasvina oli kaksivuotinen nurmi. Kaura ja ohra valittiin viljelykiertoihin välikasveiksi, koska niitä viljellään useimmilla perunatiloilla. Olkien poisto ohran kohdalla perustui siihen, että joissakin tapauksissa olkien kyntäminen maahan lisää riskiä perunaseitin muodostumiseen. Nurmi oli mukana nelivuotisessa kierrossa, koska se pitää paremmin yllä maan rakennetta kuin yksivuotiset viljat (Angers et al., 1999; Grandy et al., 2002).

4.1.2 Muokkausmenetelmät

Tutkittavia muokkausmenetelmiä oli kolme: syyskyntö, kevätkyntö sekä kevytmuokkaus lautasäkeellä tai kultivaattorilla syksyllä. Syyskynnössä koelakynnettiin syksyllä sadonkorjuun jälkeen. Kevätkyntöalalle ei tehty syksyllä mitään, vaan se kynnettiin vasta keväällä ennen perunan istutusta. Kyntösyvyys oli syksyllä 25-30 cm ja keväällä 22-25 cm. Kevytmuokatut koelohkot muokattiin syksyllä lautasäkeellä tai kultivaattorilla noin 17 cm syvyyteen (Kuva 4).



Kuva 4. Vasemmalla puolella kevytmuokattu ja oikealla puolella kynnetty lohko keväällä ennen perunan istutusta. (Kuva: Perunantutkimuslaitos)

4.1.3 Koekenttä

Kolme- ja nelivuotiset viljelykierrat sijoitettiin koekentälle teknisistä syistä johtuen kahdeksi rinnakkaiseksi kaistaksi (Kuva 5). Muokkausmenetelmät muodostivat pääruudut, ja ne arvottiin ristikkäisiksi kaistoiksi viljelykiertoihin nähden. Kolmen vuoden viljelykierrat jaettiin kolmeen kaistaan, joista jokainen edelleen kolmeen sarkaan. Yhdellä saralla oli perunaa, toisella ohraa ja kolmannella kaistoina perunan kolme esikasvia. Nelivuotinen kierto jaettiin neljään kaistaan, jotka jaettiin edelleen neljään sarkaan. Kaistoilla oli perunaa, kauraa, ohraa ja kaksivuotinen suojaviljaan perustettu nurmi sekä esikasvit. Näin perunaa oli joka vuosi yhdellä kaistalla molemmissa viljelykiertoissa.

Esikasvin ollessa vilja perunaruudut muodostuivat kuudesta penkistä (12 m x 4,8 m) . Sen sijaan esikasvin ollessa nurmi perunaruudut muodostuivat kymmenestä penkistä (12m x 8 m). Perunan mukulasato korjattiin kahden penkin alalta (1,6 m x 8,0 m) kaikkien esikasvien jälkeen. Kokeessa oli kaksi kerrannetta ja koko koekentän pinta-ala oli 1,4 hehtaaria.

4.3 Sääolot

Kasvukauden aikainen sää vaihteli Perunantutkimuslaitoksella vuosittain tutkimuksen aikana huomattavasti (Taulukko 3; Taulukko 4; Taulukko 5). Huhti-syyskuun keskilämpötila oli korkein vuonna 2002 ja matalin vuonna 1998. Sateisin kesä oli vuonna 1998 ja kuivin vuonna 1999. Tehoisa lämpösumma oli syyskuun lopussa suurin vuonna 2002 ja pienin sateisen kesän 1998 jälkeen.

Taulukko 3. Keskilämpötila Lammilla koevuosina huhti-syyskuussa sekä keskiarvo vuosilta 1983-2009.

Kuukausi	Keskilämpötila, °C						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1983-2009
Huhti	0,7	2,9	4,9	8,9	5,0	6,5	3,4
Touko	7,0	8,9	7,0	10,0	7,9	10,6	9,2
Kesä	15,6	13,7	17,8	14,6	12,9	14,6	13,8
Heinä	16,9	15,1	17,0	16,0	18,0	17,4	16,0
Elo	16,5	12,6	13,1	13,8	14,4	16,4	14,1
Syys	9,4	10,2	10,5	7,8	10,4	8,8	9,1
Huhti-Syys	11,0	10,6	11,7	12,1	11,5	12,9	11,0

Taulukko 4. Sademäärä Lammilla koevuosina 1997-2002 huhti-syyskuussa sekä keskiarvo vuosilta 1983-2009.

Kuukausi	Sademäärä, mm						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1983-2009
Huhti	34	18	38	0	13	0	27
Touko	8	72	28	29	25	54	41
Kesä	89	96	19	43	118	65	62
Heinä	120	260	28	200	93	92	89
Elo	94	186	92	96	22	15	82
Syys	88	47	35	31	125	26	58
Huhti-Syys	430	678	239	399	393	252	359

Taulukko 5. Tehoisa lämpösumma Lammilla koevuosina 1997-2002 huhti-syyskuussa sekä keskiarvo vuosilta 1983-2009.

Kuukausi	Tehoisa lämpösumma, °C						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1983-2009
Huhti	0	56	43	75	39	40	34
Touko	75	178	135	235	131	212	127
Kesä	318	261	384	288	238	289	259
Heinä	365	313	371	341	402	383	340
Elo	357	234	251	274	290	354	283
Syys	133	161	166	233	233	129	126
Huhti-Syys	1249	1147	1306	1223	1232	1368	1170

4.4 Kokeen toteutus

Tutkimuksessa käytetyt ruokaperunalajikket olivat vuosina 1997-1999 Sabina ja vuosina 2000-2002 Van Gogh. Siemenmukuloita idätettiin valossa 3-4 viikkoa ennen istutusta.

Kokeet pyrittiin istuttamaan kaikkina koevuosina välittömästi sen jälkeen, kun koealue oli kuivunut muokattavaksi. Vuosina 1997–1999 toukokuun viileys, vuonna 1998 myös sateisuus, viivästytti istutusta. Kahtena viimeisenä koevuotena 2001–2002 koe saatiin istutettua jo ennen toukokuun puoliväliä (Taulukko 6). Istutusmuokkaus tehtiin juuri ennen istutusta vaakajyrsimellä noin 15 cm syvyyteen. Istutus tehtiin automaattistutuskoneella (1995-2000 EHO 242S ja 2001-2002 Juko 242S). Perunan istutusetäisyys oli 28 cm vuosina 1997-2000 ja 26 cm vuosina 2001-2002 rivivälin ollessa kaikkina vuosina 80 cm.

Perunan lannoitus suoritettiin istutuksen yhteydessä sijoituslannoituksena. Lannoitteen määrä perustui viljavuustutkimukseen ja ruokaperunan ravinnetarpeeseen (Liite 1). Koko koekenttä kalkittiin vuoden 1999 talvella. Tarvittavat kasvinsuojelutoimet (rikka- ja tautitorjunta) suoritettiin yleisten viljelysuositusten mukaisesti (Liite 2). Koealuetta ei kasteltu.

Viljelykiertojen väli- ja esikasvit viljeltiin yleisten viljelysuositusten mukaisesti. Nurmiseoksena käytettiin Agrimarketin Heinänurmi 1:stä, jossa on timoteitä (*Phleum*

pratense L.) 75 prosenttia, nurminataa (*Festuca pratense* Huds.) 10 prosenttia ja ruokonataa (*Festuca arundinacea* Schreb.) 15 prosenttia.

Perunan mukulasato korjattiin perunannostokoneella (Kvernelands Underhaug 1700, Superfaun). Sadonkorjuun ajankohta vaihteli vuosittain (Taulukko 6). Viljelykiertojen väli- ja esikasvien sadot korjattiin, mutta niitä ei analysoitu.

Taulukko 6. Perunan istutus- ja nostopäivät vuosina 1996-2002.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Istutus	21.5.	28.5.	30.5.	21.5.	17.5.	11.5.	10.5.
Nosto	12.9.	2.9.	10.9.	10.9.	26.9.	26.9.	12.9.

4.5 Analyysit

4.5.1 Mukulasato

Noston jälkeen koeruuduilta korjattu mukulasato lajiteltiin 5 mm välein kokojakeisiin alle 30 mm – yli 70 mm. Lajitteet punnittiin, ja punnitustuloksista laskettiin kokonaissato, t/ha. Ruokaperunakelpoisiksi luettiin kooltaan 35-70 mm terveet mukulat (Perunantutkimuslaitos 2000).

4.5.2 Tärkkelyspitoisuus

Tärkkelyspitoisuuden määrittämistä varten otettiin jokaisesta koeruudusta ennen lajittelua mahdollisimman edustava noin 5 kg näyte, joka pestiin. Tärkkelyspitoisuus määritettiin mukulan ominaispainon avulla. Ominaispainoa varten pesty ja irtovedestä kuivatettu näyte punnittiin ilmassa sekä vedessä, jonka lämpötila oli 17,5 °C. Ominaispaino laskettiin ilmapainon ja vesipainon avulla (Kaava 1) (Burton 1989).

$$OP = IP \div (IP - VP) \quad (1)$$

OP = ominaispaino

IP = tietyn perunamäärän paino ilmassa

VP = tietyn perunamäärän paino vedessä

Ominaispainon avulla laskettiin mukulan tärkkelyspitoisuus (%) (Kaava 2) (von Schéele ym. 1937 ref. Burton 1989).

$$\text{Tärkkelyspitoisuus} = OP \times 214,53 - 217,76 \quad (2)$$

4.5.3 Perunakasvusto

Taimettumisaika määritettiin vuorokausina istutuksesta. Koeruutu määriteltiin taimettuneeksi, kun 50 prosenttia sen yksilöistä oli taimettunut. Kasvi laskettiin taimettuneeksi, kun sen ensimmäiset maan pintaan nousseet lehdet olivat avautuneet. Kasvustiheys (kpl/m²) laskettiin 2-3 viikkoa taimettumisesta jokaiselta koeruudulta.

Perunakasvuston kehitysvaiheet määritettiin joka vuosi 30, 80 ja 90 vuorokauden kuluttua istutuksesta. Vuosina 1997-1999 kehitysvaihe määritettiin myös 45 vuorokautta istutuksesta, vuosina 1999-2002 60 vuorokautta istutuksesta sekä vuosina 1999 ja 2001-2002 110 vuorokautta istutuksesta. Kehitysvaiheet arvioitiin BBCH-asteikon (Hack et al. 1993) mukaan.

