

Biofumikaatio jäävuorisalaatin viljelykierrossa – menetelmän mahdollisuudet ja heikkoudet pakkahomeen torjunnassa

Sari Iivonen ¹⁾, Pirjo Kivijärvi ²⁾ ja Hanna Avikainen ¹⁾

¹⁾ Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli, sari.iivonen@helsinki.fi, hanna.h.avikainen@helsinki.fi

²⁾ MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, pirjo.kivijarvi@mtt.fi

Biofumikaatiolla tarkoitetaan ristikukkaiskasveissa esiintyvien puolustusyhdisteiden, glukosinolaattien, hyödyntämistä maalevintäisten kasvitautien ja rikkakasvien torjunnassa. Käytännössä se tarkoittaa glukosinolaatteja sisältävän kasvimassan sekoittamista peltomaahan, jolloin näiden kaasuntuovilla hajoamistuotteilla on maata desinfioiva vaikutus. Kaasuuntuvia ja myrkyllisiä hajoamistuotteita syntyy biomassan murskauksen jälkeen kasvin oman entsyymitoiminnan tuloksena. Torjunta-aineisiin verrattuna biofumikaation etuina ovat viherlannoitus- ja maanparannusvaikutus, ja eläville organismeille haitallisten kaasuntuovien yhdisteiden nopea häviäminen maasta. Haasteena on löytää vihannestilojen viljelykiertoon ja ilmasto-oloihimme soveltuvat biofumikaatiokasvilajit, joilla voidaan kustannustehokkaasti vähentää maalevintäisten kasvitautien vihanneskasveille aiheuttamia satotappioita.

Toteutimme keväällä 2010 kokeen kasvihuoneessa, jossa testattiin kasvualustaan seostetun, murskatun sinappikasvuston vaikutusta pakkahomeen pakkajien elinvoimaisuuteen. Käytössä olleet pakkahomeen puhasviljelykannat oli eristetty eteläsavolaisilta vihannestiloilta edellisestä kesästä ja niitä oli ylläpidetty laboratorio-oloissa. Kokeessa testasimme biofumikaatioon jalostettujen sinappien, Caliente 119 ja 199 (C119 ja C199) sekä Sinapis alba 'Architect' (SA) vaikutusta pakkahomeen (*Schlerotinia schlerotiorum*) pakkajien elinvoimaisuuteen pitoisuuksilla 1% ja 5%. Biofumikaatiokasveilla ja kasvualustaan murskatun kasvuston määrällä oli merkittävää vaikutusta pakkahomeen rihmastopakkajien elinvoimaisuuteen. C119 ja C199 vähensivät pakkahomeen elinvoimaisuutta verrattuna kontrolli- ja SA -käsittelyyn. Tulosten perusteella näytti siltä, että sinapeilla on kasvihuoneoloissa negatiivista vaikutusta pakkahomeen pakkajien elinvoimaisuuteen ja siitä syystä menetelmän tehoa haluttiin testata kenttäolosuhteissa.

Kesällä 2010 ja 2011 toteutettiin Etelä-Savossa kaksi kenttäkoetta, joilla pyrimme selvittämään biofumikaation toteutusta käytännön tiloilla, biofumikaation tehoa pakkahomeen torjunnassa ja menetelmän käytön vaikutusta jäävuorisalaatin alkukehitykseen ja satotasoon. Biofumikaatiokasveina oli C119, C199, kevätkylvöinen rehuöljyretikan ja sinappien siemenseos. Myös biohajoavan katteen käytön vaikutusta biofumikaatiokäsittelyn vaikutuksiin testattiin. Biofumikaatiokäsittelyssä käytetyillä kasvilajeilla tai katteella ei ollut vaikutusta *S. sclerotiorum* elinvoimaisuuteen pelto-oloissa. Biofumikaatiokasveilla ja varoajan pituudella oli vaikutusta jäävuorisalaatin alkukehitykseen. Koska biofumikaatiokasvien hajotessa muodostuvat kaasut ovat haitallisia jäävuorisalaatille, on käsittelyn jälkeen pidettävä vähintään 14 vuorokauden varoaika ennen salaatin istutusta. Biofumikaatiolla ei ollut positiivista eikä negatiivista vaikutusta jäävuorisalaatin satotasoon silloin kun varoaika oli 14 vrk. Syitä teho vaikutuksen puuttumiseen kenttäkokeessa pohditaan artikkelissa.

