

Esikasvin merkitys mansikan kasvun ja satoisuuden parantajana sekä maan kasvukunnon ylläpitäjänä

TUTKIMUSRAPORTTI

Sanna Kukkonen
Mauritz Vestberg
Tuomo Tuovinen
Päivi Parikka
Ansa Palojärvi



Työryhmä ja työnjako

Nimi ja nimike	Organisaatio ja tehtävä hankkeessa
Mauritz Vestberg MMT, vanhempi tutkija	MTT/Kasvintuotannon tutkimus/Puutarhatuotanto/ Laukaan tutkimus ja valiotaimiasema Antinniementie 1, 41330 Vihtavuori <ul style="list-style-type: none"> • Vastuullinen johtaja, suunnittelu, vastuullinen toteutuksesta Laukaassa, mansikan kasvu ja satoisuus, sienijuuri, julkaisuvastuu
Sanna Kukkonen FL, tutkija	MTT/ Kasvintuotannon tutkimus/Puutarhatuotanto/ Laukaan tutkimus ja valiotaimiasema Antinniementie 1, 41330 Vihtavuori <ul style="list-style-type: none"> • Lierot, kemialliset ominaisuudet, julkaisuvastuu
Tuomo Tuovinen MMT, erikoistutkija	MTT/Kasvintuotannon tutkimus/Kasvinsuojelu 31600 Jokioinen <ul style="list-style-type: none"> • Juuria vioittavat ankeroiset
Päivi Parikka MML, vanhempi tutkija	MTT/Kasvintuotannon tutkimus/Kasvinsuojelu 31600 Jokioinen <ul style="list-style-type: none"> • Mansikan juurilahon aiheuttajasisienet
Ansa Palojärvi FM, vanhempi tutkija	MTT/Ympäristöntutkimus/Maaperä ja ympäristö 31600 Jokioinen <ul style="list-style-type: none"> • Maan mikrobibiomassa, vedenpidätyskyky

TUTKIMUSRAPORTTI

Esikasvin merkitys mansikan kasvun ja satoisuuden parantajana sekä maan kasvukunnon ylläpitäjänä

1.	TIIVISTELMÄ	4
2.	TAUSTA.....	5
3.	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	7
3.1.	Hypoteesit.....	7
3.2.	Koealue.....	7
3.3.	Mansikan kasvu ja satoisuus	9
3.4.	Maan ominaisuudet	10
4.	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	11
4.1.	Turpeen vaikutus maaperäominaisuuksiin	11
4.1.1.	<i>Kemialliset (ja fysikaaliset) ominaisuudet</i>	<i>11</i>
4.1.2.	<i>Biologiset ominaisuudet</i>	<i>11</i>
4.2.	Turpeen vaikutus mansikan kasvuun	18
4.3.	Esikasvien vaikutus maaperäominaisuuksiin	18
4.3.1.	<i>Kemialliset (ja fysikaaliset) ominaisuudet</i>	<i>18</i>
4.3.2.	<i>Biologiset ominaisuudet</i>	<i>19</i>
4.4.	Esikasvien vaikutus mansikan kasvuun ja satoisuuteen.....	25
5.	YHTEENVETO.....	27
6.	TAVOITTEIDEN TOTEUTUMINEN	30
6.1.	Tulostavoitteet	30
6.2.	Tulosten julkaisu	31
6.3.	Kustannukset	32
7.	KIRJALLISUUS.....	32

1. TIIVISTELMÄ

Mansikka on Suomessa tärkeimpiä kaupallisen puutarhatuotannon kasveja. Sen viljelyssä on esiintynyt epäsuotuisista sääoloista, viljelytekniikan hallinnasta ja yksipuolisesta viljelystä aiheutuvia ongelmia. Osa ongelmista selittyy maan laadun (kasvukunnon) heikentymisestä pitkään viljelyillä peltolohkoilla. Kasvukunnon parantaminen vaatii pitkäjänteistä työtä ja viljelykierron uudelleen suunnittelua. Ensiapua ja tukea maan laadun kohentamiseen voidaan yleensä saada erilaisten maanparannusaineiden käytöllä.

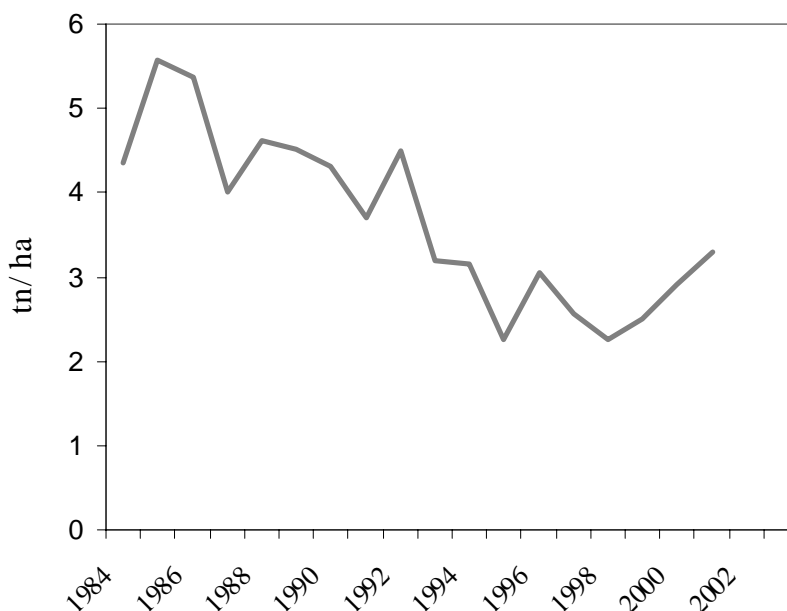
Hankerahoituksella oli tarkoituksena saattaa loppuun mansikan viljelykierto- ja maanparannussuosituksen laatimista varten suunniteltu tutkimus. Nyt esiteltävä tutkimuskokonaisuus sisälsi hankkeessa perustetun koekentän viimeisen vuoden havaintojen ja analyysien toteuttamisen sekä tulosten julkaisemisen. Tutkimuksessa haettiin vastausta siihen, oliko jollakin kahdeksasta eri tyyppisestä esikasvista maan laadun kannalta oleellisia biologisia tekijöitä ja mansikan kasvua merkittävästi parantava vaikutus. Lisäksi selvitettiin tulisiko esikasvivalinnan lisäksi käyttää myös eloperäistä maanparannusainetta toivottujen tulosten aikaan saamiseksi. Maanparannusaineeksi valittiin turve, jota jo käytetään puutarhaviljelyssä. Maan biologisiin ominaisuuksiin keskityttiin siksi, että maan väsyminen yleensä liittyy biologisten tekijöiden heikkenemiseen. Lisäksi maan omien toimintojen merkitys nousee tärkeäksi erityisesti puutarhaviljelyssä, jossa viljelyn monivuotisuuden vuoksi ei voida vuosittain tehdä merkittäviä maata parantavia toimenpiteitä. Lisäksi maan biologian merkityksestä maan laadulle tulisi saada enemmän tietoa.

Loppukesällä 2004 tutkittiin Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla sijaitsevalta mansikan esikasvi- ja maanparannuskokeelta seuraavat maan biologiset tekijät: lierot, ankeroiset, mikrobibiomassa, sienijuuri ja juuria lahottavat sienet. Tulosten tulkinnan tueksi määritettiin myös maan orgaanisen aineksen määrä ja vedenpidätyskyky sekä liukoisten ravinteiden pitoisuudet. Koekäsittelyjen vaikutusta mansikan kasvuun ja satoisuuteen mitattiin puolestaan lehvästön määrällä ja kukkavana-analyysin avulla. Esikasvin mahdollista vaikutusta mansikan terveyteen tutkittiin määrittämällä juurakoiden kunto osasta koeruutuja.

Tulosten perusteella runsasmultaisessa hiesupellossa, jossa ei aiemmin ole viljelty mansikkaa, ei maanparannusturpeen käytöllä tai esikasvivalinnalla saavuteta satohyötyjä mansikalla. Näin ollen tutkimuksen perusteella ei myöskään voida luoda viljelijöille käyttökelpoisia suosituksia viljelykierron järjestämiseksi tai maanparannusaineiden käytön suhteen. Toisaalta tutkimuksessa kävi ilmi, että esikasveilla pystytään vaikuttamaan huomattavastikin maan biologisiin ominaisuuksiin. Voidaan siis sanoa, että tutkimus onnistui tavoitteessaan tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää maaperän hoidossa ekologisesti kestäväällä pohjalla olevassa puutarhaviljelyssä. Tulokset muodostavat tutkimuksellisessa mielessä arvokkaan kokonaisuuden ja tuovat uutta tietoa huonosti tunnetusta maan biologisen laadun merkityksestä peltoviljelyssä.

2. TAUSTA

Mansikka on tärkeä erikoistuotantokasvi Järvi-Suomen alueella, Savossa ja Keski-Suomessa. Etenkin perinteisellä tuotantoalueella Savossa mansikan viljelyssä on ilmaantunut suuria ongelmia, jotka ovat johtaneet hehtaarisatojen heikentymiseen (Kuva 1). Ilmiön syistä on esitetty monenlaisia oletuksia, mutta vuosina 1996 – 1998 tehty SAPA-tutkimus (Perusselvitys mansikan satotason heikkenemisen syistä ja peltojen tuotantokyvyn palauttaminen, MMM/MTT) osoitti selvästi, että ongelmat johtuivat suurelta osin mansikkatilojen maaperän yleisestä väsymisestä ja köyhtymisestä (Kukkonen & Uosukainen 2000, Kukkonen & Vesalo 2000). Samalla havaittiin, että viljelykiertojen toteuttaminen oli tiloilla usein riittämätöntä. Marjanviljelijöiden sitouduttua ympäristötuen ehtoihin (1995→) tuli tiloille velvoite kahden vuoden väliviljelystä. Viljelykierron toteuttamiseen oli kuitenkin saatavissa hyvin vähän tukea tutkimustuloksista ja välikasveina käytettiin suhteellisen yksipuolisesti viljoja, ja niistäkin lähinnä kauraa. Usein välikasvin viljely jäi myös 1-vuotiseksi, sillä puutarhaviljelmillä oli mahdollista kuitata toinen välivuosi avokesannolla kasvinsuojeluperustein.



Kuva 1. Mansikan keskimääräinen hehtaarisato Suomessa vuosina 1984-2003. Lähde: Puutarhayrityksrekisterit (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus).

Maan väsymisilmiön on osoitettu johtuvan heikentyneistä biologisista ominaisuuksista, mikä myös heijastuu maaperän kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Maan väsymisestä voidaan välttyä nykyisen tiedon mukaan ainoastaan monipuolista viljelykiertoa noudattamalla. Tasapainoinen viljelykierto hoitaa pitkällä aikavälillä maata niin, että sen biologiset avaintoiminnot säilyvät. Viljelykiertoon sisällytettyjen kasvilajien valinta vaikuttaa suoraan seuraavan kasvin kasvuun. Eri tyyppisillä kasveilla voi olla hyvinkin erilainen esikasviarvo. Esikasviarvo muodostuu monista erilaisista seikoista, joista mainittakoon kasvin monivuotisuus/yksivuotisuus, juuriston määrä ja syvyys, juurieritteiden laatu, kasville tyypilliset taudinaiheuttajat ja tuhohyönteiset, jne. Yhdessä nämä kaikki ominaisuudet vaikuttavat maaperän kasvukuntoon ja sitä kautta seuraavan kasvin menestymiseen ja sadontuottokykyyn.

Nykyiset viljelymenetelmät (toistuvat kynnöt, kasvinjätteen vähäinen palautus peltoon, yksipuolinen viljelykierto ym.) ovat omiaan köyhdyttämään pellon humusta. Maan eloperäinen (orgaaninen) aines muodostaa perustan maan biologiselle toiminnalle. Maaperäeliöyhteisö muodostuu pääosin hajottajista ja on pitkälti riippuvainen maahan tulevasta jatkuvasta eloperäisen aineksen virrasta. Orgaanisen aineksen määrän lisääntyminen näkyy yleensä ensimmäisenä mikrobien määrän lisääntymisenä ja toiminnan vilkastumisena. Ravintotilanteen parantuessa myös suurempien, hitaammin lisääntyvien, maaperäeliöiden määrä lisääntyy. Eloperäinen aines vaikuttaa maan biologian lisäksi edullisesti myös maan fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, kuten maan kykyyn puskuroida pH-muutoksia, sitoa ja vapauttaa ravinteita kasvien käyttöön tai huokos- ja mururakenteen muodostumiseen. Maan eloperäisen aineksen lisääntymisellä on myös paljon epäsuoria vaikutuksia maan toimintoihin, sillä muutokset yhdessä ominaisuudessa välittyvät eteenpäin. Esim. maan ilmavuuden lisääntyminen parantaa hajottajien toimintaedellytyksiä kiihdyttäen hajotustoimintaa enemmän kuin hajotettavan aineksen lisääntyminen pelkästään antaisi aiheen olettaa.