4.5.4 Perunan ulkoinen laatu

Perunan ulkoinen laatu määritettiin silmämääräisesti noin 5 kg näytteestä Perunantutkimuslaitoksen ulkoisen laadun määrittämiseksi mukaisesti (Liite 3) (Perunantutkimuslaitos 2000). Arvosteluun käytetyt mukulat olivat kooltaan 35-70 mm. Arviointia varten mukulat halkaistiin ja jaoteltiin terveisiin ja vioittuneisiin (Perunantutkimuslaitos 2000). Laatumääritykset tehtiin vuosina 1997-2000 koeruuduittain ja vuosina 2001-2002 koejäsenittäin.

Tutkielmassa analysoitiin tilastollisesti ulkoisen laadun voitustyypeistä rupisuus, mustelmat, muut mekaaniset viat sekä vihertyneet. Muita voitustyyppisiä ei analysoitu, koska niitä ei esiintynyt tai esiintyminen oli vähäistä.

4.5.5 Perunan sisäinen laatu

Perunan sisäistä laatua arvioitiin suorittamalla keittokoe sekä raakatummumismääritys. Keittokoe suoritettiin jokaisena koevuotena. Keittokokeen yhtä näytettä varten valittiin noin 20 halkaisijaltaan 45-55 mm tasakokoista mukulaa. Mukulat pestiin ja kuorittiin. Näytteet keitettiin satunnaisessa järjestyksessä. Keittoaika laskettiin veden kiehumisen alkamisajankohdasta. Kun mukulat olivat kypsiä, 20 mukulaa jätetään arvosteltavaksi heti ja 4 mukulaa laitettiin lämpösäilytykseen 70-75 °C lämpötilaan kahdeksi tunniksi (Kari ym. 2002). Keittokokeen tulosten arviointi suoritettiin Perunantutkimuslaitoksen ohjeiden mukaan (Liite 4) (Kari ym. 2002).

Raakatummumismääritykset tehtiin vuosina 1999-2000 koeruuduittain ja vuosina 1997, 2001 ja 2002 koejäsenittäin. Vuonna 1998 raakatummumismääritystä ei tehty. Raakatummumismäärityksessä 20 kuorimatonta mukulaa halkaistiin ja jätettiin huoneilmaan halkaisupinta ylöspäin. Tummuminen arvioitiin puolen tunnin kuluttua asteikolla 1-9 (9 ei lainkaan tummunut, 7 hiukan tummunut, alle 10 % mukulasta, 5 kohtalaisesti tummunut, yli 1/3 mukulasta, 3 voimakkaasti tummunut, yli 2/3 mukulasta, 1 täysin tummunut).

4.4.6 Tulosten tilastollinen analysointi

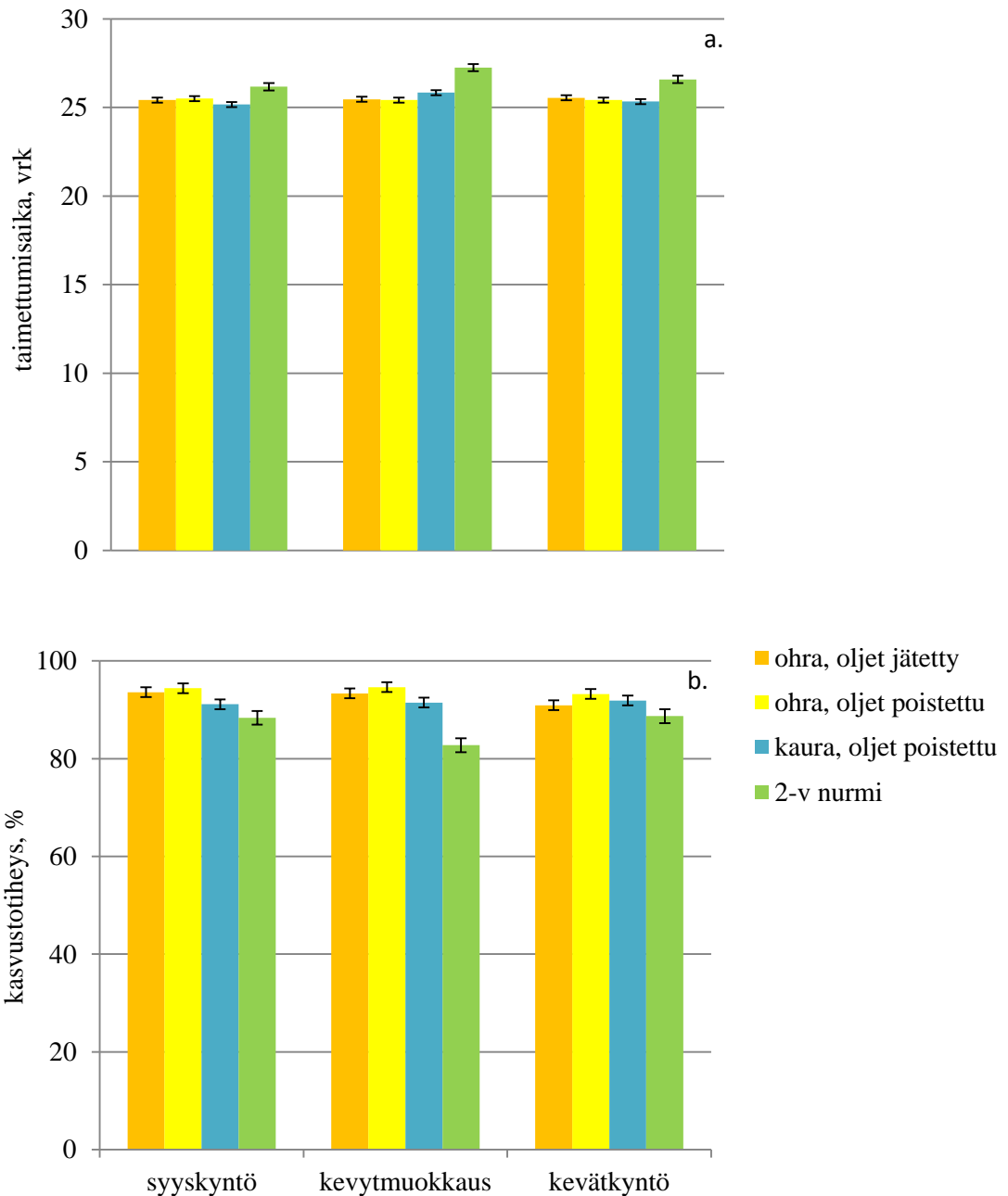
Tutkimusaineisto analysoitiin SPSS statistics –ohjelmalla (versio 20.0.0, IBM Corp.). Varianssianalyysissä käytettiin kokeen hierarkkisyyden ja osittaisen systemaattisuuden vuoksi rakenteen mukaisesti muokattua osaruutukokeen syntaksia. Varianssianalyysin tulosten perusteella havaittuja merkitseviä keskiarvoeroja tutkittiin Bonferonin ja Tukeyn testeillä ($p < 0.05$).

5 TULOKSET

5.1 Kasvustohavainnot

Perunan taimettumisaika vaihteli eri kasvukausina. Kasvukaudella oli yhdysvaikutus eri tekijöiden kanssa lukuun ottamatta muokkausmenetelmän ja esikasvin yhdysvaikutusta. Perunan taimettuminen oli hitainta nurmen jälkeen kaikkina kasvukausina (1997-2002). Ero muihin esikasveihin oli merkitsevä vuosina 1997-1998 ja 2001-2002. Nurmi hidasti taimettumista keskimäärin runsaan vuorokauden. Muut esikasvit sen sijaan eivät vaikuttaneet perunan taimettumiseen (Kuva 6a).

Taimettuminen oli hitainta nurmen jälkeen myös kaikilla käytetyillä muokkausmenetelmillä kasvukaudesta riippumatta (Kuva 6a). Kevytmuokkauksessa ja kevätkynnössä nurmen ero muihin esikasveihin oli suurin. Kun muokkausmenetelmänä käytettiin syyskyntöä, taimettuminen oli nurmen jälkeen merkitsevästi hitaampaa kuin kauran ja ohran jälkeen, jossa oljet oli jätetty maahan. Perunan nurmen jälkeinen taimettuminen ei kuitenkaan eronnut ohran jälkeisestä taimettumisesta, jossa oljet oli poistettu. Nurmen jälkeen peruna taimettui kaikilla käytetyillä muokkausmenetelmillä reilun vuorokauden hitaammin kuin muiden esikasvien jälkeen (Kuva 6a).



Kuva 6. Muokkausmenetelmän ja esikasvin vaikutus (a) taimettumisaikaan ja (b) kasvustotiheyteen vuosina 1997-2002. Kuvassa on esitetty keskiarvot \pm SE, $n=24$, nurmi $n=12$.

Kun perunan istutuksesta oli kulunut 30 vuorokautta, perunakasvuston kehitys oli hitainta nurmen jälkeen. Tämä ilmeni vuosina 1997, 1999 ja 2001-2002 (Taulukko 7). Ero muihin esikasveihin oli vuodesta riippuen yhdestä kahteen kehitysasteysikköä. Näin pientä eroa kehitysasteissa ei kuitenkaan käytännössä erottanut perunakasvustossa. Kun istutuksesta oli kulunut 45 vuorokautta, perunakasvusto oli kaikkien esikasvien

jälkeen samassa kehitysasteessa. Kasvuston kehitysrytmi pysyi samanlaisena kaikkien esikasvien jälkeen myös 60, 80, 90 ja 110 vuorokauden kuluttua istutuksesta.