Asiasanat: biofumikaatio, pakkahome, *Schlerotinia schlerotiorum*, jäävuorisalaatti

Johdanto

Maan desinfiointiin tarkoitettujen synteettisten torjunta-aineiden, kuten metyylibromidin käytön kiellon vuoksi biofumikaatiotutkimus on lisääntynyt viime vuosina eri puolilla maailmaa. Suomessa maan desinfiointiin ei ole ollut käytössä yhtään hyväksyttyä kemikaalia 1970-luvun jälkeen, jolloin metyylibromidin käyttö kiellettiin. Kasveissa luontaisesti esiintyviä puolustusyhdisteisiin lukeutuvia glukosinolaatteja on mahdollista hyödyntää maalevintäisten kasvipatogeenien torjunnassa biofumikaation eli luonnonmukaisen maan desinfiointin avulla. Käytännössä biofumikaatiolla tarkoitetaan biofumikaatiokäyttöön jalostetun ristikkukkasvein biomassan sekoittamista kasvualustaan. Biofumikaatiokasveja voidaan käyttää viljelykierrossa, viherkesantona tai muualta tuotua kasvijätettä, siemenpuristetta tai kuivattua ja pelletoitua kasvipuristetta voidaan levittää pelloille. Torjunta-aineisiin verrattuna biofumikaation etuina on viherlannoitus- ja maanparannusvaikutus ja eläville organismeille haitallisten kaasuntuvien yhdisteiden nopea häviäminen maasta.

Biofumikaation maata desinfiointiva vaikutus perustuu ristikkukkasveissa luontaisesti esiintyvien glukosinolaattien herkästi kaasuuntuviin hajoamistuotteisiin. Kasvien puolustuskemikaaleina pidetyt glukosinolaatit ovat myrkyttömiä yhdisteitä, mutta niiden hajoaminen entsyymaattisesti tai mikrobihajotuksen avulla vapauttaa yhdisteitä, jotka ovat suurina pitoisuuksina esiintyessään eläville organismeille myrkyllisiä. Pieniä määriä yhdisteitä voi erittyä myös ristikkukkasvein kasvussa olevista juurista maahan (Choesin & Boerner 1991). Ristikkukkasveista sinapilla on mitattu korkeita glukosinolaattipitoisuuksia ja entsyymaattisessa hajotuksessa syntyviä isotiosyanaattipitoisuuksia, minkä takia sitä on kaupallisesti jalostettu biofumikaatiokasviksi, jota on mahdollista hyödyntää kasvualustojen desinfiointissa luonnonmukaisessa ja tavanomaisessa kasvintuotannossa. Glukosinolaatteja on kaikissa ristikkukkasvein kasvinosissa, mutta niiden molekyyliarakenteessa on eroja ja pitoisuudet vaihtelevat kasvista, kasvinosasta, kasvin kehitysvaiheesta ja kasvuolosuhteista riippuen (Sarwar & Kirkegaard 1998). Glukosinolaatin molekyyliarakenteesta ja hajoamisen aikana vallitsevista olosuhteista (mm. maan pH ja kosteus) riippuen syntyneiden kaasujen kemiallinen rakenne vaihtelee. Tällä voi olla vaikutusta biofumikaation tehoon, sillä eri kaasujen torjuntavaikutus kasvipatogeeniin vaihtelee (Matthiessen & Kirkegaard 2006). Käytännön soveltamisen kannalta on olennaista etsiä torjuttavaan taudinaiheuttajaan tehoava biofumikaatiokasvi ja testata sen tehoa kenttäoloissa.