Tämä tutkimus pohjautuu vuosina 1999 – 2002 toteutettuun hankkeeseen ”Maan kasvukunnon ylläpito, parantaminen ja mittaaminen monivuotisilla puutarhakasveilla”. Hankkeessa saatiin selviä viitteitä esikasvien (varsinaista viljelykasvia edeltävien kasvilajien) ja turpeen merkityksestä maaperän biologisten ominaisuuksien ylläpitäjänä. Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla sijaitsevan laajan kenttäkokeen esikasvivaihe oli vv. 1999-2001, jonka jälkeen istutettiin v. 2002 mansikkaa. Esikasveja valittaessa noudatettiin periaatetta että niillä pitäisi olla hyödyllinen vaikutus maaperään, mutta niistä pitäisi voida myös muodostua mansikanviljelijälle toinen tuotantosuunta mansikan ohella. Esikasveina olivat mansikka, ruis, timotei, rypsi, sipuli, tattari, kumina ja hunajakukka ja maanparannusturpeena käytettiin pitkälle maatonututa Vapon keskisuomalaista turvetta. Esikasveilla oli selkeät vaikutukset mm. maan mikrobibiomassaan, entsyymi- ja sienijuuri-toimintaan, juurihaava-ankeroisten määrään ja mansikan juurilahon aiheuttajiin. Turpeen lisäys paransi sekä ensimmäisen (1999) että toisen levityskerran (2002) jälkeen useita maan biologisia ominaisuuksia. Tähän mennessä aineistosta on julkaistu esikasvivaiheen lieroja ja mikrobimääriä (Kukkonen ym. 2004), entsyymiaktiivisuuksia (Vepsäläinen ym. 2004) sekä sienijuurta (Vestberg ym. 2005) koskevat tulokset. Alustavasti tuloksia on myös esitelty suomenkielisissä artikkeleissa (Vestberg ym. 2002, Kukkonen & Vestberg 2002)

Vuoden 2002 lopussa päättyneessä projektissa jäivät useat keskeiset kysymykset avoimiksi. Nyt saadun apurahan turvin oli tavoitteena ensisijaisesti tutkia kuinka eri esikasvit ja maanparannusturpe ja niiden aiheuttamat muutokset peltomaassa vaikuttavat mansikan kasvuun ja satoon. Erityisesti tarkoituksena oli keskittyä maaperän biologisiin ominaisuuksiin, maan väsyminen yleensä liittyy biologisten tekijöiden heikkenemiseen. Maan omien toimintojen merkitys nousee tärkeäksi erityisesti puutarhaviljelyssä, jossa viljelyn monivuotisuuden vuoksi ei voida vuosittain tehdä merkittäviä maata parantavia toimenpiteitä (ks. Vestberg ym. 2004). Lisäksi maan biologian merkityksestä maan laadulle tulisi saada enemmän tietoa. Laajempaan tavoitteena oli tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää maaperän hoidossa ekologisesti kestäväällä pohjalla olevassa puutarhaviljelyssä. Tutkimuksen tuloksia tulisi voida hyödyntää mansikkatilojen tuotannon suunnittelun kannalta keskeisissä kysymyksissä kuten viljelykierron järjestämisessä ja maan kasvukunnon hoidossa. Parhaimmassa tapauksessa voidaan samanaikaisesti parantaa sekä maan kasvukunnon hoitoa että peltojen hyödyntämisastetta.

3. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

3.1. Hypoteesit

Tutkimus pohjautui vuonna 1999 MTT/Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalle perustettuun mansikan esikasvi- ja maanparannuskokeeseen. Kokeesta vuonna 2004 tehtyjen havaintojen ja mittausten perusteella oli tarkoitus testata seuraavia tavoitteiden perusteella laadittuja tutkimushypoteeseja:

Hypoteesi 1. Maan kasvukuntoon liittyviä biologisia toimintoja aktivoivilla esikasveilla on myös mansikan kasvua ja satoisuutta parantava vaikutus.

Hypoteesi 2. Turpeen käyttö maanparannusaineena parantaa mansikan kasvua ja satoisuutta sekä aktivoi biologisia toimintoja maassa.

Hypoteesi 3. Välikasvi yksin ei riitä mansikkamaan kasvukunnon ylläpitämiseksi tai parantamiseksi, vaan siihen tarvitaan myös orgaanisen aineksen lisäystä esim. maanparannusturpeen muodossa.

3.2. Koealue

Esikasvi- ja maanparannuskoe perustettiin alkukesällä 1999 Laukaan tutkimus- ja valiotaimiaseman hiesusavipellolle (hiesua 52%, savea 31%), jossa oli viljelty ohraa viimeisten vuosien aikana. Ohrapellosta rajattiin 95 x 61 m kokoinen, tasainen koealue keväällä ja alue jaettiin kolmeen osaan (kerranteet). Ensimmäisessä kolmivuotisessa vaiheessa (1999-2001) koealueella viljeltiin kahdeksaa eri tyyppistä kasvilajia esikasveina mansikalle joko alkuperäisessä peltomaassa tai turpeella parannetussa maassa. Esikasvien viljelyssä sovellettiin kullekin kasvilajille tyyppillistä tavanomaista viljelytapaa lannoituksineen ja kasvinsuojelutoimenpiteineen. Toisessa vaiheessa (2002-2004) koko koealueella viljeltiin mansikkaa, edelleen joko turveparannetussa tai alkuperäisessä peltomaassa.

Koeruudut oli aseteltu osaruutukokeen muotoon satunnaistaen ensin turvekäsittelyt (pääruudut) kerranteiden sisällä ja sitten esikasvit (osaruudut) turvekäsittelyiden sisälle (koekartta Liite 1). Kokeessa oli kolme kerrannetta. Vapon toimittamaa hyvin maatunutta (von Post H 4-7, pH 4) maanparannusturvetta levitettiin 300 m³ ha⁻¹ keväällä 1999 ja 2002 puolelle pääruuduista. Vuonna 1999 käytettiin raakaturvetta ja vuonna 2002 kalkittua turvetta (ehkäisemään maata happamoittavaa vaikutusta). Turve (ja kalkki) sekoitettiin pintamaahan kyntämällä ruudut levityksen jälkeen. Pääruudun koko oli 36 x 30 m ja ruutuja erotti 8 m leveä käytävä. Osaruudut (10 x 5 m) olivat puolestaan järjestetty kahteen riviin pääruudun sisään. Samassa rivissä olevia vierekkäisiä ruutuja erotti 2 m leveä ja osaruuturivejä 8 m leveä käytävä. Käytävät kynnettiin syksyisin ja äestettiin keväisin. Kasvukaudella käytävien rikkaruohot torjuttiin mekaanisesti ruohonleikkurilla. Kannen kuva on otettu koealueelta esikasvivaiheessa.

Taulukko 1. Esikasvi- ja maanparannuskokeen ruutujen viljelyhistoria kokeen eri vaiheissa.

Ruutu	Kasvutapa	1999-2001			2002-2004		
		Kasvilaji	N-Lannoitus	Kasvinsuojelu- aineet	Kasvilaji	N-Lannoitus	Kasvinsuojelu- aineet
1	Monivuotinen	mansikka	niukka	endosulfaani iprodoni deltametriini			
3	Monivuotinen	timoteinurmi	runsas	tribenuron- metyyli			
7	Kaksivuotinen	kumina	niukka	linuroni			
6	Yksivuotinen	sipuli	niukka	linuroni bentatsoni			
2	Yksivuotinen	ruis	keskinkertainen	MCPA klorpyralidi fluroksipyyri	Mansikka	Niukka	metiokarbi, deltametriini, iprodoni
5	Yksivuotinen	tattari	niukka	-			
4	Yksivuotinen	rypsi	keskinkertainen	lambda- syhalotriini metatsaklori			
8	Yksivuotinen	hunajakukka	keskinkertainen	-			

Koealueella viljeltävät esikasvit valittiin eri kasvisuvuista ottaen mukaan sekä yksi- että monivuotisesti viljeltäviä kasveja. Mansikka toimi verrannekasvina muille kasveille arvioitaessa mansikalle sopivia esikasveja. Kutakin kasvia viljeltiin tavanomaisin viljelymenetelmin käyttäen kasvien tarpeen mukaista kivennäislannoitusta ja kasvinsuojelua (Taulukko 1). Mansikkaa (lajike 'Senga Sengana') viljeltiin penkkiviljelmänä käyttäen penkkirivien katteena mustaa muovia ja riviväleissä nurmea. Mansikan lisäksi monivuotisia kasveina viljeltiin timoteinurmea ja kuminaa. Kumina on kaksivuotinen kasvi, mutta se kylvettiin vain kerran kokeen aikana antaen sen itsekylväytyä toisena vuonna. Timotei kylvettiin suojaviljaan (ohra). Vuosittain kylvettävät yksivuotiset kasvit olivat vilja-, öljy-, vihannes- ja viherkesantokasveja: ruis, ('Voima' ja 'Riihi'), tattari ('Hruszowska'), rypsi ('Valo'), sipuli ('Stuttgarter') ja hunajakukka. Ennen rukiin ensimmäistä kylvöä syksyllä 1999 ruisruuduissa kasvoi persianapilaa. Yksivuotiset kasvit puitiin syksyisin, minkä jälkeen ruodut kynnettiin. Nurmisato korjattiin keski- ja loppukesäisin, kuminan siemensato syksyisin ja mansikan sato arvioitiin kukkavana- ja marjanäyttein (ks. Mansikan kasvu- ja satoparametrit). Esikasvivaiheen päätteeksi koko koealue kynnettiin syksyllä 2001.

Toisen turvelevityksen jälkeen keväällä 2002 perustettiin yksi 10 m pitkä mansikkapenkki kunkin koeruudun keskelle. Mansikkapenkkiä ulkopuolelle jäävälle alueelle (lopun koeruudun alasta ja käytävät) kylvettiin natanurmi. Mansikka istutettiin kesäkuun alussa käyttäen turpeelle koulittuja mikrolisätyjä taimia ('Senga Sengana'). Mansikan viljelytekniikka oli muuten sama kuin esikasvivaiheessa, mutta mansikkapunkkia torjuttiin loppukesällä 2002 ja 2003 kahdella metiokarbi (valmiste Mesurol) –ruiskutuksella endosulfaanin (valmiste Thiodan) sijaan.

3.3. Mansikan kasvu ja satoisuus

- Mansikan talvehtiminen
- Mansikan sato (bruttosato, kauppakelpoinen sato, homeiset, vioittuneet, jne.)
- Mansikan lehvästön paino

Koealueelta tehtiin mansikan kasvua ja satoisuutta kuvaavia mittauksia kesällä 2004. Mansikan talvehtiminen arvioitiin luokitellen (0-2) silmämääräisesti kaikkien koeruudun tainten kunto keväällä. Mansikan laskennallinen sato (generatiivinen kasvu) määritettiin käyttäen apuna kukkavana-analyysiä, joka perustuu raakilevaiheessa tehtyyn marjojen lukumäärän laskentaan. Analyysissä otetaan huomioon se, että kypsän marjan koko pienenee satokauden edetessä (marjan asteisuuden kasvaessa kukkavanassa). Arvioinnin etuna on sen nopeus ja kohtalainen riippumattomuus sääolosuhteista verrattuna sadon poimintaan. Analyysin perusteella voidaan kuitenkin suhteellisen luotettavasti laskea eri syistä, kuten luteiden vioituksesta, johtuvia satohävikkejä. Marjamäärä muutetaan laskennalliseksi sadoksi (g/taimi tai kg/ha) kypsistä marjoista koostuvien marjanäytteiden avulla.

Mansikan vegetatiivista kasvua kuvattiin määrittämällä lehvästön kuivapaino syyskuun puolivälissä. Tätä varten kustakin ruudusta leikattiin 8 taimen lehvästö (ilman rönsyjä), joka kuivattiin kuivurissa ja punnittiin. Tutkimussuunnitelmassa esitettyjä kasvukaudella tehtäviksi tarkoitettuja kasvumittauksia (kasvullisen kehityksen ja lehtivihreän mittaaminen) ei pystytty toteuttamaan käytettävissä olevien resurssien puitteissa.

3.4. Maan ominaisuudet

1. Maan biologiset ominaisuudet

- Mikrobibiomassan hiili ja typpi
- Lierot
- Juurilahoa aiheuttavat sienet
- Juuria vioittavat ankeroiset ja maan kuollutta orgaanista ainetta syövät ankeroiset
- Sienijuuren määrä ja toiminta

2. Maan fysikaaliset ominaisuudet

- Maan vedenpidätyskyky

3. Maan kemialliset ominaisuudet

- Viljavuusanalyysi (P, K, Mg, Ca, pH ja johtoluku)
- Maan orgaanisen aineksen määrä

Syksyllä koalueelta otettiin maanäytteitä maan biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien määrittämiseksi. Syyskuun alussa otettiin kustakin koeruudusta 30 maakairallisesta koostuva kokoomanäyte (kairan Ø 2 cm) 0-20 cm syvyydestä. Näytteestä eroteltiin mikrobiomassan, vedenpidätyskyvyn, ankeroisten, juurilahoa aiheuttavien sienien, ravinteiden sekä orgaanisen aineksen määrittämiseen menevät näytteet. Mikrobibiomassa ja vedenpidätyskyky määritettiin MTT/Maaperä ja ympäristö –yksikössä (Ansa Palojärvi). Ankeroiset eristettiin ja laskettiin *Pratylenchus* –suvun sekä muiden ankeroisten määrä MTT/Kasvinsuojelu –yksikössä (Tuomo Tuovinen). Mansikan juurilahoa aiheuttavat sienet määritettiin aikana niinkään Kasvinsuojelu –yksikössä (Päivi Parikka). Viljavuusmääritykset (pääravinteet + pH) ostettiin Viljavuuspalvelulta ja maan orgaanisen hiilen määrittäminen MTT/Ympäristöhallinta –yksiköstä. Hivenaineanalyysistä ei pystytty tekemään saadun määrärahan puitteissa.

Sienijuuren määrän ja toiminnan arvioimista varten otettiin maanäytteet syyskuun puolivälissä. Näyte koostui 10 kauhallisesta maata mansikan taimien tyveltä kaivettuna. Sienijuuren suhteellinen runsaus määritettiin itiölaskennan avulla ja tehokkuus biotestin avulla MTT/Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla (Mauritz Vestberg). Biotestissä sienikasvi -symbioosin toimivuutta tutkitaan viljelemällä erittäin sienijuuriinriippuvaista kasvia, pellavaa, tutkimuksen kohteena olevassa maassa. Pellavan kasvua maanäytteessä verrataan kasvuun kontrollimaassa, jossa sienijuuren toiminta on estetty.

Mansikan juurilahan arvioimista varten otettiin taiminäytteet osasta koeruutuja (3 tainta/ruutu). Kaikkia koeruutuja ei pystytty tutkimaan käytettävissä olleen ajan puitteissa. Tutkittavat ruudut olivat turvekäsittelmättömiä esikasveinaan mansikka, nurmi, sipuli ja kumina. Juurilahomääritykset tehtiin MTT/Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla (Sanna Kukkonen) arvioimalla silmämääräisesti juurakon haarojen lahoamisaste asteikolla 0-4.

Koeruutujen lierokanta (yksilömäärät ja lajisto) määritettiin syyskuun lopussa. Kastelierojen määrittämiseksi käytettiin ns. kemiallista menetelmää (sinappivesi) ja muut lierolajit arvioitiin erottelemalla lierot käsin maanäytteestä (mekaaninen näytteenotto). Näistä pellolla tehtävistä lieroeristyksistä talteen otetut lierot tunnistettiin ja niiden kuivapaino punnittiin MTT/Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasemalla (Sanna Kukkonen).

4. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

4.1. Turpeen vaikutus maaperäominaisuuksiin

4.1.1. Kemialliset (ja fysikaaliset) ominaisuudet






Molemmat turvelevitykset nostivat maan orgaanisen aineksen pitoisuutta keskimäärin 0,8 % -yksikköä (mitattuna 2,5 vuotta turpeen levityksen jälkeen). Tästä johtuen myös maan vedenpidätyskyky hieman parani. Ensimmäinen turvelevitys ei muuttanut maan pH:ta, johtolukua tai liukoisten fosforin, kaliumin ja kalsiumin pitoisuuksia. Jostain syystä kuitenkin magnesium lisääntyi turveruuduissa, mutta nitraattitypen pitoisuus hieman väheni turpeettomiin ruutuihin nähden. Tämä johtunee turpeen tyyppiä sitovasta vaikutuksesta. Toinen turvelevitys nosti hieman maan pH-tasoa (0,3 yksikköä), mikä johtui todennäköisesti turpeen kalkitsemisesta. Tähän viittaa myös lievästi kohonnut Ca –pitoisuus. Ensimmäiseen levitykseen käytettiin kalkitsematonta turvetta, mutta raakaturpeen levityksen toiston arvioitiin happamoittavan maata, mikä ennakoitiin turpeen kalkitsemisella. Edelleenkin toisella turvekäsittelyllä ei ollut vaikutusta liukoisen fosforin tai kalin pitoisuuteen maassa. Taulukossa 2 on esitetty yhteenvetona ensimmäisen ja toisen turvelevityksen vaikutus maan ominaisuuksiin.

4.1.2 Biologiset ominaisuudet

Turpeen ensimmäinen levitys lisäsi aluksi mikrobibiomassaa (vuonna 2000), mutta vaikutus hävisi kun levityksestä kului enemmän aikaa (syksy 2001). Turvekäsittelyllä oli hieman mikrosienten kokonaismäärää ja toisaalta juuria lahottavia sieniä (*Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Coniothyrium* sp.) vähentävä vaikutus. Peltolierojen nuorten (ei-sukukypsät) yksilöiden määrän havaittiin lisääntyneen esikasvivaiheen lopussa (lierot tutkittiin vain kerran esikasvivaiheessa). Turvekäsittelyllä ei ollut vaikutusta kaste- ja onkilierojen määrään tai minkään lierolajin määrään biomassana mitattuna. Turve muutti myös symbionttisen sienijuuren toimivuutta, vaikkei merkittäviä muutoksia sienijuuren määrässä havaittukaan (itiöinä mitattuna). Turvekäsittely käänsi sienijuurivaikutuksen pääläelleen niin, että turpeen kanssa viljeltäessä sienijuurelliset kasvit heikensivät sienijuuren toimivuutta, kun alkuperäisessä maassa ne pitivät sienijuuren toimivuutta yllä paremmin kuin sienijuurettomat kasvit. Maassa vapaasti elävät tai juuria syövät ankeroiset eivät reagoineet turpeen käyttöön. Taulukossa 2 on esitetty yhteenvetona ensimmäisen ja toisen turvelevityksen vaikutus maan ominaisuuksiin.

Taulukko 2. Maanparannusturpeen käytön vaikutus maan kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin kolme kasvukautta ensimmäisen (syksy 2001) ja toisen levityksen jälkeen (syksy 2004). Vertailun vuoksi kullekin ominaisuudelle on esitetty myös tavoitearvot tai tavoitetason suuruusluokka.

Turpeen vaikutus ominaisuuteen:

	= negatiivinen
	= hieman negatiivinen
	= ei vaikuta
	= hieman positiivinen
	= positiivinen

Mitattu ominaisuus	Esikasvivaihe (syksy 2001)		Mansikkavaihe (syksy 2004)		Tavoitearvo mans.
	Peltomaa	Turveparann.	Peltomaa	Turveparann.	
Kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet					
Org.C, %	5.2 ¹	5.9 ¹	4.7	6.2	>3.5
pH	5.7	5.7	6.2	6.5	5.8-6.2 ²
NH ₄ -N, mg/l maata	3.2	3.2	-	-	keskinkert.
NO ₃ -N, mg/l maata	5.5	4.7	-	-	keskinkert.
Liuk. P, mg/l maata	6.6	6.1	5.7	5.8	10-18 ²
Liuk. K, mg/l maata	82	82	65	62	120-200 ³
Liuk. Ca, mg/l maata	1221	1235	1556	2076	2000-2600 ³
Liuk. Mg, mg/l maata	190	230	300	432	200-400 ³
Maan vedenpidätyskyky, gH ₂ O/g maata	0.88	0.95	0.85	0.97	korkea
Biologiset ominaisuudet					
Mikrobibiomassa C, µg/g maata	365	374	338	335	korkeahko
Mikrobibiomassa N, µg/g maata	32	33	27	29	korkeahko
Peltolierotiheys, kpl/m ²	176	281	47	89	korkea
Kaste- ja onkilierotiheys, kpl/m ²	9.8	15.0	36	35	korkea
Sienijuuren suht. toimivuus, %	4.4 ¹	-0.4 ¹	33	22	korkea
AM itiöt, kpl/dl maata	165	103	216	134	korkea
Ankeroiset, kpl/dl maata	97	105	63	101	korkea
Pratylenchus spp, kpl/dl maata	11	18	9	4	matala
Pratylenchus spp, kpl/g juurta	-	-	24	31	matala
Mikrosienet, cfu/g maata	7331	4888	4015	3492	korkea
Fusarium spp, cfu/g maata	54	17	67	98	matala
F. oxysporum, cfu/g maata ⁴	9	0	1	3	matala
Phoma spp, cfu/g maata	88	111	292	121	matala
Coniothyrium spp, cfu/g maata ⁴	1	0	2	13	matala

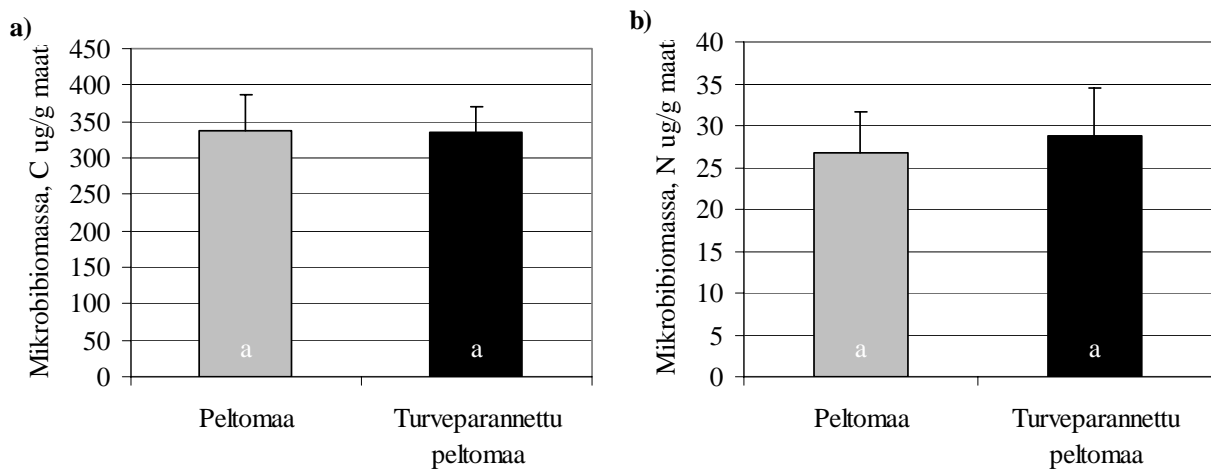
¹=esikasvilla ja turpeella yhdysvaikutus, ks.teksti

²=viljelykasvi, maalaji ja multavuus huomioitu

³=viljelykasvi ja maalaji huomioitu

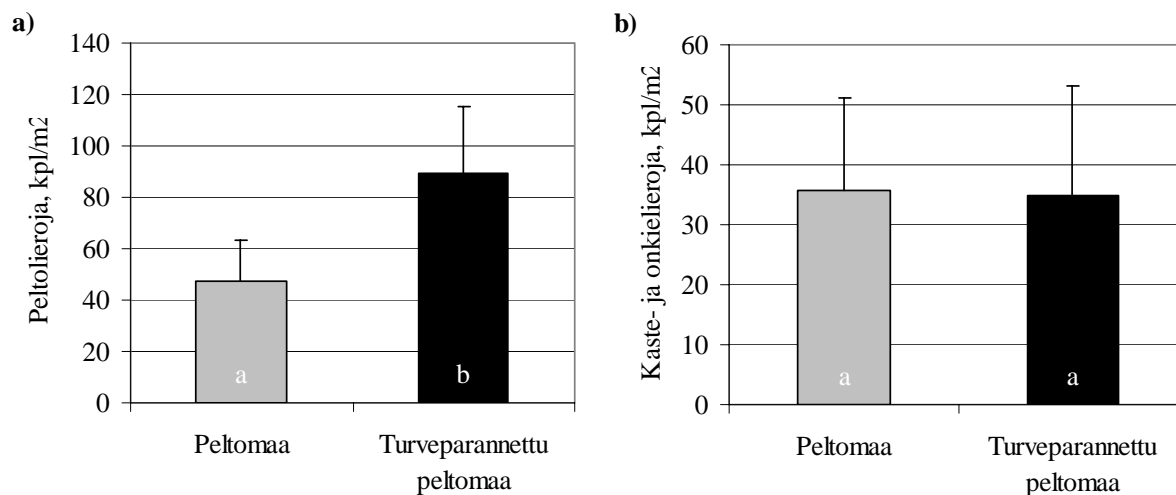
⁴=ei voi testata, liikaa 0-havaintoja

Mikrobibiomassa. Toinenkaan turvelevitys ei lisännyt maan mikrobibiomassaa pitkällä tähtäimellä (Kuva 2). Tämä kertoo siitä, että turve ei merkittävästi vilkastuta maan hajotustoimintaa. Käytetty turve oli jo suhteellisen pitkälle maatunutta ja se lisäsi lähinnä hitaasti hajoavan orgaanisen aineksen varantoa. On myös huomattava, että maan humuspitoisuus oli jo kokeen alussa suhteellisen hyvällä tasolla. Turve voi periaatteessa parantaa hajotustoiminnan edellytyksiä myös epäsuorasti maan rakenteen (ilmavuuden) parantumisen kautta. Tulokset eivät kuitenkaan viittaa tähänkään. Maan mururakenne vaikuttikin koealueella silmämääräisesti arvioiden hyvältä. Hiesumaassa rakenne saattaa muodostua ongelmaksi, mutta ilmeisesti runsasmultaisuus on tällä koealueella parantanut lähtötilannetta. Jos orgaanisen aineksen pitoisuus lasketaan hiesu- ja savesainesta kohti, saadaan tulokseksi >9%, jota pidetään osoituksena riittävästä orgaanisen aineksen määrästä hyvän maan rakenteen turvaamiseksi.



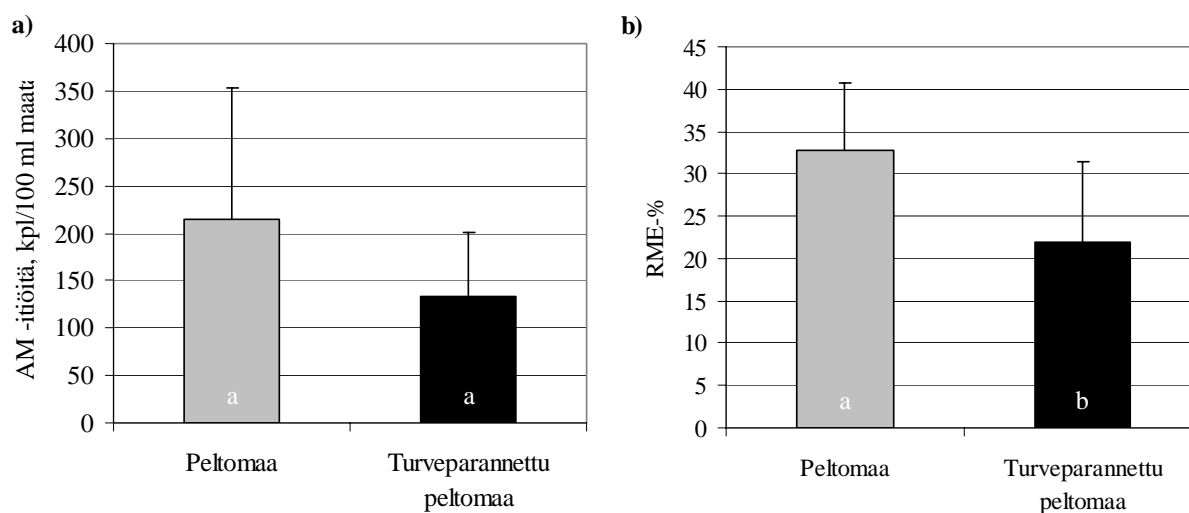
Kuva 2. Mikrobibiomassa, sen sisältämä hiilenä (a) ja typpinä (b) mitattuna, syksyllä 2004 kolme vuotta turpeen uusintalevityksen jälkeen. Hajontaviiva= +keskihajonta. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Lierot. Toisella turvelevityksellä oli pääosin samanlaisia vaikutuksia lieroihin kuin ensimmäiselläkin. Turve suosi edelleen peltolieroja (nyt muutokset oli havaittavissa myös aikuisten peltolierojen määrässä), mutta ei vaikuttanut koealueella esiintyneisiin kaste- ja onkilieroihin (Kuva 3). Tulos oli looginen, kun otetaan huomioon näiden lierolajien erilaiset elintavat. Peltoliero on ravinnon osalta riippuvainen peltomaahan sekoitetusta eloperäisestä aineksesta, kun taas kasteliero etsii aktiivisesti kuollutta kasvinjätettä maan pinnalta. Orgaanisen aineksen määrän lisääntyminen on saattanut parantaa peltolierojen ravintotilannetta joko suoraan (turve lierojen ravintona) tai välillisesti (esim. ravinnon lisäys muun maaperäeliöstön kautta). Toisaalta turpeen vaikutus on saattanut johtua maan parantuneista fysikaalisista ominaisuuksista, esim. vedenpidätyskyvystä tai rakenteesta.