Taulukko 7. Esikasvin vaikutus perunan kehitysasteeseen, kun määritys tehtiin 30 vuorokauden kuluttua istutuksesta, sekä esikasvin vaikutus perunan kasvustotiheyteen 2-3 viikon kuluttua perunan taimettumisesta vuosina 1997-2002. Taulukossa on esitetty keskiarvot \pm SE, n=12, nurmi n=6.

esikasvi	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Kehitysaste						
ohra, oljet jätetty	16,0 ^a	15,7 ^a	18,2 ^a	14,0 ^a	9,6 ^b	14,7 ^a
ohra, oljet poistettu	15,9 ^a	15,7 ^a	18,2 ^a	14,0 ^a	9,8 ^{ab}	14,0 ^b
kaura, oljet poistettu	15,6 ^{ab}	16,0 ^a	18,2 ^a	14,0 ^a	10,1 ^a	13,8 ^b
nurmi	15,3 ^b	15,7 ^a	17,3 ^b	14,0 ^a	8,0 ^c	12,8 ^c
SE	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
SE, nurmi	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Kasvustotiheys, %						
ohra, oljet jätetty	99,0 ^a	82,0 ^a	88,1 ^a	98,9 ^{ab}	95,8 ^a	92,0 ^a
ohra, oljet poistettu	103,2 ^a	83,9 ^a	88,2 ^a	104,3 ^a	93,4 ^{ab}	91,7 ^a
kaura, oljet poistettu	97,8 ^a	82,4 ^a	88,9 ^a	98,1 ^{ab}	96,3 ^a	85,6 ^a
nurmi	99,9 ^a	79,0 ^a	79,3 ^b	96,6 ^b	87,4 ^b	77,5 ^b
SE	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
SE, nurmi	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01

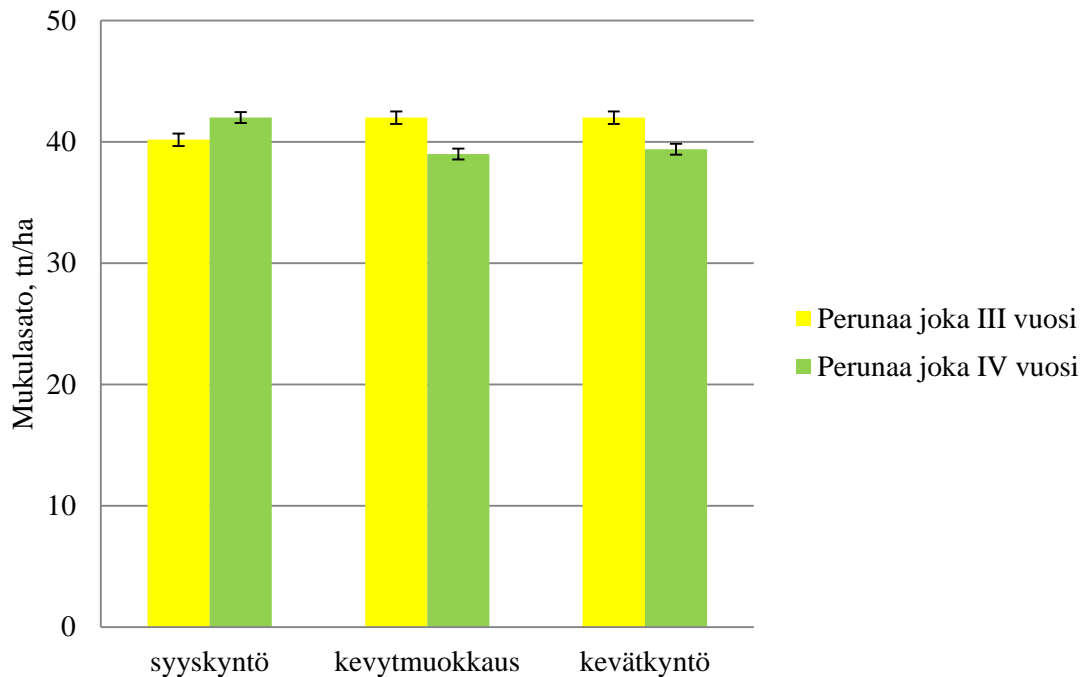
Aakkoset ilmaisevat tilastollisesti merkitsevää eroa p-arvolla $<0,05$.

Perunakasvusto oli nurmen jälkeen noin 7 prosenttiyksikköä harvempi kuin muiden esikasvien jälkeen (Taulukko 7). Ero oli merkitsevä vuosina 1999-2002. Perunan pienin kasvustotiheys nurmen jälkeen näkyi myös esikasvin ja muokkausmenetelmän yhdysvaikutuksessa. Kasvusto oli merkitsevästi harvempi nurmen jälkeen kuin muiden esikasvien jälkeen, kun muokkausmenetelmänä käytettiin syyskynnöä tai kevytmuokkausta (Kuva 6). Kevätkynnön seurauksena perunakasvusto ei ollut merkitsevästi harvempi nurmen jälkeen kuin muiden esikasvien jälkeen.

5.2 Mukulasato

Muokkausmenetelmän vaikutus mukulasatoon oli kytköksissä käytettyyn viljelykiertoon. Kolmivuotisessa viljelykierrossa käyttämällä muokkausmenetelmänä kevätkynnöä tai kevytmuokkausta saavutettiin 5 prosenttia suurempi mukulasato kuin, jos muokkausmenetelmänä käytettiin syyskynnöä (Kuva 7). Nelivuotisessa

viljelykierrassa puolestaan syyskyntöä käyttämällä saavutettiin 8 prosenttia suurempi mukulasato kuin kevytmuokkauksen seurauksena ja 7 prosenttia suurempi sato kuin kevätkynnön seurauksena (Kuva 7).



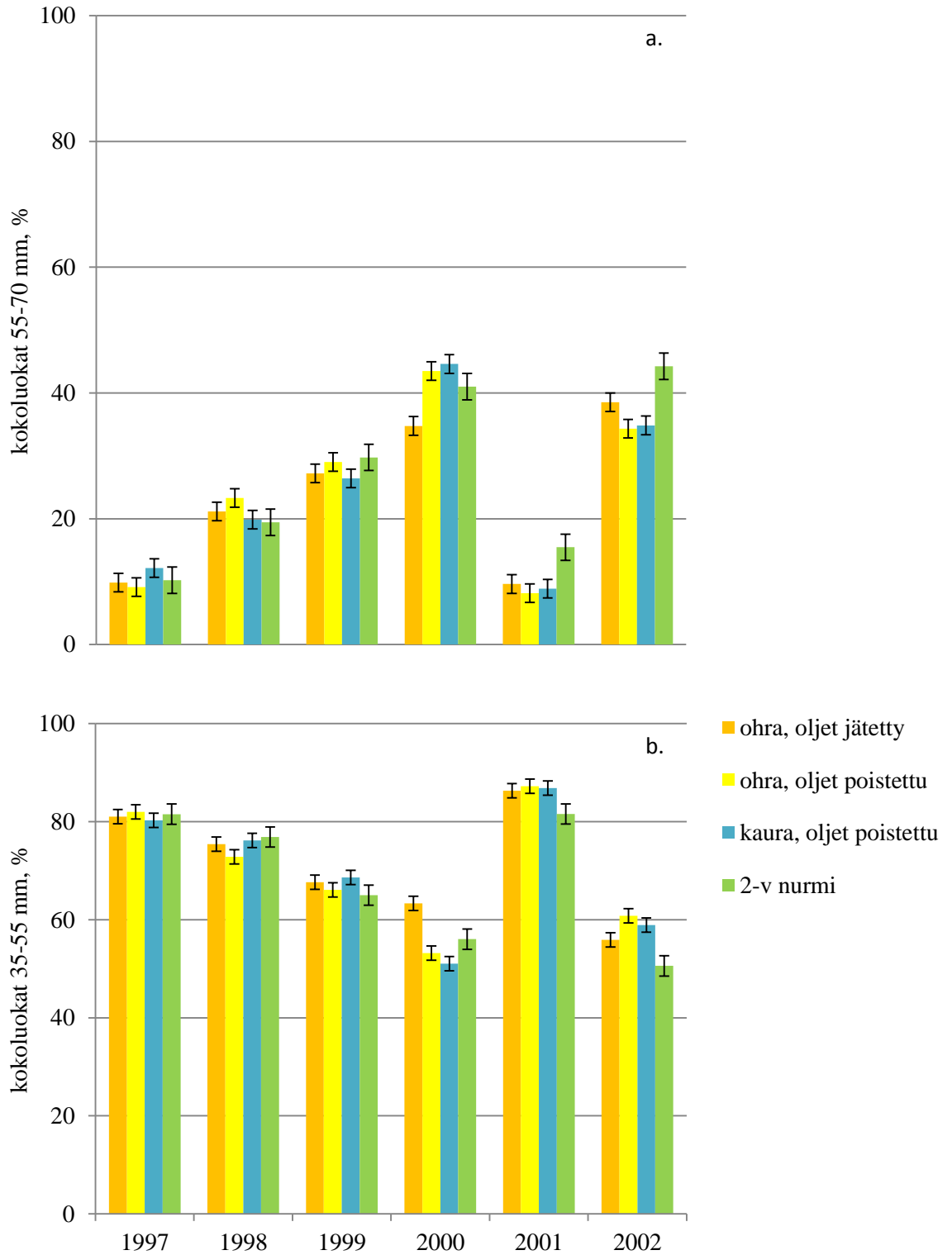
Kuva 7. Muokkaustavan ja viljelykierron vaikutus perunan mukulasatoon vuosina 1997-2002. Kuvassa on esitetty keskiarvot \pm SE, perunaa joka III vuosi n=36, perunaa joka IV vuosi n=48.

5.3 Mukuloiden kokojakauma

Viljelykierto, muokkausmenetelmä tai esikasvi ei vaikuttanut kaikista pienimpien (alle 35 mm) mukuloiden osuuteen mukulasadosta. Kooltaan alle 35 mm mukuloiden osuus mukulasadosta oli vuosittain noin 4 prosenttia. Noin 70 prosenttia mukuloista oli kooltaan 35-55 mm. Tämän kokoluokan mukulasadon osuuteen vaikuttivat perunan esikasvi, mutta niiden vaikutus riippui kasvukaudesta. Vuonna 2000 kooltaan 35-55 mm mukuloiden osuus mukulasadosta oli suurin ohran jälkeen, kun oljet jätettiin maahan (Kuva 8b). Kuitenkin vuosina 2001-2002 tämän kokoluokan osuus mukulasadosta oli pienin nurmen jälkeen (Kuva 8b).

Kooltaan 55-70 mm mukuloiden osuuteen mukulasadosta vaikuttivat sekä viljelykierto että esikasvi, mutta niiden vaikutus riippui kasvukaudesta. Esikasvien vaikutus 55-70

mm mukuloiden osuuteen ilmeni vuosina 2000-2002. Vuonna 2000 kooltaan 55-70 mm mukuloiden osuus mukulasadosta oli pienin ohran jälkeen, kun oljet jätettiin maahan (Kuva 8a). Vuosina 2001 ja 2002 tämän kokoluokan mukuloiden osuus oli suurin nurmen jälkeen (Kuva 8a). Viljelykierron vaikutus kooltaan 55-70 mm mukuloiden osuuteen mukulasadosta ilmeni vuosina 1998 ja 2000, jolloin niiden osuus oli nelivuotisessa viljelykierrossa reilu 4 prosenttiyksikköä suurempi kuin kolmivuotisessa kierrossa. Kooltaan suurimpien (yli 70 mm) mukuloiden osuus mukulasadosta oli vuosittain alle prosentin eikä viljelykierrolla, muokkausmenetelmällä tai esikasvilla ollut niiden osuuteen vaikutusta.