Pahkahome (*Sclerotinia* spp.) on yksi merkittävimpiä satotappioita aiheuttavia taudinaiheuttajia eteläsvolalaisilla jäävuorisalaattipelloilla ja keinoja pahkahomeen aiheuttamien satotappioiden vähentämiseen on aktiivisesti lähdetty etsimään. Biofumikaatiokäsittelyllä on todettu olevan pahkahometta heikentävä vaikutus maljatestauksissa (Manici ym. 1997, Fan ym. 2008) ja kenttäkokeessa yhdistettynä katteen käyttöön (Daugovich ym. 2004). Biofumikaatio voi vaikuttaa myös heikentävästä viljeltävän kasvin kasvuun ja kehitykseen, mikäli varoaika käsittelyn ja viljelyn välillä on liian lyhyt. Myrkytysoireet voivat näkyä kasvien heikkona kasvuna ja vaaleana värinä (Oleszek 1987). Tämän takia on tunnettava varoajan pituudelle asetettava vähimmäisaika biofumikaatiokasvuston murskauksen ja salaatin taimien istutuksen välillä. Itse satokasvin satotasoon biofumikaatiokäsittelyllä on todettu oleva satotasoa nostavaa vaikutusta mm. perunalla ja sellerillä (Sexton ym. 2007, Daugovich ym. 2004).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

1. Onko biofumikaatiokäsittelyllä vaikutusta eteläsvolalaisilta salaattipelloilta eristettyjen pahkahomeen (*Sclerotinia sclerotiorum*) rihmastopahkojen elinvoimaisuuteen?
2. Mikä on riittävä varoajan pituus biofumikaatiokäsittelyn ja jäävuorisalaatin istutuksen välillä?
3. Vaikuttaako kasvukauden alussa toteutettu biofumikaatiokäsittely jäävuorisalaatin satotasoon?

Aineisto ja menetelmät

Astiakokeet pahkahomeella

Toteutimme keväällä 2010 kokeen kasvihuoneessa, jossa testattiin kasvualustaan seostetun murskatun sinappikasvuston vaikutusta pahkahomeen (*Sclerotinia sclerotiorum*) rihmastopahkojen elinvoimaisuuteen. Käytössä olleet pahkahomeen puhdasviljelykannat oli eristetty eteläsvolalaisilta vihannestiloilta edellisenä kesänä ja niitä oli ylläpidetty laboratorio-oloissa. Kokeessa testasimme biofumikaatioon jalostettujen sinappien, Caliente 119 (C119, Plant Solutions, Iso-Britannia), Caliente 199 (C199) ja *Sinapis alba* 'Architect' (SA, Agortus, Ruotsi) vaikutusta pahkahomeen pahkoihin. Sinapit kasvatettiin kasvihuoneessa kasvuturvealustalla (lannoitus Kekkilän Kukka-Superex (N11, P3, K26, S3) ja niiden maanpäällinen biomassa hienonnettiin kukinnan ollessa puolivälissä. Tasakokoisia pahkoja (Ø 2 mm) laitettiin 10 kpl verkkopussiin ja pahkat haudattiin noin 10 cm:n syvyyteen ruukkuun, jossa oli kasvuturvealustaan seostettu sinappimurske. Jokaisessa

käsittelyssä oli kuusi 2,5 litran muoviruukkuja, joita pidettiin kokeen aikana kasvihuoneessa. Pahkapussit otettiin ruukuista 4 viikon kuluttua kokeen aloituksesta, pintasteriloitiin 1,5 min. 2% NaOCl –liuoksessa (natrium hypokloriitti) ja 1,5 min 96 %:n alkoholissa ja huuhdeltiin kolmessa steriilissä vedessä. Lyhyen kuivahtamisen jälkeen pahkat maljattiin PDA- streptomysiinimaljoille, yksi pahka maljaa kohti. Pahkoista kasvavan sienirihmaston halkaisija mitattiin 4, 6, 8 ja 11 vuorokauden kuluttua maljauksesta.