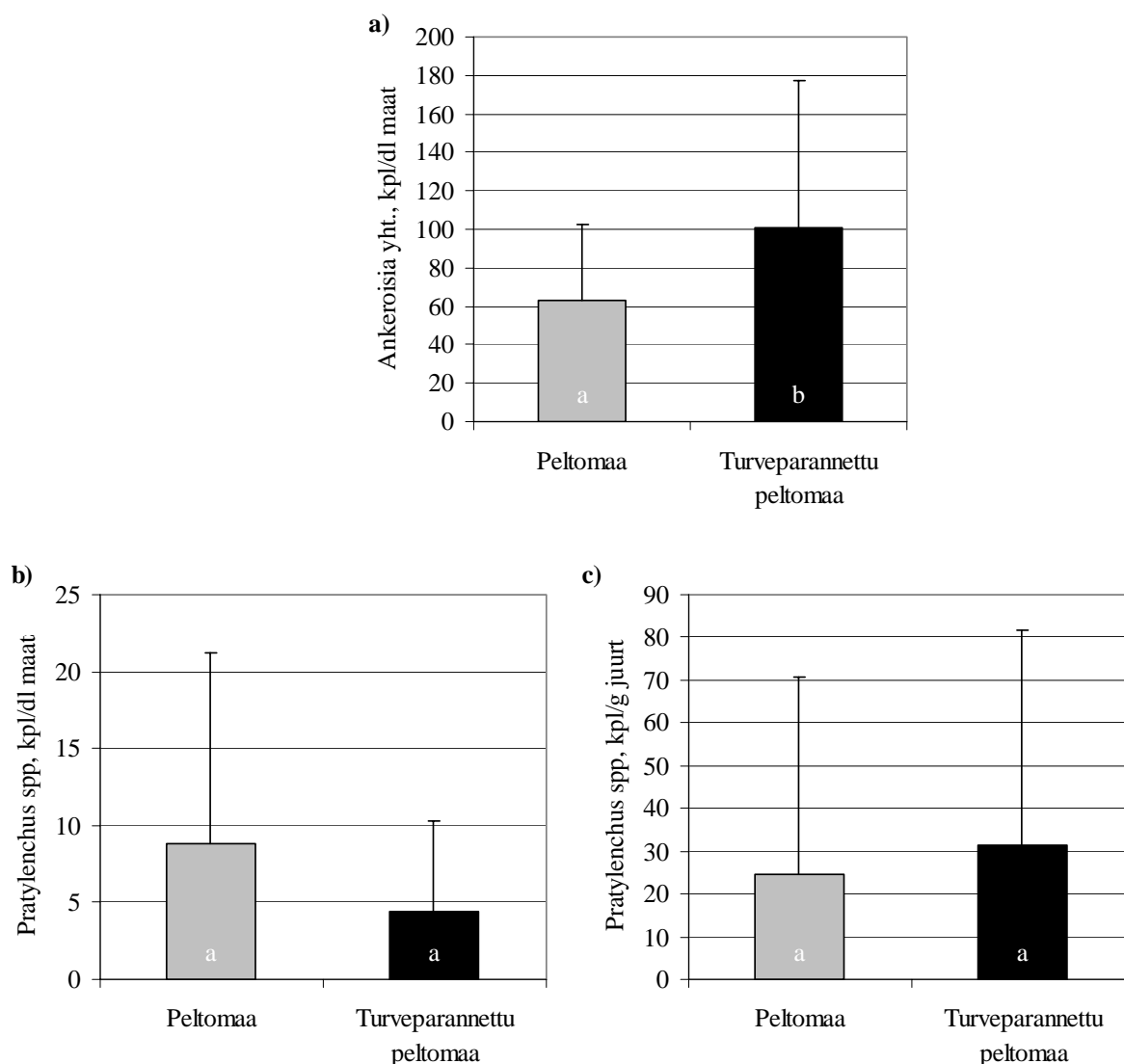
Kuva 3. Peltolierojen (a) sekä kaste- ja onkilioerojen (b) määrä syksyllä 2004 kolme vuotta turpeen uusintalevityksen jälkeen. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Sienijuuri. Toisen turvelisäyksen havaittiin edelleen heikentävän sienijuuren toimivuutta (Kuva 4b). Yhdysvaikutusta esikasvin kanssa ei enää havaittu, mikä selittyy sillä, että esikasvien vaikutus sienijuuren toimivuuteen ei ulotu enää merkittävästi kolmen vuoden päähän. Syytä turpeen sienijuurta heikentävään vaikutukseen ei ole pystytty osoittamaan, mutta on todennäköistä, että turpeen pieneliöstö vaikeuttaa sienijuurisymbioosin muodostumista/toimintaa jollain tavalla. Turpeella vaikutti olevan myös sienijuuri-itiöitä vähentävä vaikutus, mikä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä (Kuva 4a).



Kuva 4. Kahden turvelevityksen vaikutus sienijuuri-itiöiden määrä maassa (a) ja sienijuuren suhteelliseen toimivuuteen (b). RME-% = testikasvin paino (käsittelemättömässä maassa – benomyyli -käsitellyssä maassa) / (käsittelemättömässä maassa) x 100. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

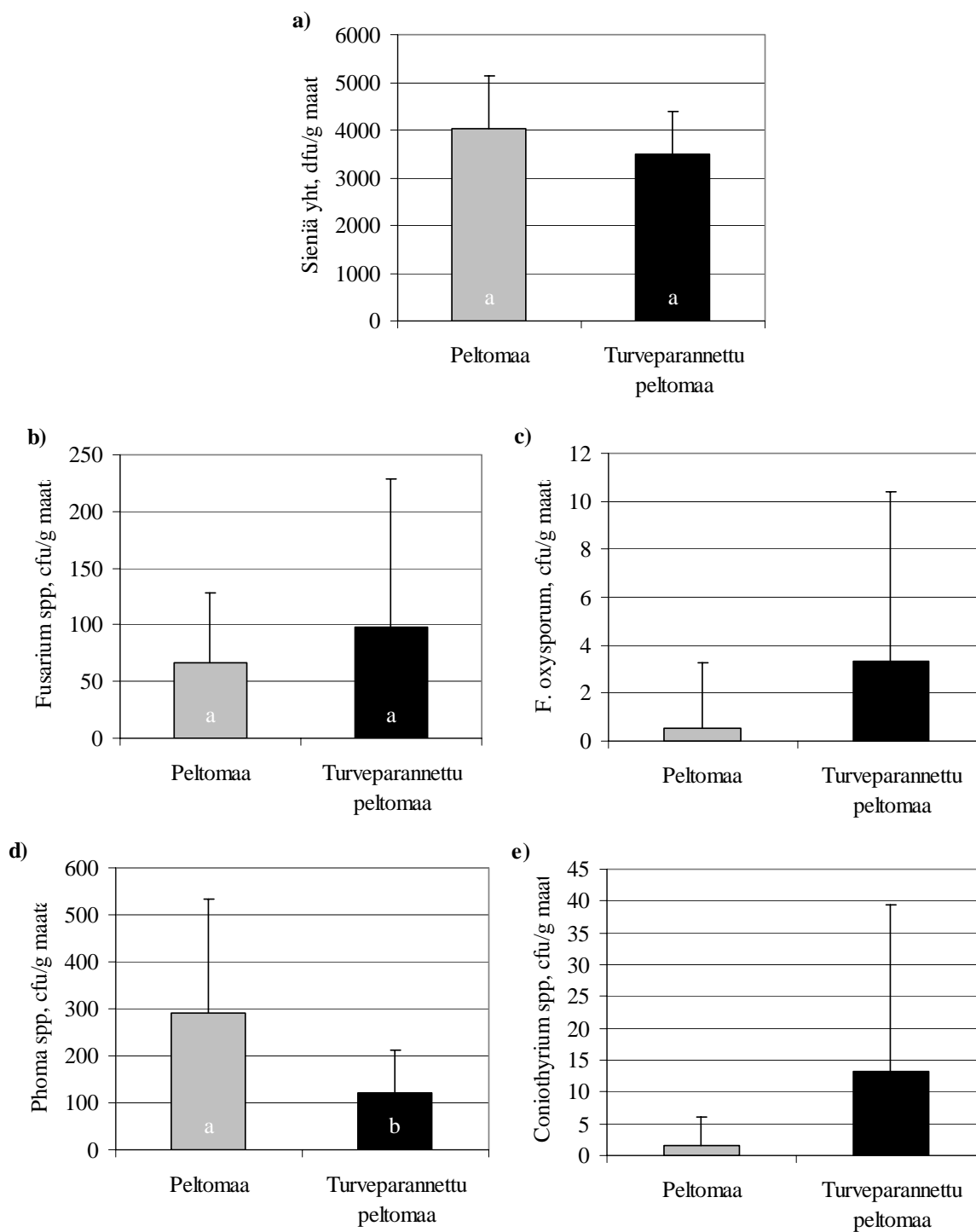
Ankeroiset. Turvekäsittelyn toistaminen lisäsi maassa vapaasti elävien ankeroiden määrää (Kuva 5a). Sen sijaan juuria syövien *Pratylenchus* –suvun ankeroiden määrään turve ei vaikuttanut edelleenkään (Kuvat 5b ja c). Koealueella esiintyvä *Pratylenchus* –laji on määritetty *P. crenatukseksi*. Se vioittaa ainakin nurmen juuria, mutta lajin merkityksestä marjatiloiilla ei ole juuri saatavilla tietoa. *P. crenatukseksi* määrä oli turveparannetussa maassa hieman pienempi kuin parantamattomassa, mutta suuren hajonnan vuoksi ero ei ollut merkitsevä (Kuva5b). Tämä ankeroisryhmä on ravinnon osalta riippuvainen kasvien juuristosta, eikä suoria vaikutuksia turvekäsittelystä ollut odotettavissa. Sen sijaan esim. parantuneen vedenpidätyskyvyn kautta turve voi vaikuttaa ankeroiden elinoloja kohentavasti (ankeroiset uivat maavedessä ja kärsivät maan kosteuden vaihteluista). Tämä saattaa selittää ankeroiden kokonaismäärän kasvua turveruuduissa.



Kuva 5. Turpeen vaikutus *Pratylenchus* –suvun ankeroiden määrään maassa (a) ja mansikan juurissa (b). Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Juuria lahottavat sienet. Ensimmäinen turvelevitys vähensi sienten kokonaismäärää sekä *Fusarium* –suvun sienten määrää. Vaikutus alkoi näkyä toisena vuonna turpeen levityksestä. Selvimmin haitallista *Fusarium* –lajia, *F. oxysporumia* esiintyi koealueella vaihtelevasti eri vuosina, mutta turvekäsittelyistä ruuduista ei sitä havaittu lainkaan esikasvuvaiheen lopussa. Turpeella ei ollut vaikutusta *Phoma* –suvun sienten määriin. *Coniothyrium* spp esiintyi pääasiassa hyvin vähän, mutta kohonneita määriä esiintyi välittömästi turvelevitysten jälkeen.

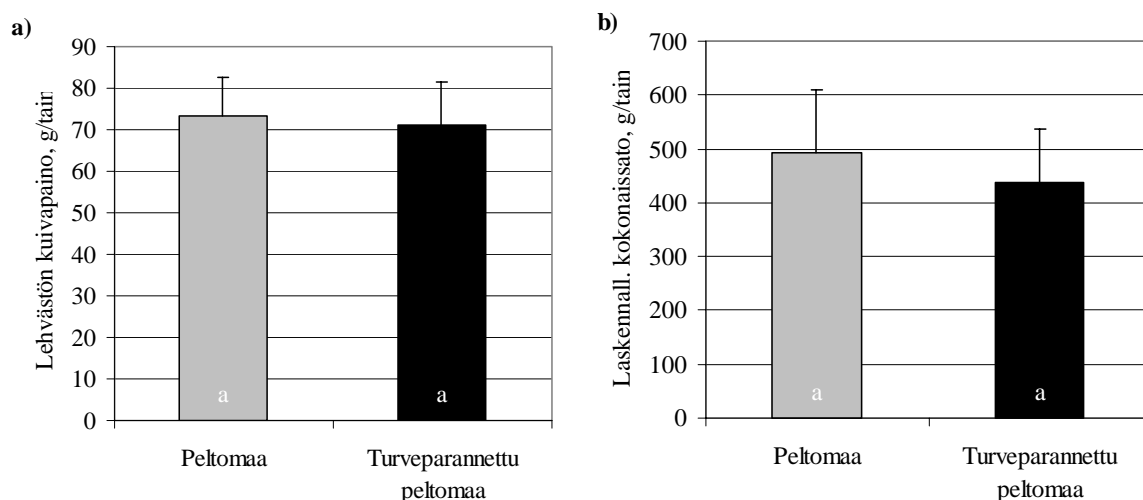
Toisen turvelevityksen vaikutusta tutkittiin loppukesällä 2002 ja 2004. Pian uusintalevityksen jälkeen (4 kk) sienten kokonaismäärä väheni, mutta *Coniothyrium* –suvun sienet lisääntyivät. Muihin sieniin turvelevityksellä ei ollut yksiselitteistä vaikutusta: *Fusarium* –sienten yhteismäärään turpeella ja esikasvilla oli yhdysvaikutus, *F. oxysporumin* esiintyminen taas oli liian vaihtelevaa johtopäätösten tekoa ajatellen. *Coniothyrium* –määrät näyttivät pysyvän suurempina (Kuva 6e), vaikka maanparannuksesta kului enemmän aikaa (2.5 vuotta). Tosin vaikutusta ei voitu tilastollisesti osoittaa, sillä monessa ruudussa tätä sienilajia ei esiintynyt lainkaan. Turvelevityksen vaikutus sienten kokonaismäärään hävisi, kun maanparannuksesta kului enemmän aikaa (Kuva 6a). Sen sijaan turpeella oli pitkällä aikavälillä *Phoma*- sieniä vähentävä vaikutus (Kuva 6d).



Kuva 6. Turpeen vaikutus sienten kokonaismäärään (a), *Fusarium* (b) *Fusarium oxysporum* (c), *Phoma* (d) ja *Coniothyrium* -sienten määrään (e). Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$). *F. oxysporum*in ja *Coniothyrium* spp -määriä ei pystytty testamaan tilastollisin menetelmin.