Kuva 8. Esikasvin vaikutus mukuloiden kokojakaumaan kokoluokissa (a.) 55-70 mm ja (b.) 35-55 mm vuosina 1997-2002. Kuvassa on esitetty keskiarvot \pm SE, n=12, nurmi n=6.

5.4 Tärkkelyspitoisuus

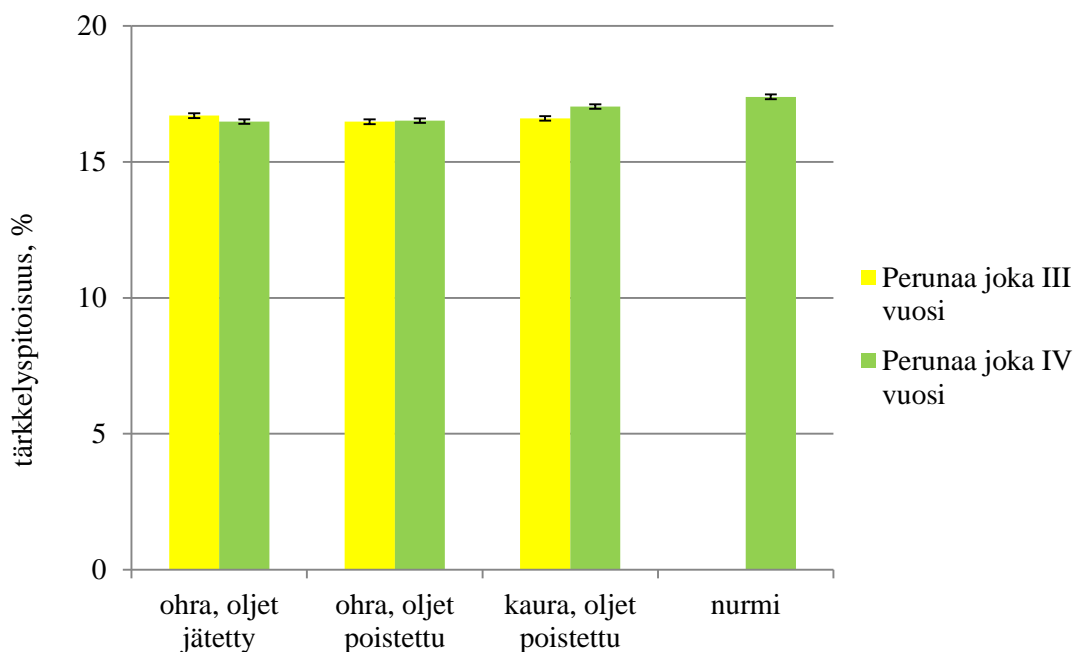
Kevätkyntö laski mukuloiden tärkkelyspitoisuutta vuosina 1997, 1999 ja 2001-2002 (Taulukko 8). Muokkausmenetelmistä syyskyntö ja kevytmuokkaus eivät sen sijaan vaikuttaneet mukuloiden tärkkelyspitoisuuteen. Perunan mukuloiden tärkkelyspitoisuus oli suurin vuosina 1998-2000 ja 2002, kun perunan esikasvina oli nurmi (Taulukko 8).

Taulukko 8. Muokkausmenetelmän ja esikasvin vaikutus tärkkelyspitoisuuteen vuosina 1997-2002. Taulukossa on esitetty keskiarvot \pm SE, muokkausmenetelmissä $n=14$, esikasveilla $n=12$ nurmella $n=6$.

muokkausmenetelmä	Tärkkelyspitoisuus, %					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002
syyskyntö	17,54 ^a	16,01 ^a	18,24 ^a	16,33 ^a	16,91 ^a	16,51 ^{ab}
kevytmuokkaus	17,48 ^a	16,05 ^a	17,81 ^a	16,58 ^a	16,91 ^a	17,08 ^a
kevätkyntö	16,80 ^b	15,84 ^a	16,71 ^b	16,09 ^a	16,29 ^b	16,24 ^b
SE	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136
esikasvi						
ohra, oljet jätetty	17,2 ^a	15,9 ^{ab}	17,5 ^b	16,2 ^b	16,6 ^a	16,2 ^b
ohra, oljet poistettu	17,1 ^a	15,9 ^{ab}	17,5 ^b	15,8 ^b	16,6 ^a	16,2 ^b
kaura, oljet poistettu	17,6 ^a	15,8 ^b	17,6 ^{ab}	16,3 ^b	16,7 ^a	16,8 ^b
nurmi	17,2 ^a	16,4 ^a	18,1 ^a	17,7 ^a	17,0 ^a	18,0 ^a
SE	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146
SE, nurmi	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207

Aakkoset ilmaisevat tilastollisesti merkitsevää eroa p-arvolla $<0,05$.

Perunan esikasveilla ja viljelykierrolla oli myös yhdysvaikutus mukuloiden tärkkelyspitoisuuteen. Esikasvin vaikutus tärkkelyspitoisuuteen ilmeni vain nelivuotisessa viljelykierrossa, jossa mukuloiden tärkkelyspitoisuus oli korkein nurmen jälkeen verrattuna muihin tutkittuihin esikasveihin (Kuva 9). Tärkkelyspitoisuus oli kauran jälkeen puoli prosenttiyksikköä pienempi kuin nurmen jälkeen ja ohran jälkeen vajaan yhden prosenttiyksikön pienempi kuin nurmen jälkeen.



Kuva 9. Viljelykierron ja esikasvin vaikutus mukuloiden tärkkelyspitoisuuteen vuosina 1997-2002. Kuvassa on esitetty keskiarvot \pm SE, n=36.

Perunan mukuloiden tärkkelyspitoisuus oli korkein nurmen jälkeen kaikilla tutkituilla muokkausmenetelmillä (Taulukko 9). Suurin ero mukuloiden tärkkelyspitoisuudessa perunan eri esikasvien välillä ilmeni kevätkynnön seurauksena. Kun muokkausmenetelmänä käytettiin kevätkyntöä, oli mukuloiden tärkkelyspitoisuus nurmen jälkeen noin yhden prosenttiyksikön korkeampi kuin muiden esikasvien jälkeen.

Taulukko 9. Muokkausmenetelmän ja esikasvin vaikutus perunan mukuloiden tärkkelyspitoisuuteen vuosina 1997-2002. Taulukossa on esitetty keskiarvot \pm SE, n=24 (nurmi n=12).

esikasvi	tärkkelyspitoisuus, %		
	syyskyntö	kevytmuokkaus	kevätkyntö
ohra, oljet jätetty	16,8 ^b	16,8 ^b	16,1 ^{bc}
ohra, oljet poistettu	16,8 ^b	16,8 ^b	15,9 ^c
kaura, oljet poistettu	17,0 ^{ab}	17,0 ^{ab}	16,4 ^b
nurmi	17,3 ^a	17,5 ^a	17,3 ^a
SE	0,10	0,10	0,10
SE, nurmi	0,15	0,15	0,15

Aakkoset ilmaisevat tilastollisesti merkitsevää eroa p-arvolla $<0,05$.

5.5 Ulkoinen laatu

5.5.1 Mukuloiden rupisuus

Rupisuuden määrittäminen sisältyi kaikkina koevuosina yleiseen ulkoisen laadun määrittämiseen. Perunan rupisuus oli vuosina 1997, 1999 ja 2001 niin runsasta, että se tuli esiin ulkoisen laadun määrittämisessä. Muina vuosina peruna oli ruvetonta tai rupea oli niin vähän (alle 10 % mukulan pinnasta ruven peitossa), että se peittyi mukulan muiden laatuviikojen alle.

Kevätkyntö lisäsi vuosina 1997 ja 1999 niiden mukuloiden osuutta, joiden pinnasta yli 10 prosenttia oli ruven peitossa (Taulukko 10). Ero kahteen muuhun muokkausmenetelmään oli merkitsevä kuitenkin vain vuonna 1997. Viljelykierrolla, muokkausmenetelmällä tai esikasvilla ei ollut vaikutusta mukuloiden osuuteen, joiden pinnasta yli 25 prosenttia oli ruven peitossa.

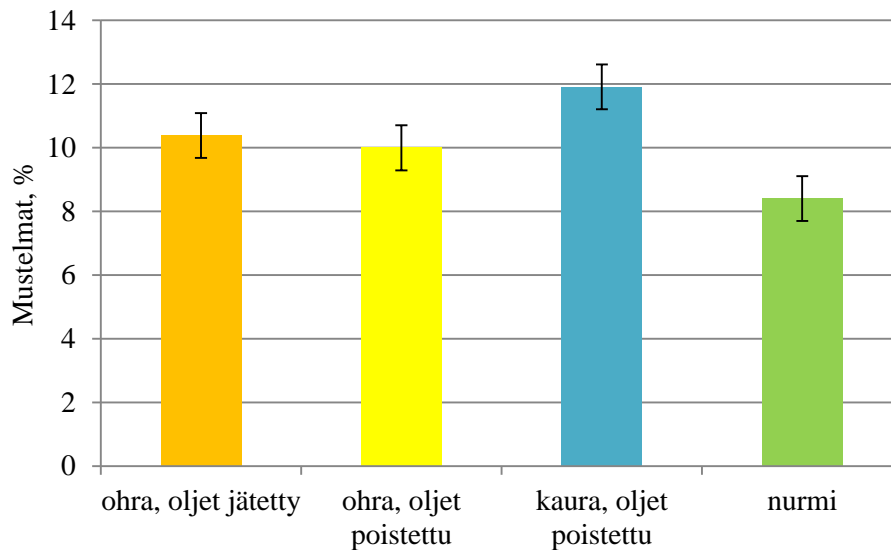
Taulukko 10. Muokkausmenetelmän vaikutus mustelmiin, yli 10 % rupisuuteen ja vihertyneisiin mukuloihin vuosina 1997-2002. Taulukossa on esitetty keskiarvot \pm SE, n=14.

muokkaustapa	1997	1998	1999	2000	2001	2002	1997-2002
mustelmat, %							
syyskyntö	13,8 ^a	7,5 ^b	20,7 ^a	17,0 ^a	2,6 ^a	8,7 ^a	
kevytmuokkaus	12,0 ^a	6,6 ^b	14,9 ^a	14,9 ^a	3,1 ^a	9,4 ^a	
kevätkyntö	5,5 ^b	10,6 ^a	9,9 ^b	16,5 ^a	2,8 ^a	11,5 ^a	
SE	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	
rupisuus <10 %							
syyskyntö	4,4 ^b	0	5,7 ^a	0	2,6 ^a	0	
kevytmuokkaus	9,6 ^b	0	5,1 ^a	0	5,9 ^a	0	
kevätkyntö	30,3 ^a	0	14,0 ^a	0	1,7 ^a	0	
SE	1,52	0	1,52	0	1,52	0	
vihertyneet, %							
syyskyntö							3,4 ^b
kevytmuokkaus							5,1 ^a
kevätkyntö							3,2 ^b
SE							0,33

Aakkoset ilmaisevat tilastollisesti merkitsevää eroa p-arvolla <0,05.