Varoajan testaus

C119, C199 ja SA- sinappia kasvatettiin kasvihuoneessa ja lannoitettiin kuten astiakokeiden kasvustoja. Kukkimisen alkuvaiheessa sinappikasvustoa murskattiin ja seostettiin sinappikasvuston kasvualustaan siten, että sinapin osuudeksi tuli 1 tai 5% maan kuiva-aineesta (kp/kp). Kasvualustan kosteus säädettiin 60-70 paino-%:iin. Kasvualustaa jaettiin kuuteen 2,5 litran muoviruukkuun /käsittely ja jäävuorisalaatin taimet (Brenson) istutettiin ruukkuihin 3, 7 ja 14 vuorokauden kuluttua biofumikaatiokasvin kasvualustaan seostamisen jälkeen. Kastelu pyrittiin hoitamaan samalla tavoin eri käsittelyissä ja salaatin taimia lannoitettiin Kekkilän kastelulannoitteella (N17,P4,K25). Kolme viikkoa kestävän kasvatuseurannan jälkeen kerä punnittiin ja sen kuivapaino määritettiin. Juuriston kunto arvioitiin silmämääräisesti.

Kenttäkokeet

Biofumikaation vaikutusta avomaolosuhteissa tutkittiin kahdessa kenttäkokeessa. Vuonna 2010 koe toteutettiin käytännön tilalla lohkolla, jossa ongelmana oli pahkahome. Vuonna 2011 koe perustettiin MTT Mikkelin toimipisteen koekentälle. Molemmissa kokeissa koejärjestelyinä oli satunnaistettujen lohkojen koe neljällä toistolla. Biofumikaatiokasveiksi vuonna 2010 kylvettiin C119-, C199- ja SA-sinappi. Vuonna 2011 kylvettiin C119-sinappi ja kevätmix- seos, joka on sinapin ja öljyretikan seos. Käytetyt siemenmäärät olivat: C119 15 kg/ha, C199 12 kg/ha, SA 20 kg/ha ja kevätmix 15 kg/ha. Verranteina molempina koevuosina olivat italianraiheinä, jota kylvettiin 30 kg/ha ja kylvämätön ruutu. Ennen kylvöä koealueet lannoitettiin Puutarhan Y2-lannoksella (600 kg/ha) ja peltokalkkisalpietarilla (300 kg/ha). Kokeet kylvettiin 17.5. Öljykasveilta torjuttii kirppoja ruiskutuksin molempina koevuosina.

Kasvustot murskattiin ja muokattiin maahan jyrsimellä 15 cm:n syvyiseen pintakerrokseen siinä vaiheessa kun sinappikasvustojen kukinta oli alkamassa eli vuonna 2010 kuuden viikon päästä kylvöstä ja vuonna 2011 seitsemän viikon päästä kylvöstä. Koealueita sadetettiin reilu 20 mm heti muokkauksen jälkeen. Vuonna 2011 osa ruuduista peitettiin biohajoavalla kalvolla heti kasvuston muokkauksen ja sadetuksen jälkeen. Ennen kasvuston murskausta otettiin koeruuduittain satonäytteet, joista määritettiin tuore- ja kuiva-ainesato.

Molempina koevuosina koeruuduille istutettiin jäävuorisalaatti kaksi viikkoa kasvuston murskauksen ja muokkauksen jälkeen. Salaatille annettiin vuonna 2010 Puutarhan Y2-lannosta 1000 kg/ha ja vuonna 2011 Aito Viljo- ja patenttikalilannosta siten, että kokonaistypymääräksi tuli 120 kg/ha. Vuonna 2010 salaattit korjattiin 37 vuorokauden kuluttua istutuksesta ja seuraavana vuonna 54 vuorokauden kuluttua istutuksesta. Ruutusato luokiteltiin kaupakelpoisuusluokkiin 300-450 g, 450-600 g ja yli 600 g painavat kerät. Kaupakelvottomiin luokiteltiin alle 300 g:n kerät ja tautien ja tuholaisien vioittamat tai muut vialliset.