4.2. Turpeen vaikutus mansikan kasvuun

Vaikka turpeen käyttö paransi selvästi useita maan laatuun liittyviä ominaisuuksia, ei sillä ollut merkittävää vaikutusta mansikan kasvuun tai satoisuuteen koalueen runsasmultaisella hiesumaalla (Kuva 7). Tuloksissa oli hieman viitteitä siihen, että turpeella olisi mansikan sadonmuodostusta haittaava vaikutus, mutta hajonta huomioiden, ei vaikutus ollut merkitsevä. Mansikan laskennallinen kokonaissato oli toiseksi satovuodeksi keskinkertainen: 465 g/taimi (11,6 tn/ha taimitiheydellä 25 000 kpl/ha). Mansikka myös talvehti koko koalueella samalla tavalla. Koalueella esiintyi talvivaurioita ja tainten kunto arvioitiin keväällä keskimäärin kohtalaiseksi. Taimissa esiintyi kuolleita ruusukkeita ja syksyllä otetuissa juurakonäytteissä esiintyi jo huomattavaa lahoamista eikä maanparannusturpeen käytöllä voitu kehitystä hidastaa.



Kuva 7. Mansikan lehvästön paino (a) ja laskennallinen kokonaissato (b) turveparannetussa ja alkuperäisessä peltomaassa kesällä 2004. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

4.3. Esikasvien vaikutus maaperäominaisuuksiin

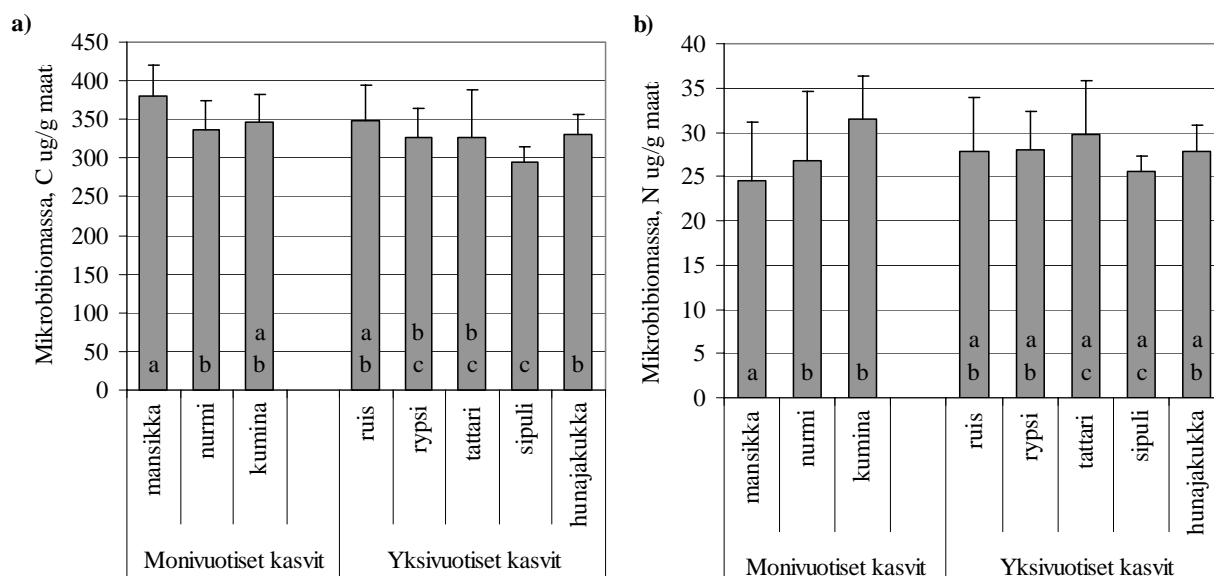
4.3.1 Kemialliset (ja fysikaaliset) ominaisuudet

Kolmivuotisen viljelyn aikana ei millään kasvilla ollut selkeää vaikutusta maan orgaanisen aineksen määrään. Tosin tilastollisessa käsittelyssä esikasville ja turvekäsittelylle saatiin yhdysvaikutus. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että käsittelemättömässä peltomaassa rukiin viljelyllä oli humuksen määrää vähentävä vaikutus, mutta turveparannetussa maassa ei. Lisäksi turveparannetuissa kuminaruuduissa humuksen määrä oli korkeampi useimpiin muihin kasveihin nähden, mutta alkuperäisessä peltomaassa kuminalla ei ollut vaikutusta orgaanisen aineksen määrään. Vastaavaa vaikutus ei enää ollut tilastollisesti merkitsevä mansikkavaiheen lopussa vuonna 2004, vaikka keskiarvoissa vaikutus edelleen näkyi. Tulos saattaa kertoa orgaanisen aineksen luontaisesta (koekäsittelyistä riippumattomasta) vaihtelusta tai turpeen epätasaisesta levityksestä.

Viljavuusluvut olivat esikasvivaiheessa suositeltavien lannoitusmäärien käytöstä huolimatta pääosin välttävällä tasolla, Ca-luku jopa huononlainen. Myös pH oli alle suositusten. Useimmille kokeessa olleille kasveille tavoitetaso on hyvä, mansikalle tyydyttävä, joten alhainen ravinnetaso on saattanut rajoittaa viljelykasvien kasvua. Sipulin ja kuminan viljely nosti maan liukoisten pääravinteiden (P ja K) määriä, sillä näitä kasveja lannoitettiin eniten. Erot kuitenkin tasaantuivat mansikkavaiheessa ja viljavuusluvut hieman korjaantuivat (kalilukua lukuun ottamatta). Myös pH saatiin nostettua mansikalle sopivalle tasolle. Taulukossa 3 on esitetty yhteenvetona esikasvien jälkivaikutus maan ominaisuuksiin.

4.3.2 Biologiset ominaisuudet


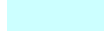



Mikrobibiomassa. Mansikan ja sipulin viljelyllä oli selvin vaikutus maan mikrobien määrään. Sipulin viljely vähensi mikrobibiomassaan sitoutuneen hiilen määrää, mikä oli havaittavissa vielä kolme vuotta viljelyn lopettamisen jälkeen (Kuva 8a). Sipulin vaikutus on voinut aiheutua sekä viljelytekniikasta että viljelykasvin ominaisuuksista. Sipulin viljelylle on ominaista vähäinen kasvipeitteisyys ja naattien tuotanto sekä niukka typpilannoitus. Sipulikasvit myös tuottavat rikkiyhdisteitä, joilla saattaa olla antibioottisia vaikutuksia. Se, että vaikutus näytti säilyvän myös viljelyn lopettamisen jälkeen, oli suhteellisen odottamaton tulos, sillä mikrobit voivat reagoida muutoksiin hyvinkin nopeasti. Mikrobeihin sitoutuneen hiilen määrä puolestaan nousi vähitellen, kun mansikkaa viljeltiin kuusi vuotta peräkkäin. Vielä kolmen vuoden viljelyn jälkeen vaikutusta ei ollut havaittavissa.



Kuva 8. Esikasvien jälkivaikutus maan mikrobibiomassaan sen sisältämänä hiilenä (a) ja typpenä (b) mitattuna. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Taulukko 3. Esikasvien jälkivaikutukset maan kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin (esikasveja viljelty vuosina 1999-2001, mittaukset tehty 2004). Esikasvien vaikutuksen suuntaa ja voimakkuutta on kuvattu väreillä (vertailukohteena jatkuva mansikan viljely). Vertailun vuoksi kullekin ominaisuudelle on esitetty myös tavoitearvot tai tavoitetason suuruusluokka mansikan viljelyssä.

Esikasvin vaikutus ominaisuuteen mansikan viljelyyn verrattuna:

	= negatiivinen
	= hieman negatiivinen
	= ei vaikuta
	= hieman positiivinen
	= positiivinen

Mitattu ominaisuus	Mansikka	Ruis	Timotei	Rypsi	Tattari	Sipuli	Kumina	Hunajakukka	Tavoitearvo
Kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet									
Org.C, %	5.5	5.2	5.7	5.5	5.3	5.3	5.8	5.6	>3.5
pH	6.5	6.4	6.5	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	5.8-6.2 ¹
Liuk. P, mg/l maata	5.8	5.8	5.4	5.2	5.5	6.5	6.4	5.4	10-18 ¹
Liuk. K, mg/l maata	64	66	48	62	58	70	84	56	120-200 ²
Liuk. Ca, mg/l maata	1972	1748	1957	1695	1753	1775	1847	1782	2000-2600 ²
Liuk. Mg, mg/l maata	383	359	380	338	359	370	379	363	200-400 ²
Maan vedenpidätyskyky, gH ₂ O/g maata	0.94	0.85	0.93	0.90	0.88	0.88	0.95	0.93	korkea
Biologiset ominaisuudet									
Mikrobibiomassa C, µg/g maata	380	348	337	328	327	295	347	330	korkeahko
Mikrobibiomassa N, µg/g maata	24	28	27	28	30	26	31	28	korkeahko
Peltolierotiheys, kpl/m ²	61	59	96	59	65	72	60	75	korkea
Kaste- ja onkilierotiheys, kpl/m ²	21	47	42	41	33	31	41	28	korkea
Sienijuuren suht. toimivuus, %	35	28	26	23	28	24	28	27	korkea
AM itiöt, kpl/dl maata	168	201	86	191	187	188	180	195	korkea
Ankeroiset, kpl/dl maata	76	98	91	145	84	36	71	65	korkea
Pratylenchus spp, kpl/dl maata	14	5	10	1	4	0	2	1	matala
Pratylenchus spp, kpl/g juurta	85	49	56	6	7	3	13	3	matala
Mikrosienet, cfu/g maata	3250	4300	4171	3513	3476	4303	3476	3538	korkea
Fusarium spp, cfu/g maata	109	44	140	47	153	51	40	78	matala
F. oxysporum, cfu/g maata ⁴	0	0	4	0	2	7	2	0	matala
Phoma spp, cfu/g maata	89	162	217	317	279	160	137	290	matala
Coniothyrium spp, cfu/g maata ⁴	0	0	7	2	20	2	16	13	matala

¹=viljelykasvi, maalaji ja multavuus huomioitu

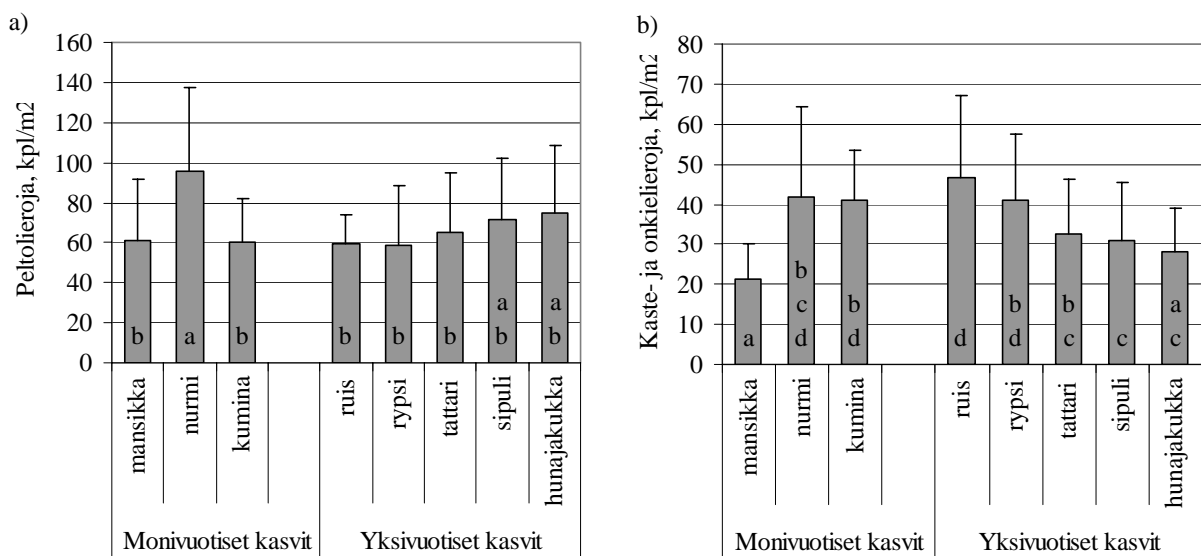
²=viljelykasvi ja maalaji huomioitu

³=ei voi testata, liikaa 0-havaintoja

Kukkonen ym. 2005: Esikasvin merkitys mansikan kasvun ja satoisuuden parantajana sekä maan kasvukunnon ylläpitäjänä

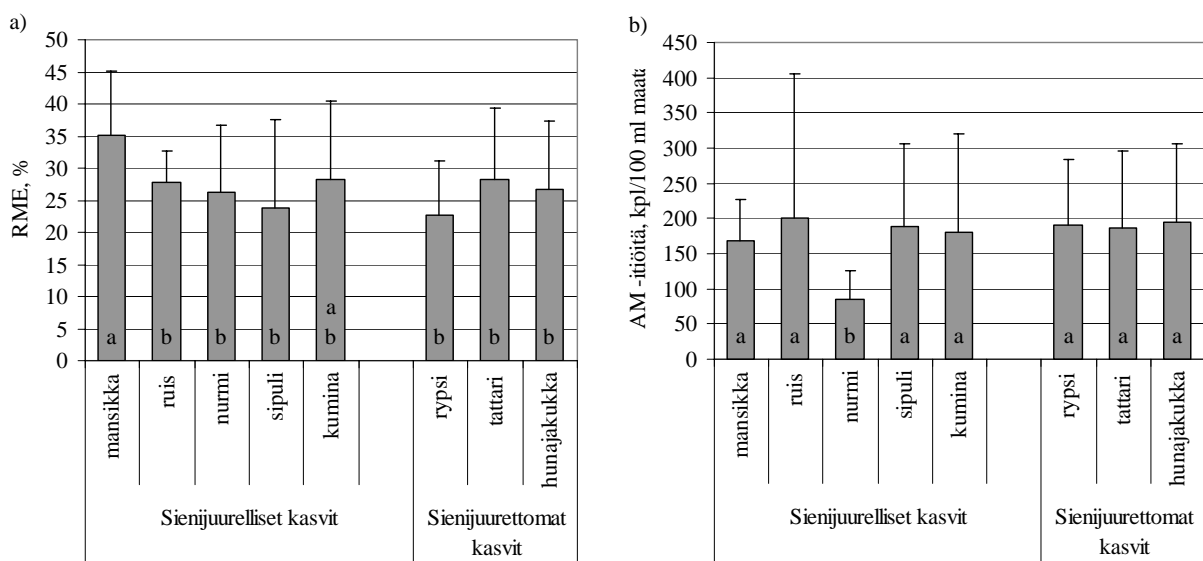
Lierot. Joillakin esikasveilla (mansikka, kumina, hunajakukka) oli vaikutusta lierojen määriin kolmen vuoden viljelyn aikana. Mansikalla oli negatiivinen vaikutus peltolieroihin, sillä esikasvivaiheen lopussa nuoria peltolieroja oli mansikkapenkeissä huomattavasti vähemmän kuin muissa esikasviruuduissa. Havaintoa tukee myös nyt saadut tulokset, joiden mukaan peltolierot vähenivät huomattavasti mansikkavaiheessa (-70 % vuodesta 2001 vuoteen 2004). Syynä saattaa olla mansikan viljelyssä käytetyt punkkien torjuntaan tarkoitetut torjunta-aineet (Mesurol ja Thiodan). Mansikan viljely esikasvina vaikutti epäsuotuisasti myös kaste- ja onkilierojen määrään. Mielenkiintoista oli kuitenkin se, että kastelieron lisääntyivät (+385 %) huomattavasti mansikkavaiheen aikana.