5.5.2 Mustelmat ja muut mekaaniset viat

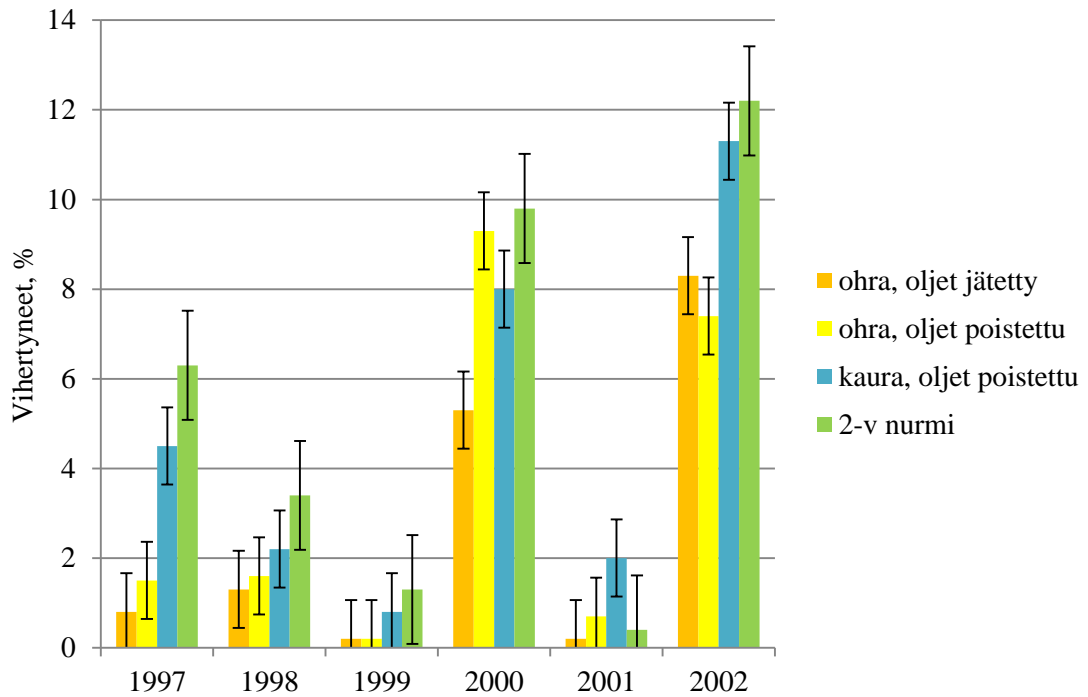
Mukuloissa esiintyi mustelmia eniten kauran jälkeen verrattuna muihin tutkittuihin esikasveihin (Kuva 10). Nurmen jälkeen mustelmia esiintyi mukuloissa sen sijaan tutkituista esikasveista vähiten. Käytettäessä muokkausmenetelmänä kevätkyntöä mustelmia esiintyi mukuloissa vähiten vuosina 1997 ja 1999, mutta vuonna 1998 mustelmien osuus oli kevätkynnön seurauksena puolestaan suurin (Taulukko 10). Muiden mekaanisten vioitusten määrä vaihteli eri kasvukausina, eikä viljelykierron, muokkausmenetelmän tai esikasvin vaikutusta muiden mekaanisten vikojen esiintymiseen havaittu.



Kuva 10. Esikasvin vaikutus mustelmiin vuosina 1997-2002. Kuvassa on esitetty keskiarvot \pm SE, $n=72$ (nurmi $n=36$).

5.5.3 Vihertyneet mukulat

Vihertyneitä mukuloita esiintyi eniten kevytmuokatussa perunakasvustossa (Taulukko 10). Vihertyneiden mukuloiden osuus ei sen sijaan eronnut syyskynnön tai kevätkynnön välillä. Vastaavasti esikasveista mukuloiden vihertymistä lisäsi eniten nurmi. Nurmen ero muihin esikasveihin oli merkitsevä vuosina 1997, 2000 ja 2002 (Kuva 11). Myös muina kasvukausina vihertyneiden mukuloiden osuus oli suurin nurmen jälkeen, vaikka ero muihin esikasveihin ei ollutkaan merkitsevä (Kuva 11).



Kuva 11. Esikasvin vaikutus vihertyneisiin mukuloihin vuosina 1997-2002. Kuvassa on esitetty keskiarvot \pm SE n=12 (nurmi n=6).

5.6 Ruokaperunakelpoinen sato

Käyttämällä muokkausmenetelminä kevätkyntöä tai kevytmuokkausta saatiin suurin ruokaperunakelpoinen sato kolmivuotisessa viljelykierrossa vuosina 1999, 2000 ja 2002 (Taulukko 11). Ruokaperunasato oli kevytmuokkauksen seurauksena 12 prosenttia ja kevätkynnön seurauksena 16 prosenttia suurempi kuin syyskynnön seurauksena. Nelivuotisessa viljelykierrossa käyttämällä muokkausmenetelmänä syysküntöä ruokaperunasato oli suurin vuosina 1997-2000 ja 2002 (Taulukko 11). Tällöin syyskynnön seurauksena ruokaperunasato oli 17 prosenttia suurempi kuin kevytmuokkauksen seurauksena ja 18 prosenttia suurempi kuin kevätkynnön seurauksena. Ruokaperunasato oli perunan esikasveista pienin nurmen jälkeen vuosina 1999 ja 2000 (Taulukko 11). Vuonna 2001 ruokaperunasato oli nurmen jälkeen kuitenkin suurin verrattuna muihin tutkittuihin esikasveihin.

Taulukko 11. Viljelykierron ja muokkausmenetelmän vaikutus ruokaperunakelpoiseen satoon vuosina 1997-2002. Taulukossa on esitetty keskiarvot \pm SE, kolmivuotinen kierto $n=6$, nelivuotinen kierto $n=8$, esikasvit $n=12$, nurmi $n=6$.

		Ruokaperunakelpoinen sato, tn/ha					
Kierto	Muokkaus	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Perunaa joka III vuosi	Syyskyntö	16,9 ^a	16,1 ^a	16,4 ^b	19,7 ^b	18,6 ^a	14,0 ^b
	Kevytmuokkaus	15,1 ^a	14,1 ^a	21,0 ^a	28,4 ^a	17,8 ^a	17,7 ^{ab}
	Kevätkyntö	12,4 ^a	16,8 ^a	25,1 ^a	27,3 ^a	16,3 ^a	19,5 ^a
	SE	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Perunaa joka IV vuosi	Syyskyntö	15,7 ^a	18,6 ^a	17,1 ^a	28,5 ^a	18,3 ^a	23,2 ^a
	Kevytmuokkaus	13,8 ^a	16,1 ^a	13,3 ^a	25,3 ^a	19,1 ^a	16,5 ^b
	Kevätkyntö	11,4 ^a	17,6 ^a	14,3 ^a	24,8 ^a	19,1 ^a	15,8 ^b
	SE	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
	Esikasvi						
	ohra, oljet jätetty	14,2 ^a	16,6 ^a	18,1 ^a	25,5 ^a	19,1 ^{ab}	20,0 ^a
	ohra, oljet poistettu	13,6 ^a	17,3 ^a	18,8 ^a	26,5 ^a	17,0 ^b	19,8 ^a
	kaura, oljet poistettu	14,7 ^a	16,0 ^a	17,4 ^{ab}	27,7 ^a	16,7 ^b	14,5 ^b
	nurmi	13,8 ^a	16,9 ^a	13,7 ^b	20,9 ^b	22,5 ^a	16,6 ^{ab}
	SE	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
SE, nurmi	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	

Aakkoset ilmaisevat tilastollisesti merkitsevää eroa p-arvolla $<0,05$.

5.7 Perunan käyttölaatu

5.7.1 Mukuloiden raakatummuminen

Viljelykierto, muokkausmenetelmä tai esikasvi ei vaikuttanut perunan mukuloiden raakatummumiseen vuosina 1999 ja 2000. Vuonna 1999 raakatummuminen vaihteli 7,7 ja 8,0 välillä. Sen sijaan vuonna 2000 raakatummumista kuvaavat arvot olivat hieman edellistä vuotta matalampia vaihdellen 6,8 ja 7,0 välillä.

5.7.2 Perunoiden keittokoe

Perunan viljelykierrolla, muokkausmenetelmällä tai esikasvilla ei ilmennyt vaikutusta mukuloiden keittokokeen tuloksiin. Keittokokeen tuloksissa ei esiintynyt suurta vaihtelua vuosien 1998-2000 välillä (Taulukko 12).

Taulukko 12. Perunan mukuloiden keittokokeen tulokset vuosilta 1998-2000.

Mukulan ominaisuus	1998	1999	2000
Keittoaika, min	18	16	18
Keiton jälkeinen hajoavuus, 1-9	8	5	5
Leikkauskovuus, 1-9	5	5	6
Mallon väri, 1-9	6	7	7
Värin tasaisuus, 1-9	6	6	7
Maku ja haju, 1-9	7	6	7
Makeus, 1-9	8	8	7
Tarttuvuus jäähtyneenä, 1-9	5	3	3
Kovuus keiton jälkeen, 1-9	7	7	7
Keiton jälkeinen tummuminen, 1-9	7	6	7

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Viljelykiertojen vaikutus satoon ja sen laatuun

Kolmi- ja nelivuotiset viljelykierrat sijaitsivat koelohkolla kahtena rinnakkaisena kaistana, joten niiden väliset erot kuvaavat samalla kierron sijaintia lohkon sisällä. Viljelykiertojen vaikutus mukulasatoon ja ruokaperunakelpoiseen satoon oli kytköksissä käytettyihin muokkausmenetelmiin (Kuva 8). Muokkausmenetelmien vaikutus satoon oli kummassakin tutkitussa viljelykierrossa erilainen (Kuva 8).

Viljelykierron pituus ei vaikuttanut perunan satoon tai sen laatuun. Kuitenkin Hoekstran (1989) mukaan nelivuotisella viljelykierrolla saatiin viisi prosenttia suurempi perunan mukulasato kuin kolmivuotisella kierrolla. Kolmi- ja nelivuotinen viljelykierto on myös kaksivuotisesta kiertoa tai perunan monokulttuurista satoisampi vaihtoehto. Tämä johtuu erityisesti maalevintäisten kasvitautien tautipaineen pienenemisestä (Emmond ja Ledingham 1972, Hoekstra 1989, Lamers 1989, Peters ym. 2004). Tämän perusteella sekä kolmi- että nelivuotinen viljelykierto soveltuvat käytettäväksi perunatilalla.