Heti murskauksen jälkeen jokaiseen ruutuun haudattiin kaksi nailonverkkopussia (5x5 cm), joissa oli kymmenen PDA-kasvualustalla kasvatettua pahkaa (läpimitaltaan 3-5 mm). Ensimmäiset pahkapussit poistettiin kahden viikon kuluttua ja toiset neljän viikon kuluttua hautaamisesta. Pahkat käsiteltiin kuten astiakokeessa. Pahkahomeen rihmaston kasvua ja uusien pahkojen muodostusta havainnoitiin muutaman päivän välein noin kuukauden ajan.

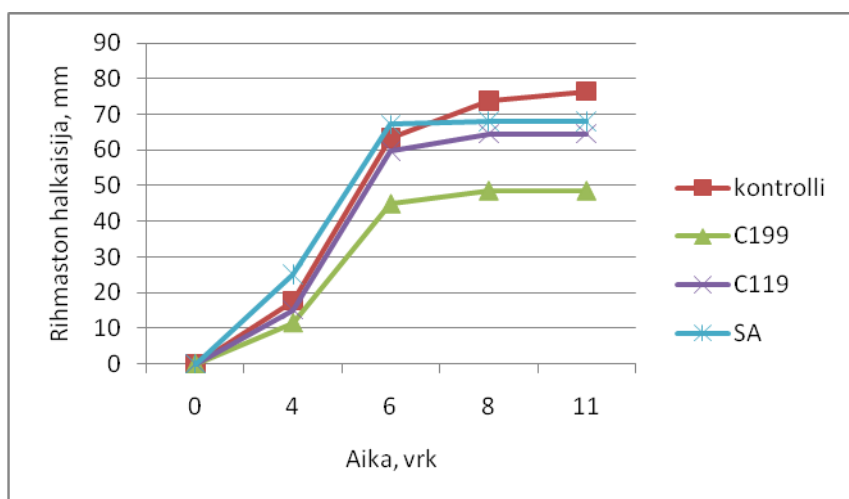
Tilastollinen testaus

Biokumikaatiokasvien ja biomassan määrän tai katteen vaikutusta rihmastopahkoihin astia- ja peltokokeessa testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Varoikakokeessa kaksisuuntaisen varianssianalyysin faktorina oli varoaika ja biofumikaatiokasvi. Parittaisissa vertailuissa käytettiin Tukeyn testiä. Testit tehtiin IBM SPSS 20 ohjelmalla.

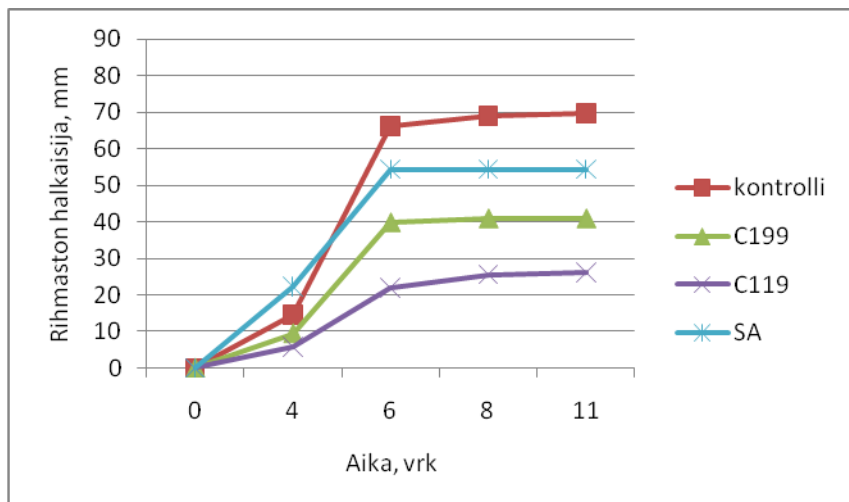
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Biofumikaation vaikutukset pahkahomeeseen