Kumina vaikutti viljelykasvina myönteisesti sekä nuorten *Lumbricus* -suvun (lähinnä kasteliero) että nuorten peltolierojen määrään esikasvivaiheessa. Peltolierot lisääntyivät myös hunajakukkaruuduissa. Kuminan ja hunajakukan myönteinen vaikutus hävisi kuitenkin kolmanteen vuoteen mennessä, kun koko koealueelle istutettiin mansikkaa (Kuva 9). Vaikka näiden kasvien vaikutus lieroihin ei näyttänyt kestävän kovin kauaa, joillakin esikasveilla näytti olevan jälkivaikutuksia pellon lierokantaan (muutokset lieromäärissä tapahtuivat vasta, kun esikasvin viljely lopetettiin). Esim. nurmen viljelyllä oli peltolieroja suosiva jälkivaikutus. Tämä johtui ilmeisesti ravinnon lisääntymisestä, kun nurmi kynnettiin peltoon (viljelyn aikana nurmisato korjattiin pois). Rukiilla puolestaan vaikutti olevan suotuisin jälkivaikutus kaste- ja onkilierojen määrään, tosin ruisruuduissa määrät eivät olleet merkittävästi suuremmat kuin entisissä nurmi-, kumina- tai rypsi-ruuduissa. Vaikeasti selitettävissä oli se, että mansikan viljelyllä esikasvina oli negatiivinen vaikutus ja jälkivaikutus kastelieroihin, mutta kastelieron lisäksi lisääntyivät mansikkavaiheessa. Syitä tähän on vaikea osoittaa. Mansikan viljelyssä kastelieroja suosivia ominaisuuksia ovat viljelyn monivuotisuus (ei vuosittaisia kyntöjä) ja riviväleihin kylvetty nurmi, jonka leikkuutähde toimii kastelierojen ravintona (peltoliero ei pysty hyödyntämään maan pintaan tulevaa kasvinjätettä). Myös sateinen kesä 2004 on saattanut edesauttaa kastelieron lisääntymistä, vaikka se tuskin selittää aikuisten määrän lisääntymistä.



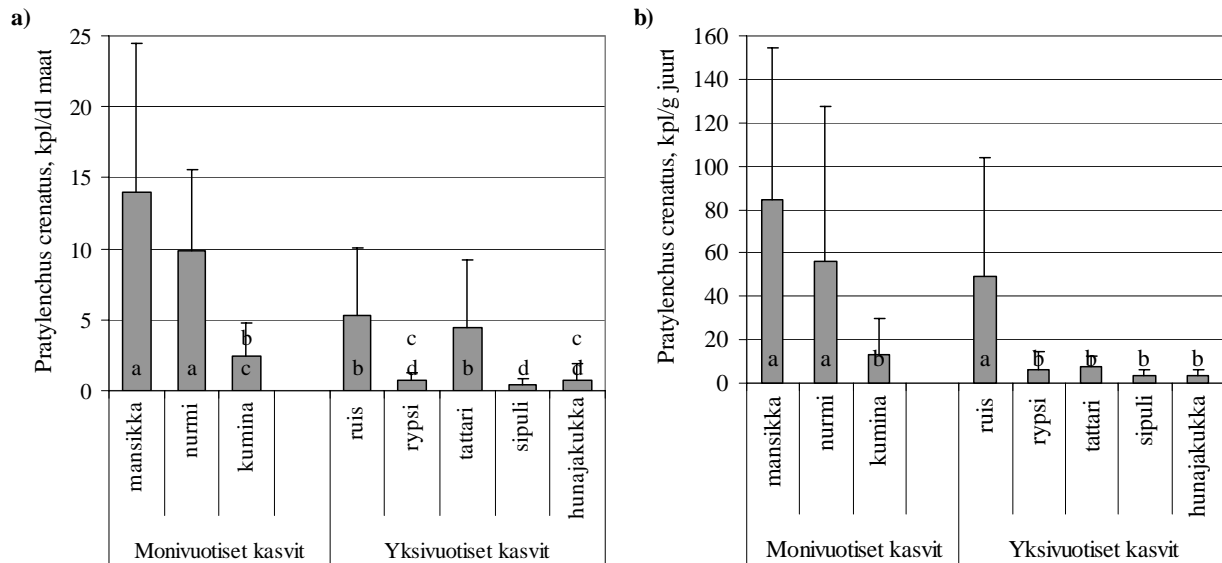
Kuva 9. Eri kasvilajien viljelyn jälkivaikutus peltolierojen (a) sekä kaste- ja onkilierojen (b) määrään. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Sienijuuri. Esikasvivaiheen lopussa eri kasvilajien sienijuuri riippuvuus näkyi tuloksissa suurin piirtein odotetulla tavalla. Mansikka ja kumina sienijuurellisina kasveina lisäsivät AM-itiöiden määrää, paransivat sienijuurisymbioosin muodostumista ja symbioosiin toimivuutta kasvin kannalta edullisesti. Myös ruis, timotei ja sipuli ovat sienijuurellisia kasveja, mutta niiden vaikutus sienijuuren toimivuuteen ei ollut merkittävä. Sen sijaan sienijuurettomat kasvit (rypsi, tattari ja hunajakukka) heikensivät pellon sienijuurikannan toimivuutta ja symbioosin muodostumista. Toisaalta, kuten yllä jo mainittiin, turpeen käyttö maanparannusaineena muutti tilannetta suurin piirtein päinvastaiseksi. Muilla esikasveilla kuin mansikalla (itsensä esikasvina) ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta sienijuurisymbioosin toimivuuteen enää mansikkavaiheessa (Kuva 10). Sienijuuren toimivuus parani ja sieni-itiöiden määrä lisääntyi huomattavasti mansikkavaiheen aikana, mikä kertoo mansikan itsessään kykenevän luovan hyvän sienijuurikannan peltoon. Näyttäisi siltä, että esikasvivalinnalla ei pystytä parantamaan tilannetta.



Kuva 10. Sienijuuri-itiöiden määrä maassa (a) ja sienijuuren toimivuus biotestissä (b) erilaisten esikasvien viljelyn jälkeen. Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Ankeroiset. Joidenkin monivuotisten kasvien viljelyllä oli merkittävä vaikutus juuria syövien ankeroiden (*Pratylenchus* sp) määriin. Nyt saatujen tulosten perusteella näyttäisi siltä, että yleisemmän, mansikalle haitallisen *P. penetrans* -lajin lisäksi myös *P. crenatus* käyttää ravinnokseen mansikan juuria. Timoteinurmi lisäsi huomattavasti *P. crenatus* -määrää maassa ja mansikan juurissa. Myös mansikan rivivälinurmelta tutkittiin ankeroiset syksyllä 2001 ja 2004 ja havaittiin, että myös natanurmi lisäsi *Pratylenchusten* määrää. Lisäksi mansikka itsensä esikasvina sekä ruis lisäsivät *P. crenatus* -määrää maassa ja mansikan juurissa. Näiden kasvien lisäävä vaikutus näkyi lievästi kohonneina määrinä maassa vielä kolmantena vuonna viljelyn lopettamisen jälkeen (Kuva 11a). Esikasvien jälkivaikutus *Pratylenchus* -määrään maassa kuitenkin huomattavasti heikentyi mansikkavaiheessa. Sen sijaan mansikan juurten ankeroisuudessa esikasvien jälkivaikutus säilyi selvemmin (Kuva 11b). *P. crenatus* -määrät maassa ja juurissa eivät olleetkaan suoraan suhteessa toisiinsa. Rypsi, sipuli, tattari ja hunajakukka näyttivät pitävän juuria vioittavien ankeroiden määrät vähäisinä sekä viljelyn aikana että jälkivaikutuksena. Kirjallisuuden perusteella ainakin *Brassica* -suvun kasveilla (esim. rypsi) on kasvipatogeenisiä ankeroisia vähentävä vaikutus.



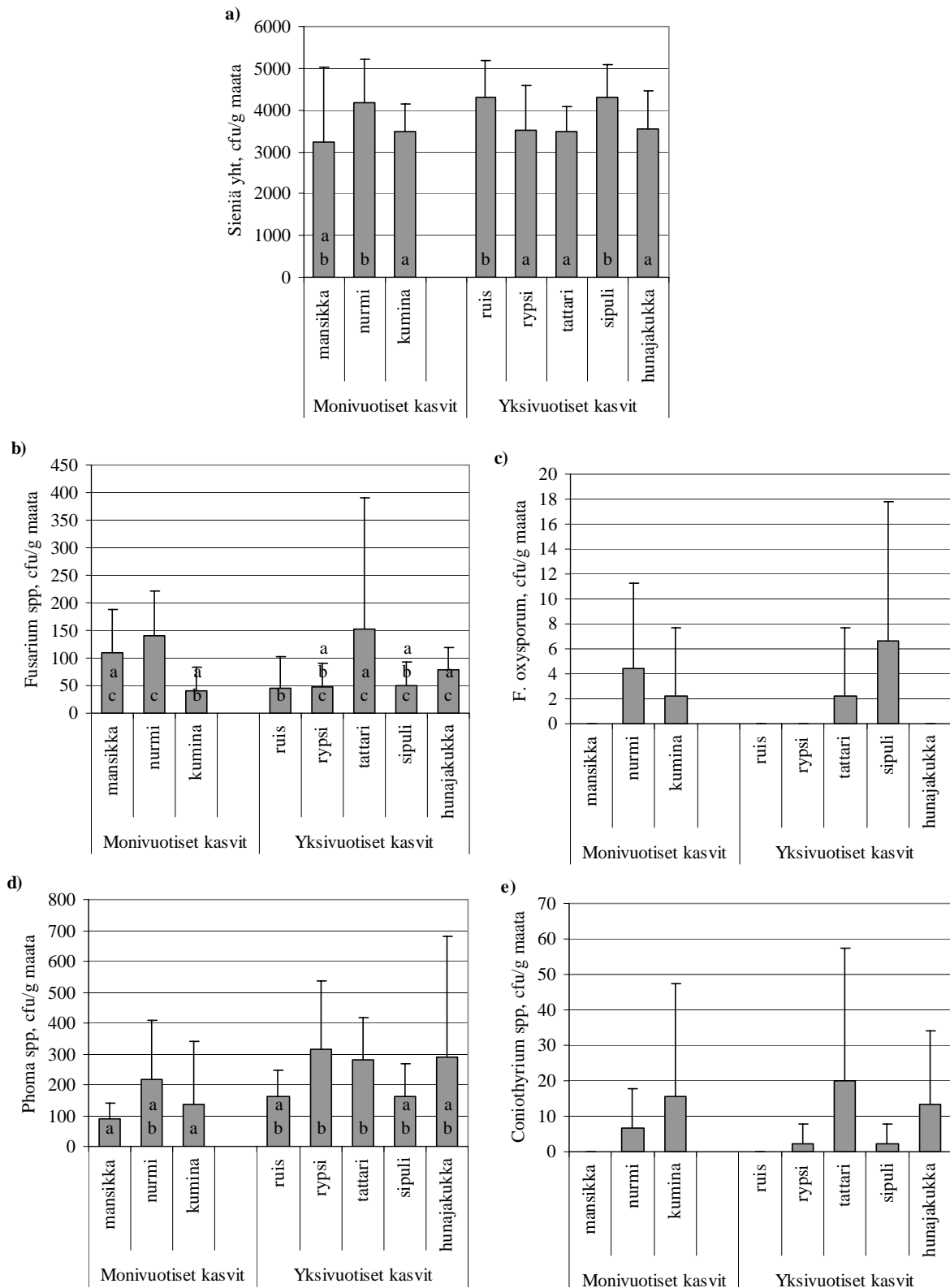
Kuva 11. Eri kasvilajien viljelyn jälkivaikutus juuria syövien ankeroisten määrään maassa (a) ja mansikan juurissa (b). Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).

Juuria lahottavat sienet.

Esikasveilla ei ollut kovin selkeitä vaikutuksia juuria lahottavien sienien määrään (Kuva 12). Ensinnäkin esikasvien vaikutukset vaihtelivat vuodesta toiseen esikasvuvaiheen aikana. Toiseksi esikasvilla saattoi olla erilainen vaikutus sienien määrään alkuperäisessä kuin turveparannetussa peltomaassa. Esim. yhtenä vuonna tavattiin turvetta saaneissa sipuliruuduissa suuria määriä *F. oxysporumia*, mutta seuraavana vuonna ei lainkaan. Pelkkä sipulin viljely ei kuitenkaan näyttänyt sitä suosivan. Tulosten tulkintaa vaikeutti lisäksi se, että joitakin sieniryhmiä ei esiintynyt lainkaan huomattavassa osassa koeruuduista. Esim. *Coniothyrium* –suvun sieniä esiintyi yleensä vain muutamassa ruudussa.