6.2 Muokkausmenetelmien vaikutus satoon ja sen laatuun

6.2.1 Muokkausmenetelmän vaikutus satoon

Muokkausmenetelmien vaikutus mukulasatoon ja ruokaperunakelpoiseen satoon riippui käytetystä viljelykierrosta (Kuva 8). Syyskyntö osoittautui parhaaksi muokkaustavaksi nelivuotisessa kierrossa, koska tällöin sekä mukulasato että ruokaperunasato olivat suurimmat (Kuva 8; Taulukko 11). Myös Boliglowan ja Glenin (2003) mukaan syyskyntö johti suurempaan perunan mukulasatoon kuin kevytmuokkaus, kun perunan esikasvina oli ohra. Kolmivuotisessa kierrossa muokkausmenetelmien vaikutus satoon oli sen sijaan päinvastainen, sillä kevytmuokkauksen ja kevätkynnön jälkeen perunan mukulasato oli suurempi kuin syyskynnön jälkeen (Kuva 8; Taulukko 11).

Tutkituilla muokkausmenetelmillä käytettiin kaikilla samaa nostoajankohtaa (Taulukko 6), mistä johtuen nostoajankohdan vaikutusta mukulasatoon ei voitu arvioida. Aikaisemmin eri muokkausmenetelmien, kuten syyskynnön, kevätkynnön ja kevennetyn muokkauksen (Carter ym. 1998, Carter ja Sanderson 2001) tai syys- ja kevätkynnön (Riley ja Ekeberg, 1998) ei ole kuitenkaan havaittu vaikuttavan perunan mukulasatoon. Sen sijaan perunan nostoajankohdan ja muokkausmenetelmän erilaiset yhdistelmät, kuten kyntö ja aikainen nosto sekä myöhäinen nosto ja suorakylvö, ovat lisänneet mukulasatoa (Ekeberg & Riley 1996).

Kevytmuokkausta ja kevätkyntöä seuranneita suurempia mukulasatoja kolmivuotisessa kierrossa saattavat selittää niiden edut syyskyntöön verrattuna. Muokkausajankohdan siirtäminen syksystä kevääseen parantaa maan rakennetta (Carter ja Sanderson 2001). Tämä voi johtua eri muokkausmenetelmien vaikutuksista maan tiivistymiseen, sillä esimerkiksi kynnettäessä muokkauskerroksen alapuolelle saattaa muodostua tiivis kyntöantura, joka pienentää perunan mukulasatoa (Ross 1986, Dickson ym. 1992, Young ym. 1993). Keväällä tehdyn kevennetyn muokkauksen on todettu perunaa viljeltäessä parantavan maan rakennetta ja biologista aktiivisuutta verrattuna syyskyntöön (Carter ym. 2009).

Nelivuotisen viljelykierron suurin ero kolmivuotiseen kiertoon oli neljäs esikasvi, nurmi. Se aiheutti viljelytekniisiä ongelmia perunan kevytmuokkauksessa ja kevätkynnössä, kun nurmesta jääneet kuolleet kasvuston kappaleet haittasivat perunan

istutusta ja nostoa. Myös Lötjösen (2009) mukaan glyfosaatilla lopetetun nelivuotisen timotei-apilanurmen jälkeen muodostuvat nurmen kappaleet haittaavat sekä perunan istutusta että nostoa. Kun nurmi kynnettiin syksyllä kuolleet nurmen kasvuston kappaleet eivät haitanneet perunan istutusta tai nostoa. Kolmivuotisessa viljelykierrossa välikasveina käytettiin vain viljoja, jotka eivät aiheuttaneet kevätkynnössä tai kevytmuokkauksessa ongelmia.

6.2.2 Muokkausmenetelmän vaikutus sadon laatuun

Eri muokkausmenetelmistä kevätkynnön seurauksena perunan mukuloiden tärkkelyspitoisuus laski vajaan yhden prosentin (Taulukko 6). Sen sijaan kevytmuokkaus ja syyskyntö eivät vaikuttaneet mukuloiden tärkkelyspitoisuuteen (Taulukko 6), kuten totesivat myös Boliglowa ja Glen (2003). Mukulan tärkkelyspitoisuuteen vaikuttavat eniten erilaiset stressitilat, kuten veden tai ravinteiden puute (Iritani 1981). Kevätkynnön seurauksena perunakasvusto on altis veden puutteelle, sillä keväällä kynnetyn maan kyky varastoida vettä on alhaisempi kuin syksyllä kynnetyn maan (Machadon ym. 2008), mistä syystä mukuloiden tärkkelyspitoisuus laski, kun muokkausmenetelmänä käytettiin kevätkyntöä (Taulukko 6).

Kevätkynnön seurauksena ruokaperunakelpoinen sato pieneni, sillä mukuloiden rupisuus lisääntyi lähes 10 prosenttiyksikköä (Taulukko 8). Myös Boliglowan ja Glenin (2003) mukaan kevytmuokkauksen seurauksena mukuloiden rupisuus väheni kyntöön verrattuna. Laatumuutoksiin oli syynä ensisijaisesti kevätkynnetyn maan muita suurempi ilmavuus (Paavo Kuisma, henkilökohtainen tiedonanto). Perunapenkin ilmavuus ehkäisi mekaanista mustelmien muodostusta perunaa nostettaessa.

Kevytmuokkaus lisäsi vihertyneiden mukuloiden lukumäärää vajaalla kahdella prosenttiyksiköllä (Taulukko 8). Mukuloiden vihertyminen johtuu klorofyllin muodostumisesta valon vaikutuksesta mukulan kuorikerroksessa (Gray ja Hughes 1978). Pellolla vihertyminen johtuu usein riittämättömästä maakerroksesta mukuloiden päällä (Lewis ja Rowberry 1973). Kevytmuokkauksen jälkeen perunan istutuspenkin muotoilu oli viljelyteknisesti kaikista hankalinta ja siemenmukulat jäivät lähimmäs maan pintaa. Perunan istutussyvyyden tulisi olla 5-10 cm ja perunapenkin korkeus multauksen jälkeen 18-20 cm (Perunantutkimuslaitos 2012).

6.3 Esikasvien vaikutus satoon ja sen laatuun

6.3.1 Esikasvien vaikutus satoon

Esikasvit eivät vaikuttaneet merkittävästi perunan mukulasatoon. Sen sijaan ruokaperunasato oli nurmen jälkeen pienin (Taulukko 9). Hoekstran (1989) mukaan perunan mukulasato oli siemennurmen jälkeen kaksi prosenttia suurempi kuin apilan jälkeen. Toisaalta ohra, siemennurmi ja kaksi- tai yksivuotinen heinä esikasveina eivät vaikuttaneet mukulasatoon lainkaan. Ainoastaan kolmevuotisen heinän jälkeen perunan mukulasato oli kolme prosenttia suurempi kuin muiden esikasvien jälkeen (Hoekstra 1989).

Nurmi hidasti perunan taimettumista keskimäärin yhdellä vuorokaudella (Kuva 7). Myös perunan kasvustiheys oli nurmen jälkeen kuusi prosenttiyksikköä pienempi kuin muiden esikasvien jälkeen (Kuva 7). Perunan hitaampi taimettuminen ja aukkoisempi kasvusto nurmen jälkeen muihin esikasveihin verrattuna johtui nurmesta jääneistä kuolleista kasvuston kappaleista, jotka häitäsivät istutusta.

Kasvuston aukkoisuus ei vaikuttanut mukulasatoon, mutta sen sijaan mukuloiden kokojakaumaan se vaikutti (Kuva 8). Yleensä Perunan mukulakoko suurenee, kun kasvustiheys pienenee (Scott ja Younger 1972). Esikasveista nurmen jälkeen kasvaneet mukulat olivat hieman suurempia kuin muiden esikasvien jälkeen kasvaneet mukulat (Kuva 9). Ero ilmeni vain vuosina 2000-2002, jolloin tutkimuksessa käytettiin perunalajiketta Van Gogh (Kuva 8). Grayn ja Hughesin (1978) mukaan perunan mukulakokoon vaikuttavatkin ensisijaisesti lajike ja kasvustiheys.

6.3.2 Esikasvien vaikutus sadon laatuun

Nurmi esikasvina nosti perunan tärkkelyspitoisuutta vajaan prosenttiyksikön, mikä ilmeni kaikilla kolmella muokkausmenetelmällä (Taulukko 7). Perunan mukuloiden tärkkelyspitoisuuden on todettu olevan korkeampi luonnonmukaisesti viljellyllä perunalla, kun maahan lisätään orgaanista ainesta, kuin väkilannoitetulla perunalla (Järvan ja Edesi 2009). Nurmen jälkeen perunakasvuston alkukehitys oli kuitenkin hitaampaa ja kasvusto harvempi kuin muiden esikasvien jälkeen (Kuva 7), mikä nosti

mukuloiden kuiva-ainepitoisuutta ja samalla tärkkelyspitoisuutta. Nurmen jälkeen kasvanut peruna on saattanut kärsiä myös veden puutteesta maahan jääneiden kuolleiden nurmen kasvuston kappaleiden vuoksi, mikä on ilmeisesti nostanut perunan tärkkelyspitoisuutta (Taulukko 8).

Kun perunan esikasvina oli kaura, mukuloissa havaittiin eniten mustelmia, kun taas nurmen jälkeen niitä havaittiin vähiten (Kuva 11). Mukuloissa esiintyvien mustelmien lukumäärällinen ero kauran ja nurmen välillä oli hieman alle neljä prosenttiyksikköä. Mukulan kuoren alaiset mustelmat aiheutuvat mukulan mekaanisesta vioituksesta (Gray ja Hughes 1978). Nurmea seuranneen perunakasvuston nostossa jouduttiin käyttämään suurempaa seulontatehoa nurmen kasvuston kappaleiden vuoksi kuin muiden esikasvien jälkeen. Suuri seulontateho lisää riskiä, että mukula saa mekaanisia vioituksia ja mustelmia. Siksi on ristiriitaista, että nurmen jälkeen mustelmia esiintyi vähiten (Kuva 11). Herkkyys mustelmille riippuu ensisijaisesti kuitenkin perunalajikkeesta (Gray ja Hughes 1978).