Jos esikasvien vaikutusta arvioidaan vain esikasvuvaiheen lopussa (vuoden 2001 tulokset), sienien kokonaismäärä lisääntyi ja muiden *Fusarium* –sienten kuin *F. oxysporum*in määrä puolestaan väheni mansikan viljelyssä. Myös kuminan ja hunajakukan viljelyllä vaikutti olevan *Fusarium*-sieniä vähentävä vaikutus. Esikasvilla ei ollut vaikutusta *Phoma* –sienten esiintymiseen ja *Coniothyriumia* esiintyi vain sipuliruuduissa. Esikasvien jälkivaikutus (3 vuotta viljelyn lopettamisen jälkeen) ei myöskään ollut kovin merkittävä. Tulosten perusteella voidaan lähinnä sanoa, että rukiilla esikasvina oli *Fusarium* –sieniä vähentävä vaikutus ja rypsilä sekä tattarilla hieman *Phoma* –sieniä lisäävä vaikutus (jatkuvaan mansikan viljelyyn nähden).

Juurilahoja potentiaalisesti aiheuttavien sienien määrät olivat keskimäärin melko pieniä, mikä johtuu pellon lähtökohdasta (ohrapelto, ei aiemmin viljelty mansikkaa eikä apilaa). Eri kasvien vaikutus olisi todennäköisesti tullut selkeämmin esille, jos kyseessä olisi ollut pitkään mansikan viljelyssä ollut pelto, jossa juurilahon aiheuttajien määrä olisi ollut lähtökohtaisesti suuri.



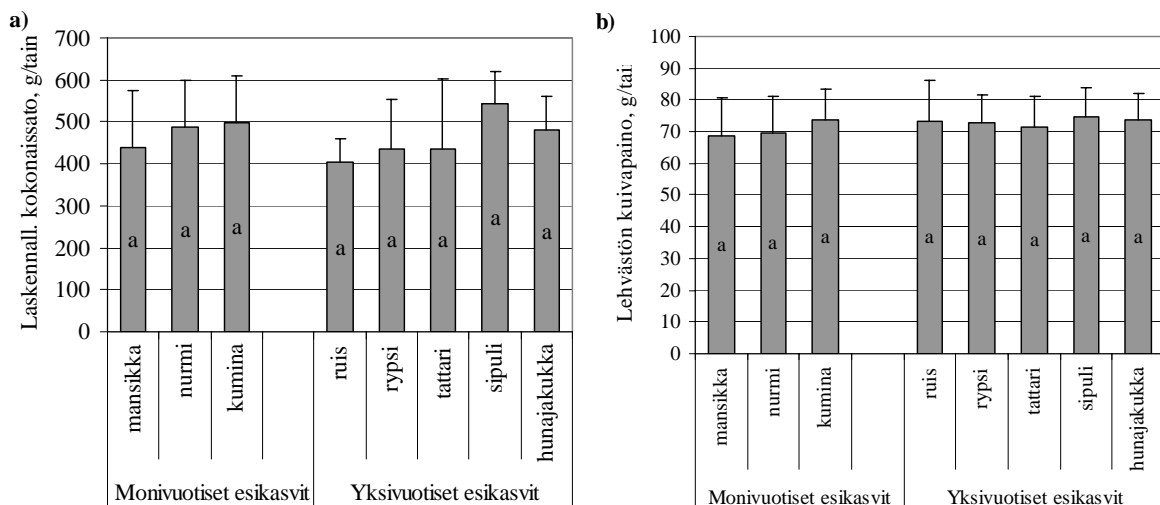
Kuva 12. Esikasvien jälkivaikutus sienien kokonaismäärään (a), *Fusarium*, (b) *Fusarium oxysporum* (c), *Phoma* (d) ja *Coniothyrium* –sienien määrään (e). Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$). *F. oxysporum*in ja *Coniothyrium* spp –määriä ei pystytty testamaan tilastollisin menetelmin.

4.4. Esikasvien vaikutus mansikan kasvuun ja satoisuuteen

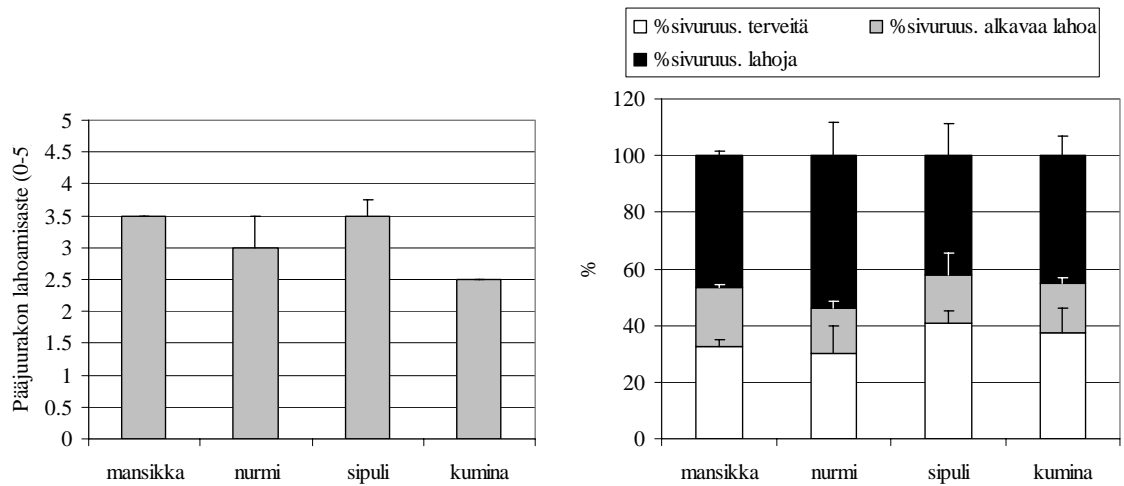
Huolimatta siitä, että esikasveilla oli huomattava vaikutus keskeisiin maan ominaisuuksiin (sienijuurisymbioosin toimivuus, juuria syövät ankeroiset, peltolierot ja hajotustoiminnan vilkkaus), mansikan vegetatiivisessa kasvussa tai satoisuudessa ei havaittu esikasvivalinnasta johtuvia eroja (Kuva 13). Esikasvivalinnalla ei pystytty myöskään vaikuttamaan mansikan talvehtimiseen.

Esikasvien vaikutusta mansikan juurilahon kehittymiseen tutkittiin joidenkin kasvien osalta (nurmi, sipuli, kumina). Koska juurilahomäärytyksiä ei pystytty tekemään kaikista koeruuduista, tutkittaviksi kasveiksi valittiin sellaiset, joilla oli selvästi vaikutusta juurilahon kehittymisen kannalta oleellisiin ominaisuuksiin (juuria lahottavien sienten ja juuria syövien ankeroisten määrä). Vaikka erot juuria syövien ankeroisten määrissä olivat huomattavia, ei pääjuurakon lahoamisaste tai sivuruusukkeiden lahoaminen merkittävästi poikennut eri esikasveilla. Tuloksissa oli kuitenkin viitteitä siitä, että kuminan viljely saattaisi hidastaa pääjuurakon lahoamista (Kuva 14a) ja nurmen viljely puolestaan lisätä sivuruusukkeiden lahoamista (Kuva 14b). Juuria lahottavilla sienillä ei ollut selvää yhteyttä juurakon lahoamiseen, mikä oli odotettavissakin, sillä lahoa mahdollisesti aiheuttavien sienten määrät olivat yleisesti ottaen suhteellisen vähäiset.

Tuloksista ei siis saatu selvää osoitusta siitä, että esikasvivalinnalla voitaisiin merkittävästi vaikuttaa mansikan sadontuottokykyyn. Vaikka esikasvit loivatkin eroja maan toiminnan kannalta oleellisiin ominaisuuksiin, oli pellon biologinen toiminta kohtuullisen hyvällä tasolla jo lähtökohtaisesti. Esim. maan eloperäisen aineksen määrä (maan ”puskurikyky”) oli riittävä, juuria syöviä ankeroisia esiintyi kohtuullisen vähän, samoin juurilahoja aiheuttavia sieniä, pellon sienijuurikanta oli riittävä ja peltolieroja esiintyi keskinkertaisesti. Hyvä lähtötilanne saattaakin olla osasyynä sille, ettei kasvilajien välillä havaittu eroja niiden esikasviarvossa mansikalle. Tilanne voisi olla toinen, jos koealue olisi perustettu pitkään mansikan viljelyssä olleelle pellolle, jossa olisi maasta johtuvia ongelmia. Kuusi vuotta kestänyt jatkuva mansikan viljely oli liian lyhyt aiheuttamaan merkittävää maan biologisen kunnan heikkenemistä, kun kasvukunto oli lähtökohtaisesti hyvä. Tästä syystä ei tutkimuksen perusteella voida myöskään päätellä, että esikasvin merkitys mansikan viljelykierrossa olisi välttämättä vähäinen.



Kuva 13. Esikasvin vaikutus mansikan vegetatiiviseen kasvuun (lehvästön painoon) (a) laskennalliseen kokonaissatoon (b). Samalla kirjaimella merkityt pylväät eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$).



Kuva 14. Joidenkin esikasvien vaikutus mansikan juurakoiden kuntoon mitattuna pääjuurakon lahoamisasteena (a) ja lahojen sivujuurakoiden osuutena (b). Kuvan (a) pylvääät ovat mediaaneja (+kvartiilipoikkeama) ja kuvan (b) keskiarvoja (+keskihajonta).

5. YHTEENVETO

Hvnoteesi 1

Oletus: Maan kasvukuntoon liittyviä biologisia toimintoja aktivoivilla esikasveilla on myös mansikan kasvua ja satoisuutta parantava vaikutus.

Vastaus: Vaikka esikasveilla saatiin luotua selviä eroja maan biologisiin ominaisuuksiin ja osa muutoksista säilyi suhteellisen pitkäänkin, ei esikasvivalinnalla ollut vaikutusta mansikan kasvuun tai sadontuottokykyyn. Kaiken kaikkiaan yhteys maan biologisten toimintojen ja viljelykasvin välillä on vaikea todistaa, eikä kokeen perusteella saatu hypoteesille merkittävästi tukea. Koska tutkimus tehtiin vain yhdellä pellolla ja koealueella, on oltava varovainen johtopäätöksissä toiseen suuntaan. Vaikka mansikan kasvua ei kyseisellä koealueella pystytty parantamaan esikasvivalinnalla, saattaa vaikutus toisissa olosuhteissa olla merkittäväkin (esim. lähtökohtaisesti heikkokuntoisessa pellossa).

Esikasvien vaikutus maan biologisiin toimintoihin

Tulosten perusteella väilviljelykasvin viljelyllä maan orgaanisen aineksen määrään voidaan vaikuttaa melko hitaasti. Tämä johtunee osaksi siitä, että nykyisillä viljelymenetelmillä peltoon jäävä kasvinjätteiden määrä on suhteellisen vähäinen. Toisaalta viljelykasveista syntyvä eloperäinen aines hajoaa suhteellisen nopeasti eikä merkittävästi lisää maan eloperäisen aineksen määrää. Vaikka esikasveilla ei merkittävää vaikutusta maan eloperäisen aineksen määrään voitukaan havaita, oli niillä vaikutusta suurimpaan osaan mitatuista maan biologisista ominaisuuksista.

Esikasvivaiheen lopussa (2001) saatujen tulosten perusteella kuminan viljelyllä oli suotuisampi vaikutus maan biologisiin ominaisuuksiin kuin muilla esikasveilla. Kuminan viljely lisäsi mikrobibiomassaa, kaste- ja peltolieroja, paransi sienijuuren toimivuutta ja piti juuria vioittavien ankeroiden määrän alhaisena. Rypsin ja hunajakukan viljely loi jossain määrin peltolierolle otolliset olosuhteet ja piti kurissa *Pratylenchus* -suvun ankeroisia, mutta sienijuurettomina nämä kasvit heikensivät sienijuurisymbioosin toimivuutta (tästä ei tosin ollut haittaa seuraavalle mansikkakasvustolle). Sipulin viljely vaikutti selvimmin pellon mikrobistoon (mikrobibiomassa ja Phoma-sienet vähenivät, Fusarium -sienet lisääntyivät). Sipuli vähensi myös juuria syöviä ankeroisia ja kastelieroja. Nurmen viljelyllä puolestaan oli huomattava *Pratylenchus* -suvun ankeroisia lisäävä vaikutus, mikä saattaa muodostaa riskin seuraavan kasvin viljelylle.

Nyt saatujen tulosten perusteella (2004) esikasvien vaikutus joihinkin maan biologisiin tekijöihin säilyi suhteellisen pitkään. Sipulin viljelyn mikrobibiomassaa vähentävä vaikutus näkyi edelleen kolme vuotta sipulin viljelyn lopettamisen jälkeen. Nurmen ankeroisia (*Pratylenchus* spp) suosiva vaikutus näytti säilyvän, joskin heikentyen. Rypsillä, sipulilla, tattarilla ja hunajakukalla puolestaan oli juuria syöviä ankeroisia kurissa pitävä vaikutus. Toisaalta taas esikasvien vaikutus sienijuuren toimivuuteen tai sienijuuri-itiöiden määrään ei säilynyt kovin pitkään. Myös siinä tapauksessa, että esikasvi ei muodostanut lainkaan sienijuurisymbioosia, pellon sienijuuri palautui suhteellisen nopeasti, kun viljelykasviksi vaihdettiin sienijuuririippuvainen kasvilaji. Joillakin esikasveilla oli vasta viljelyn lopettamisen jälkeen esiin tulevia jälkivaikutuksia. Vaikutukset kohdistuivat erityisesti pellon lierokantaan, joka reagoi muutoksiin hitaammin kuin useimmat muut mitatut

ominaisuudet. Esim. nurmen viljely suosi eniten peltolieroja vasta viljelyn lopettamisen jälkeen (ilmeisesti nurmikasvuston maahan kyntämisen ansiosta).

Hypoteesi 2

Oletus: Turpeen käyttö maanparannusaineena parantaa mansikan kasvua ja satoisuutta sekä aktivoi biologisia toimintoja maassa.

Vastaus: Turve nosti maan orgaanisen aineksen pitoisuutta ja vaikutti joihinkin maan biologisiin toimintoihin: peltolierot lisääntyivät, pellon luontaisten sienten määrä väheni, mykorrhizasientien toiminta heikkeni, ankerosten määrä lisääntyi. Tämä kertoo siitä, että turpeen orgaaninen aines lisää lähinnä maan humusvarantoa ja muuttaa jonkin verran pellon eliöyhteisöä estäen joidenkin mikrobiryhmien toimintaa, mutta parantaen joidenkin maaperäeläinten elinmahdollisuuksia. Turpeella ei kuitenkaan pystytty parantamaan mansikan satoisuutta tässä kokeessa. Edelleen on varottava tekemästä laajempia johtopäätöksiä, sillä maan orgaanisen aineksen määrä oli koealueella jo lähtökohtaisesti hyvällä tasolla. Se, että mansikan satoisuutta ei pystytty parantamaan runsasmultaisella hiesumaalla, ei sulje pois sitä, etteikö turpeella olisi vaikutusta mansikkasatoihin vähämultaisella alueella.

Turpeen vaikutus maan biologisiin toimintoihin.

Vaikka turpeen käytöllä pystyttiin lisäämään maan orgaanisen aineksen määrää, ei sillä ollut merkittävää vaikutusta maan mikrobibiomassaan. Tämä antaa viitteitä siitä, että turve ei merkittävästi paranna hajotustoiminnan edellytyksiä maassa. Käytetty maanparannusturve oli suhteellisen pitkälle maatumutta eloperäistä ainesta eikä sen biologisesti aktiivinen osa ole ilmeisesti kovin merkittävä. Turvetta käytetäänkin yleisesti maan fysikaalisten ominaisuuksien, kuten vedenpidätyskyvyn ja ilmavuuden, parantamiseksi. Tulokset eivät kuitenkaan viittaa siihen, että turpeella olisi ollut koealueella vaikutusta maan hajotustoimintaan kumpaakaan kautta.

Toisaalta kuitenkin turve lisäsi merkittävästi peltolierojen määrää ja jonkin verran myös ankeroisia. Lierot ovat osa pellon hajottajaeliöyhteisöä ja ravintonsa suhteen riippuvaisia joko suoraan tai epäsuorasti kasvinjätteistä. Peltoliero käyttää ravintonaan maahan sekoittunutta orgaanista ainesta, kuten kasvinjätteitä, sieniä ja alkueläimiä. Kasteliero, kuten myös onkiliero, puolestaan etsii aktiivisesti maan pintaan tulevaa kasvinjätettä. Vastaavasti kuin mikrobeihin, turpeen vaikutus peltolieroihin saattaa tulla joko suorasti esim. ravinnon lisääntymisen kautta tai epäsuorasti vaikkapa maan fysikaalisten ominaisuuksien kautta. Ankeroiset voivat käyttää ravintonaan sieniä, bakteereja, kasvimateriaalia (kuollutta/elävää) tai muita pieniä maaperäeläimiä. Tässä tapauksessa ei tutkittu pellon ankeroisyyhteisön koostumusta muutoin kuin erottelemalla juuria selvästi vioittavat *Pratylenchus* -suvun ankeroiset. Todennäköisesti turpeen ankeroisia suosiva vaikutus tulee epäsuorasti esim. maan parantuneen vedenpidätyskyvyn kautta.

Joissain tapauksissa turpeen käyttö paransi sienijuuren toimintaa. Sienijuuren osalta saatiin kuitenkin myös negatiivisia vaikutuksia: turve heikensi sienijuuren toimivuutta sienijuuririippuvaisten kasvien viljelyssä. Turve myös vähensi hieman sienijuuri-itiöiden määrää maassa. Syytä turpeen epäedulliseen vaikutukseen ei tunneta, mutta on todennäköistä että turve haittaa sienijuurisymbioosin toimintaa. Turve näytti vähentävän myös sienten kokonaismäärää ja joidenkin juuria lahottavien sienten määrää.

Hypoteesi 3

Oletus: Välikasvi yksin ei riitä mansikkamaan kasvukunnon ylläpitämiseksi tai parantamiseksi, vaan siihen tarvitaan myös orgaanisen aineksen lisäystä esim. maanparannusturpeen muodossa.

Vastaus: Viljelykasvivalinnalla pystyttiin vaikuttamaan merkittävästi lähes kaikkiin mitattuihin maan biologisiin ominaisuuksiin (mikrobibiomassa, lierot, ankeroiset, sienijuuri). Turpeen käytöstä oli etua lähinnä peltolierokannan vahvistamisessa ja joidenkin juurilahoon yhdistettyjen sienten vähentämisessä. Viljelykasvin kannalta sen enempää esikasvivalinnalla kuin maanparannuksellakaan ei ollut merkitystä. Hypoteesille ei siis tästä runsasmultaisella hiesumaalla toteutetusta kokeesta saatu tukea.

Maan kasvukunto vai maan laatu?

Tutkimuksessa oletettiin, että maan kasvukunnossa tapahtuvat muutokset tulisivat näkyä viljelykasvin kasvussa. Näin ollen tulosten perusteella voidaan päätellä, että pellon kasvukuntoon ei pystytty vaikuttamaan sen enempää maanparannusturpeen käytöllä kuin esikasvin viljelylläkään. Kuten aiemmin jo todettiin, tähän on voinut vaikuttaa se, että pellon kasvukunto oli jo lähtökohtaisesti hyvällä tasolla. Biologisten tekijöiden merkitystä pelto- ja puutarhaviljelyssä ei kuitenkaan tunneta kovin hyvin. Toistaiseksi ei ole yleisesti käytettyjä biologisia mittareita, joilla pellon kasvukuntoa voidaan mitata. Luonnollisesti ei myöskään ole määritelty ohjevoja, joiden perusteella voitaisiin arvioida onko pellon kasvukunto biologisten ominaisuuksien suhteen hyvä vai huono.

Toisaalta voidaan kyseenalaistaa se, tulisiko pellon maanhoidollisena tavoitteena olla pelkästään viljelykasvin hyvä kasvu. Hiljattain onkin maan viljavuus- tai kasvukuntokäsitettä pyritty laajentamaan niin, että se kattaisi myös maan käytön kestävyuden periaatteen. Käytännössä siis tavoitteena olisi hoitaa peltomaata paitsi niin, että viljelykasvin sadontuottokyky säilyy hyvänä, myös niin, että maan oleelliset toiminnot (kasvinjätteiden hajotus, ravinteiden kierrätys yms.) pysyisivät yllä ja viljelystä koituisi mahdollisimman vähän ympäristökuormitusta. Hyvälaatuisen maan pitäisi pystyä tuottamaan hyviä satoja aiheuttamatta esim. ravinteiden huuhtoutumista tai kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymistä. Maan laadun mittaamiseksi tulisi valita mittareita kaikilta sen kolmelta osialueelta: kemiallinen, fysikaalinen ja biologinen. Tässä tutkimuksessa käytetyt mittarit edustivat yleisesti käytettyjä kemiallisia mittareita sekä biologisia mittareita, joille ei vielä käyttösuositusta ole. Biologiset mittarit pyrittiin kuitenkin valitsemaan niin, että ne kuvaavat maan oleellisia ominaisuuksia ja toimintoja. Tältä kannalta tarkasteltuna voidaan päätellä, että esikasveilla ja turpeen käytöllä saatiin aikaan muutoksia maan laadun biologisessa osialueessa. Muutokset eivät kuitenkaan olleet niin merkittäviä, että ne olisivat näkyneet mansikan kasvussa.

6. TAVOITTEIDEN TOTEUTUMINEN

6.1. Tulostavoitteet

Tulosten perusteella runsasmultaisessa hiesupellossa, jossa ei aiemmin ole viljelty mansikkaa, ei maanparannusturpeen käytöllä tai esikasvivalinnalla saavuteta satohyötyjä mansikalla. Näin ollen tutkimuksen perusteella ei myöskään voida luoda viljelijöille käyttökelpoisia suosituksia viljelykierron järjestämiseksi tai maanparannusaineiden käytön suhteen. Toisaalta tutkimuksessa kävi ilmi, että esikasveilla pystytään vaikuttamaan huomattavastikin maan biologisiin ominaisuuksiin. Voidaan siis sanoa, että tutkimus onnistui tavoitteessaan tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää maaperän hoidossa ekologisesti kestäväällä pohjalla olevassa puutarhaviljelyssä. Tulokset muodostavat tutkimuksellisessa mielessä arvokkaan kokonaisuuden ja tuovat uutta tietoa huonosti tunnetusta maan biologisen laadun merkityksestä peltoviljelyssä (ks. alla).

Tutkimuksesta saatiin arvokasta tietoa siitä, mihin maan biologisiin ominaisuuksiin esikasvivalinnalla voidaan vaikuttaa. Maan eloperäisen aineksen kokonaismäärässä tapahtuvat muutokset ovat hitaita eikä eri kasvilajien viljelyllä tavanomaisia viljelymenetelmiä noudattaen välttämättä saada merkittävää muutosta aikaan kolmen vuoden aikana. Kuitenkin merkittäviä muutoksia maan eliömäärissä ja toiminnoissa voidaan saada aikaan samassa ajassa. Esim. maan mikrobimäärä on eloperäisen aineksen kokonaismäärää herkempi mittari orgaanisessa aineksessa tapahtuvien muutosten havaitsemisessa. Muutokset voivat tulla sekä maahan jäävän kasvinjätteen laadun että käytettyjen viljelymenetelmien kautta (kyntötiheys, torjunta-aineiden käyttö ym.). Tulokset siis vahvistavat käsitystä, että biologiset tekijät ovat herkempiä mittareita maassa tapahtuvien muutosten kuvaamiseksi kuin orgaanisen aineksen määrä. Maanparannusaineiden ja kasvinjätteiden laadulla onkin ilmeisesti merkittävä rooli maan biologisten toimintojen kannalta.

Tutkimuksen perusteella voidaan nostaa esille potentiaalisia maata parantavia kasveja, joita tulisi tutkia tarkemmin. Kuminan viljely vaikutti useimpiin maan biologisiin tekijöihin positiivisesti. Vastoin yleistä käsitystä heinänurmen viljely ei merkittävästi parantanut maan toimintoja ja itse asiassa se nosti juuria syövien ankerointien määrän haitalliselle tasolle. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää myös arvioitaessa biologisten tekijöiden merkitystä viljelymaassa ja kartoitettaessa biologisten muuttujien vaihtelua suomalaisissa pelloissa.

6.2. Tulosten julkaisu

Mansikan esikasvi- ja maanparannuskokeesta kesällä 2004 kerätystä liero- ja mikrobiaineistosta on valmisteilla käsikirjoitus kansainväliseen asiantuntijatarkastettuun julkaisusarjaan. Lisäksi koealueelta pidemmällä aikavälillä kerätystä aineistosta on valmisteilla kaksi kansainvälistä tieteellistä julkaisua ja yksi kotimainen julkaisu (MTT:n julkaisusarja Maa- ja elintarviketalous). Lisäksi tutkimustuloksia on tarjottu esitettäväksi MTT:n asiakaslehteen (Koelypsy). Alla olevassa taulukossa on tutkimussuunnitelmassa esitettyjen julkaisujen tämänhetkinen vaihe.

Kirjoituksen työnimi	Julkaisija	Selvitys
Esikasvilla ja turpeen lisäyksellä voidaan parantaa mansikkamaan kasvukuntoa	Koetoiminta ja käytäntö	Ei toteutunut
Mansikan viljelykierto satoisuuden varmentajana	Puutarha ja kauppa	Ei toteutunut
Esikasvin ja turpeenlisäyksen merkitys mansikan kasvun ja satoisuuden parantajana sekä maan kasvukunnon ylläpitäjänä	Maa- ja elintarviketalous	Kirjoitusvaihe, valmistuu syksyllä 2005
Occurrence of root lesion nematodes in preceding crops to strawberry and their impact on subsequent strawberry development.	Applied Soil Ecology	Käsikirjoitus valmistuu loppuvuonna 2005
Optimisation of soil qualities for strawberry growth and yield through preceding crop and peat amendment	Biology and Fertility of Soil	Käsikirjoitus valmistuu loppuvuonna 2005
Lisäksi (ei suunnitelmassa): Cropping history and organic amendment induced changes in field earthworm abundance and microbial biomass	Soil Biology Biochemistry	Käsikirjoitus & lähes valmis

6.3. Kustannukset

Säätiö myönsi hankkeelle rahoitusta 12 000 euroa. Raha käytettiin MTT:ssa palkkoihin, analyysseihin ja matkoihin seuraavasti:

Laukaan tutkimus- ja valiotaimiasema	8216 €
Maaperä ja ympäristö	985 €
Kasvinsuojelu	1914 €

7. KIRJALLISUUS

KUKKONEN, S., PALOJÄRVI, A., RÄKKÖLÄINEN, M., VESTBERG, M. 2004. Peat amendment and production of different crop plants affect earthworm populations in field soil. *Soil biology & biochemistry* 36: 415-423.

KUKKONEN, S., UOSUKAINEN, M. 2000. Mansikan viljelyn ongelmakohdat kartoitettu. Vuosikirja - Maatalouden tutkimuskeskus (MTT) puutarhatuotanto 1997-1999: 17-18.

KUKKONEN, S., VESALO, S. 2000. Indication of soil degradation in strawberry fields: disappearance of earthworms. Teoksessa: Elmholt, S., Stenberg, B., Grönlund, Nuutinen, V. (toim.). Proceedings from NJF seminarium 310 : Ås, April 10-12 2000. Dias report no. 38, Plant Production. Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Agricultural Sciences. p. 99-108.

KUKKONEN, S., VESTBERG, M. 2002. Miten lierot liittyvät kasvukuntoon? Puutarha & kauppa 6, 19 plus: 8-9.

VEPSÄLÄINEN, M., ERKOMAA, K., KUKKONEN, S., VESTBERG, M., WALLENIUS, K., NIEMI, R.M. 2004. The impact of crop plant cultivation and peat amendment on soil microbial activity and structure. *Plant and soil* 264: 273-286.

VESTBERG, M., HURME, T., SAARI, K., KUKKONEN, S. 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. *Mycorrhiza* 15: x-x. Painossa. Julkaistu on-line versiona.

VESTBERG, M., KUKKONEN, S., PALOJÄRVI, A. 2002. Maan kasvukuntoa on vaikea mitata. Puutarha & kauppa 6, 19 plus: 6-7.

VESTBERG, M., KUKKONEN, S., UOSUKAINEN, M. 2004. Eliöstön merkitys kasvualustalle ja kasvien kasvulle. Teoksessa: Jenni Sirvio (toim.). Viheralueiden kasvualustat. Viherympäristöliiton julkaisu 31: p. 46-54.