Nurmen jälkeen kasvaneista mukuloista vihertyneiden mukuloiden osuus oli hieman alle kaksi prosenttiyksikköä suurempi kuin vihertyneiden mukuloiden osuus muiden esikasvien jälkeen kasvaneista mukuloista (Kuva 12). Vihertyminen johtui nurmen jättämistä kuolleista kasvuston kappaleista, jotka hankaloittivat istutuspenkin muotoilua. Siksi osa siemenmukuloista jäi lähelle maan pintaa ja niiden tuottamista mukuloista osa kasvoi maan pintaan ja vihertyi valon vaikutuksesta.

6.4 Käyttölaatu

Viljelykiertojen, muokkausmenetelmien ja esikasvien väliset erot olivat hyvin pieniä arvioitaessa raakatummumista ja keittolaatua. Viljelykierto, muokkausmenetelmä tai esikasvi ei vaikuttanut perunan käyttölaatuun. Mukulan muoto, kuori ja väri määräytyvätkin ensisijaisesti perunalajikkeen perusteella eivätkä niinkään viljelymenetelmien tai sääolojen perusteella (Gray ja Hughes 1978).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kolmi- ja nelivuotisen viljelykierron soveltuvuutta perunan viljelyyn sekä kolmen eri muokkausmenetelmän ja neljän eri esikasvin vaikutusta perunan mukulasatoon ja sen laatuun.

Sekä kolmi- että nelivuotinen viljelykierto soveltuvat perunan viljelyyn. Erilaiset tutkitut viljelykierrot eivät vaikuttaneet mukulasatoon tai sen laatuun.

Kynnön siirtäminen kevääseen sekä kevytmuokkaus tuottivat kolmivuotisessa viljelykierrossa suuremman sadon kuin syyskyntö, kun kierrossa oli perunan lisäksi vain viljoja. Märissä oloissa syyskynnön korvaaminen kevätkynnöllä tai kevennetyllä muokkauksella voisi olla perunatilalla vaihtoehto sadon siitä kärsimättä. Kun kierrossa on kaksivuotinen nurmi, on syyskyntö viljelyteknisistä syistä parempi vaihtoehto. Syyskynnöllä saavutetaan tässä tapauksessa myös hieman suurempi sato.

Perunan mukuloiden tärkkelyspitoisuus näyttäisi olevan nurmen jälkeen korkeampi kuin viljojen jälkeen. Kevätkyntö saattaa hieman alentaa tärkkelyspitoisuutta. Käytännön viljelyssä ei muokkausmenetelmällä tai esikasvilla ole kuitenkaan merkitystä ruokaperunan tärkkelyspitoisuuden kannalta.

Esikasvi ei juurikaan vaikuttanut perunan mukulasatoon. Nurmi esikasvina laskee hieman ruokaperunasatoa, mikä johtui suurelta osin sen jättämien kuolleiden kasvuston kappaleiden aiheuttamista viljelyteknisistä ongelmista. Tämän vuoksi, jos nurmea viljellään perunan esikasvina, suositeltavin muokkaustapa on syyskyntö.

LÄHTEET

Allen, E. J. 1978. Plant density. Teoksessa: Harris, P. M. (toim.) *The Potato Crop*. Lontoo, UK. Chapman and Hall Ltd. ss. 278-326.

Allen, E. J. ja Scott, R. K. 1980. An analysis of growth of the potato crop. *Journal of Agricultural Science* 94: 583-606.

Angers, D.A., Edwards, L. M., Sanderson J. B. ja Bissonnette, N. 1999. Soil organic matter quality and aggregate stability under potato cropping sequences in a fine sandy loam of Prince Edward Island. *Canadian Journal of Soil Science* 79: 411-417.

Appeldoorn, N. J. G., de Bruijn, S. M., Koot-Gronsveld, E. A. M., Visser, R. G. F., Vreugdenhil, D. ja van der Plas, L. H. W. 1999. Developmental changes in enzymes involved in the conversion of hexose phosphate and its subsequent metabolites during early tuberization of potato. *Plant, Cell and Environment* 22: 1085-1096.

Boliglowa, E. ja Glen, K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilisation and tillage method. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 6: 1-10.

Burton, W. G. 1989. *The Potato*. 3. painos. New York, USA. John Wiley & Sons, Inc. 742 s.

Carter, M. R. ja Sanderson, J. B. 2001. Influence of conservation tillage and rotation length on potato productivity, tuber disease and soil quality parameters on a fine sandy loam in eastern Canada. *Soil & Tillage Research* 63: 1-13.

Carter, M., Kunelius, H., Sanderson, J., Kimpinski, J., Platt, H. ja Bolinder M. 2003. Productivity parameters and soil health dynamics under long-term 2-year potato rotations in Atlantic Canada. *Soil & Tillage Research* 72: 153-168.

Carter, M. R., Noronha, C., Peters, R.D. ja Kimpinski, J. 2009. Influence of

conservation tillage and crop rotation on the resilience of an intensive long-term potato cropping system: Restoration of soil biological properties after the potato phase. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 32–39.

Carter, M. R., Sanderson, J. B. ja MacLeod, J. A. 1998. Influence of time of tillage on soil physical attributes in potato rotations in Prince Edward Island. *Soil & Tillage Research* 49: 127-137.

Celetti, M. J., Johnston, H. W. ja Platt, H. W. 1989. Effect of clover, ryegrass and winter wheat used in rotation with potatoes on the incidence of disease and soilborne pathogens in potatoes. Teoksessa: Vos, J., Van Loon, C.D. ja Bollen, G.J. (toim.). *Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones*. Dordrecht, Alankomaat. Kluwer Academic Publishers. ss. 197-202.

De Roo, H. C. ja Waggoner, P. E. 1961. Root development of potatoes. *Agronomy Journal* 53: 15-17.

Dickson, J.W., Campbell, D.J. ja Ritchie, R.M. 1992. Zero and conventional traffic systems for potatoes in Scotland 1987-1989. *Soil & Tillage Research* 24: 397-419.

Ekeberg, E. ja Riley, H.C.F. 1996. Effects of mouldboard ploughing and direct planting on yield and nutrient uptake of potatoes in Norway. *Soil & Tillage Research* 39: 131-142.

Emmond, G. S. ja Ledingham, R. J. 1972. Effects of crop rotation on some soil-borne pathogens of potato. *Canadian Journal of Plant Science* 52: 605-611.

Engels, C. ja Marschner, H. 1986. Allocation of photosynthate to individual tubers of *Solanum tuberosum* L. *Journal of Experimental Botany* 37: 1813-1822.

EVIRA. 2012. Ruokaperunan kaupanpito. http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus_ja_myynti/kasvikset/peruna/. Elintarviketurvallisuusvirasto EVIRA. Päivitetty 30.10.2012. Viitattu 29.11.2012.

Ewing, E.E. ja Struik, P.C. 1992. Tuber formation in potato: Induction, initiation, and

growth. Horticultural Reviews 14: 89-197.

Goodwin, P. B., Brown, A., Lennard, J. H. ja Milthorpe, F. L. 1969. Effect of centre of production, maturity and storage treatment of seed tubers on the growth of early potatoes. Journal of Agricultural Science 73: 167-176.

Grandy, A.S., Porter, G.A. ja Erich, M.S. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. Soil Science Society of America Journal 66: 1311–1319.

Gray, D. ja Hughes, J. C. 1978. Tuber quality. Teoksessa: Harris, P. M. (toim.) The Potato Crop. Lontoo, UK. Chapman and Hall Ltd. ss. 504-544.

Hack, H., Gall, H., Klemke, T., Klose, R., Meier, U., Stauss, R. ja Witzemberger, A. 1993. The BBCH scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). Teoksessa: Meier, U. (toim.) Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. 2. painos. http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/bbch/BBCH-Skala_englisch.pdf. Viitattu 7.2.2013.

Harris, P. M. 1978a. Mineral nutrition. Teoksessa: Harris, P. M. (toim.) The Potato Crop. Lontoo, UK. Chapman and Hall Ltd. ss. 195-243.

Harris, P. M. 1978b. Water. Teoksessa: Harris, P. M. (toim.) The Potato Crop. Lontoo, UK. Chapman and Hall Ltd. ss. 244-277.

Hay, R. K. M. ja Hampson, J. 1991. Sprout and stem development from potato tubers of differing physiological age: the role of apical dominance. Field Crops Research 27: 1-16.

Hide, G. A. ja Read, P. J. 1991 Effects of rotation length, fungicide treatment of seed tubers and nematicide on diseases and the quality of potato tubers. Annals of Applied Biology 119: 77-87.

Hoekstra, O. 1989. Results of twenty-four years of crop rotation research at 'De

- Schreef' experimental site. Teoksessa: Vos, J., Van Loon, C.D. ja Bollen, G.J. (toim.). Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones. Dordrecht, Alankomaat. Kluwer Academic Publishers. ss. 37–43.
- Iritani, W. M. 1981 Growth and preharvest stress and processing quality of potatoes. American Potato Journal 58: 71-80.
- Järvan, M. ja Edesi, L. 2009. The effect of cultivation methods on the yield and biological quality of potato. Agronomy Research 7: 289–299.
- Kangas, A. 1998. Tärkkelyspitoisuuden määrittäminen. Teoksessa: Järvi, A., Mattila, I., Mäkelä, L., Rahkonen, A., Salo, Y., Vuorinen, M., Öfversten, J., Kangas, A. 1998. Virallisten lajikekokeiden suoritusohjeet. Maatalouden Tutkimuskeskuksen Julkaisuja. Sarja B 14: 49 s.
- Kari, M., Ahvenniemi, P. ja Rautio, E. 2001. Ruoka- ja varhaisperunan laatu vähittäiskaupassa. Teoksessa: Virtanen, A. ja Teräväinen H. (toim.). Laatuperunan Tuotanto. Tieto tuottamaan 95. Maaseutukeskusten Liiton Julkaisuja nro 973. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. ss. 23-28.
- Kari, M., Pakari, S., Ali-Kippari, R. 2002. Keittokoe Tutkimuskäytössä. Ohjeet Keittokokeen Suorittamiseen ja Arviointiin. Perunantutkimuslaitoksen julkaisu 2: 16 s.
- Lamers, J. G. 1989. Twelve years of continuous cropping and short rotations of potato at the 'PAGV1' experimental site. Teoksessa: Vos, J., Van Loon, C.D. ja Bollen, G.J. (toim.). Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones. Dordrecht, Alankomaat. Kluwer Academic Publishers. ss. 45-55.
- Lewis, W. C. ja Rowberry, R. G. 1973. Some effects of planting depth and time and height of hilling on Kennebec and Sebago potatoes. American Potato Journal 50: 301-310.
- Lötjönen, T. 2009. Peltomaan tiivistymät –toimiiko kuohkeutus? Tuottava Peruna 2: 11-12.

- Machado, S., Petrie, S., Rhinhart, K. ja Ramig, R. E. 2008. Tillage effects on water use and grain yield of winter wheat and green pea in rotation. *Agronomy Journal* 100: 154-162.
- Moorby, J. 1978. The physiology of growth and tuber yield. Teoksessa: Harris, P. M. (toim.) *The Potato Crop*. Lontoo, UK. Chapman and Hall Ltd. ss. 153-194.
- Mustonen, L. 2001. Kasvupaikkavaatimukset. Teoksessa: Virtanen, A. ja Teräväinen H. (toim.). *Laatuperunan Tuotanto. Tieto tuottamaan* 95. Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja nro 973. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. ss.51-55.
- O'Sullivan, J. 1978. Effects of rotation and nitrogen on yield and quality of potatoes. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 475-483.
- Perunantutkimuslaitos, 2000. Ulkoinen Laatu. Laatu-käsikirja -moniste. 2 s.
- Perunantutkimuslaitos 2012. Istutuksessa huomioitavaa. <http://www.petla.fi/istutustarkennus.htm>. Viitattu 8.2.2013.
- Peters, R. D., Sturz, A. V., Carter, M. R. ja Sanderson, J. B. 2004. Influence of crop rotation and conservation tillage practices on the severity of soil-borne potato diseases in temperate humid agriculture. *Canadian Journal of Plant Science* 84: 397-402.
- Pierce, F. J. ja Burpee, C. G. 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Soil & Tillage Research* 35: 135-146.
- Riley, H. ja Ekeberg, E. 1998. Effects of depth and time of ploughing on yields of spring cereals and potatoes and on soil properties of a morainic loam soil. *Acta Agriculturae Scandinavica –Section B: Soil and Plant Science* 48: 193-200.
- Ross, C.W. 1986. The effect of subsoiling and irrigation on potato production. *Soil & Tillage Research*. 7: 315-325.

- Schéele, C. von, Svensson, G. ja Rasmusson, J. 1937. Die Bestimmung des Stärkegehalts und der Trockensubstanz der Kartoffel mit Hilfe des spezifischen Gewichts. Landw. Vers Sta. 127: 67-96.
- Scholte, K. 1989. Effects of crop rotation and granular nematicides on the incidence of *Verticillium dahliae* Kleb. and *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) Hughes, in potato. Potato Research 32: 377-385.
- Scholte, K. 1990. Causes of differences in growth pattern, yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in short rotations on sandy soil as affected by crop rotation cultivar and application of granular nematicides. Potato Research 33: 181-190.
- Scholte, K. ja s'Jacob, J. J. 1990. Effect of crop rotation, cultivar and nematicide on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in short rotations on a marine clay soil. Potato Research 33: 191-200.
- Scholte, K., Veenbaas-Rijks, J. W. ja Labruyere, R. E. 1985. Potato growing in short rotations and the effect of *Streptomyces* spp., *Colletotrichum coccodes*, *Fusarium tabacinum* and *Verticillium dahliae* on plant growth and tuber yield. Potato Research 28: 331-348.
- Scott, R. K. ja Younger, A. 1972. Potato agronomy in a changing industry. Outlook on Agriculture 7: 3-9.
- Sojka, R. E., Westermann, D. T., Kincaid, D. C., McCann, I. R., Halderson, J. L. ja Thornton, M. 1993. Zone-subsoiling effects on potato yield and grade. American Potato Journal 70: 475-484.
- Storey, M. 2007. The harvested crop. Teoksessa: Vreugdenhil, D. T (toim.), Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., MacKerron, D. K. L., Taylor, M. A. ja Ross, H. A. Potato Biology and Biotechnology. Oxford, UK. Elsevier Ltd. ss. 441-470.
- Struik, P. C. 2007. Above-ground and below-ground plant development. Teoksessa: Vreugdenhil, D. T., Bradshaw, J., Gebhardt, C., Govers, F., MacKerron, D. K. L.,

Taylor, M. A. ja Ross, H. A. (toim.) Potato Biology and Biotechnology. Oxford, UK. Elsevier Ltd. ss. 219-236.

Struik, P. C. ja Wiersema, S. G. 1999. Seed Potato Technology. 1. painos. Wageningen, The Netherlands. Wageningen Press. s. 383.

Tike 2012. Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2012 –ennakkotiedot 28.6.2012. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus Tike. Viitattu 18.10.2012. http://www.maataloustilastot.fi/käytössä-oleva-maatalousmaa-2012-alueittainen-ennakkotieto_fi.

Young, I-M., Bengough, A. G., Mackenzie, C. J. and Dickson, J. W. 1993. Differences in potato development (*Solanum tuberosum* cv 'Maris Piper') in zero and conventional traffic treatments are related to soil physical conditions and radiation interception. Soil & Tillage Research 26: 341-359.

Wurr, D. C. E. 1974. Some effects of seed size and spacing on the yield and grading of two maincrop potato varieties. Journal of Agricultural Science 82: 37-45.

Wurr, D. C. E. ja Allen, E. J. 1974. Some effects of planting density and variety on the relationship between tuber size and tuber dry-matter percentage in potatoes. Journal of Agricultural Science 82: 277-282.

LIITE 1: Perunan saamat ravinnemäärät lannoituksessa viljelykierto-, muokkausmenetelmä- ja esikasvitutkimuksessa Perunantutkimuslaitoksella Lammilla vuosina 1997-2002

Vuosi	Ravinnemäärä kg/ha			
	N	P	K	Mg
1997	65	58	100	0
1998	66	42	158	0
1999	70	62	106	23
2000	59	52	91	44
2001	60	38	143	38
2002	40	25	135	26

**LIITE 2: Perunan saamat kasvinsuojelukäsittelyt viljelykierto-,
muokkausmenetelmä- ja esikasvitutkimuksessa
Perunantutkimuslaitoksella Lammilla vuosina 1997-2002**

	pvm	Rikkatorjunta	pvm	Rutontorjunta
1997	11.6.	Topogard 2,5 l + vettä 300 l/ha	9.7.	Tattoo 4,0 l + vettä 400 l/ha
”	24.6.	Titus 50 g + Sitp Plus 0,2 l + vettä 300 l/ha	21.7.	Tattoo 4,0 l + vettä 400 l/ha
”			4.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			18.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
1998	25.6.	Targa Super 2,0 l + Sito 0,2 l + vettä 260 l/ha	16.7.	Ridomil 2,5 kg + vettä 400 l/ha
”			22.7.	Dithane 3 kg + vettä 450 l/ha
”			28.7.	Shirlan 0,4 l + vettä 450 l/ha
”			4.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 450 l/ha
”			11.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 450 l/ha
”			17.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 450 l/ha
”			25.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 450 l/ha
1999	16.6.	Titus 50 g + vettä 300 l/ha	8.7.	Dithane DG 2,5 kg + vettä 400 l/ha
”	29.6.	Agil 1,5 l + vettä 300 l/ha	16.7.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			4.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			19.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			6.9.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
2000	6.6.	Topogard 2 l + vettä 200 l/ha	7.7.	Tattoo 4 l + vettä 300 l/ha
”	19.6.	Titus 50 g + Sito 0,2 + vettä 200 l/ha	20.7.	Acrobat 2 kg + vettä 400 l/ha
”			2.8.	Dithane 2 kg + vettä 400 l/ha
”			9.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			24.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			31.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			6.9.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
2001	11.6.	Afalon 2,0 l + vettä 250 l/ha	6.7.	Shirlan 0,3 l + vettä 300 l/ha
”	25.6.	Titus 30 g + SitoPlus 0,2 l + vettä 250 l/ha	16.7.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			25.7.	Dithane 2 kg + vettä 400 l/ha
”			3.8.	Dithane 2 kg + vettä 400 l/ha
”			15.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			23.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
”			6.9.	Shirlan 0,4 l + vettä 400 l/ha
2002	27.5.	Topogard 2 l/ha	25.7.	Dithane 3 kg + vettä 300 l/ha
”			7.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 300 l/ha
”			15.8.	Shirlan 0,4 l + vettä 300 l/ha

LIITE 3: Perunan ulkoisen laadun arviointi

Rupisuus	Mustelmat ja muut mekaaniset viat	Vihertyneet
10-25 % mukulan pinnasta ruven peitossa	Kuoren alla oleva mekaaninen vaurio, joka ei poistu normaalissa kuorinnassa	Mukulan vihertymä, joka ei poistu normaalissa kuorinnassa
>25 % mukulan pinnasta ruven peitossa		

(Perunantutkimuslaitos 2000)

LIITE 4: Perunan sisäisen laadun arviointi: raakatummuminen ja keittokoe

Pisteet	Raakatummu- minen	Hajoamisen kestävyys	Leikattavuus	Väri	Värin tasaisuus
9	ei lainkaan tummunut	Täysin kiinteä, ehjä	pehmeä	tumman keltainen	erittäin tasainen
8					
7	hiukan tummunut, alle 10 % mukulasta	melkein ehjä	melko pehmeä	keltainen	tasainen
6					
5	kohtalaisesti tummunut, yli 1/3 mukulasta	lievästi rikki, >10%	normaali	vaalean keltainen	ei erityisen tasainen
4					
3	voimakkaasti tummunut, yli 2/3 mukulasta	melko hajonnut	melko kova	valkoinen	melko epätasainen
2					
1	täysin tummunut	kokonaan hajonnut	kova, raa'an tuntuinen	harmaan kirjava	erittäin epätasainen
Pisteet	Makeus	Maku ja haju (virheet)	Tarttuvuus	Kuivuus/vet- isyys	Jälkitummumisen kestävyys
9	ei lainkaan makea	hyvä kypsän perunan maku	erittäin tarttuva,	Kuiva	ei lainkaan tummunut
8					
7	hiukan makea	neutraali kypsän perunan maku	tarttuva	Melko kuiva	Jonkin verran tummunut, tummia kulmia
6					
5	makea	ei aivan virheetön kypsän perunan maku	hiukan tarttuva	Ei erityisen kuiva eikä vetinen	melko tummunut päältä, malto melko tummumaton
4					
3	häiritsevän makea	hiukan väkevä, tunkkainen, karvas tai hapan	ei lainkaan tarttuva	Hiukan vetinen	Yli 2/3 tummunut pinnasta
2					
1	imeltynyt, kelvoton	väkevä, tunkkainen, karvas tai hapan	irtonainen, jauhoinen	Erittäin vetinen	kokonaan tummunut myös malto selvästi tummunut

(Kari ym. 2002)