Biofumikaatiokasveilla ($p < 0,001$) ja kasvualustaan murskatun sinappikasvuston määrällä ($p < 0,001$) oli merkitsevää vaikutusta pahkahomeen pahkoista lähteneen rihmaston kasvuun. Sinapeista C119 ja C199 vähensivät pahkahomeen elinvoimaisuutta verrattuna kontrolli- ja SA-käsittelyyn (Kuvat 1-2). 5 %:n pitoisuudessa saatiin paras teho vaikutus C119- sinapilla (Kuva 2). Tulosten perusteella näytti siltä, että sinapeilla on kasvihuoneoloissa negatiivista vaikutusta pahkahomeen pahkojen elinvoimaisuuteen ja niiden teho vaikutuksessa on eroja.



Kuva 1. Pahkahomeen rihmaston kasvu 11 vuorokauden aikana maljalla 4 viikon sinappimurskeelle altistuksen jälkeen 1% :n käsittelyssä.

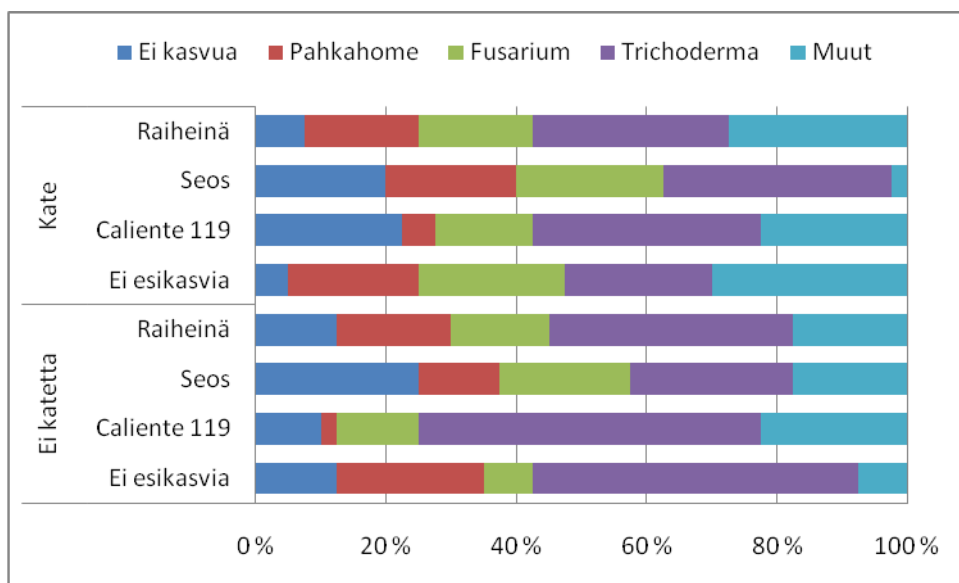


Kuva 2. Pahkahomeen rihmaston kasvu 11 vuorokauden aikana maljalla 4 viikon sinappimurskeelle altistuksen jälkeen 5% :n käsittelyssä.

Vuoden 2010 kenttäkokeiden perusteella biofumikaatiolla C119, C199 ja SA-kasveilla kenttäkokeessa toteutetulla tavalla ja muodostuneilla biomassamäärillä ei ollut merkitsevää vaikutusta pahkahomeen elinvoimaisuuteen. Myöskään vuonna 2011 toteutetun kokeen perusteella biofumikaatiokäsittelyllä tai katteella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta pahkahomeen elinvoimaisuuteen. Syitä merkitsevän teho vaikutuksen puuttumiseen kenttäkokeissa voi olla useita. Yksi mahdollinen syy voi olla se, että kenttäkokeissa saatiin kasvatettua liian vähän biofumikaatiokasvin biomassaa ja biomassaa ei pystytty murskaamaan tarpeeksi hienojakoiseksi. Ohjearvoksi tavoiteltavalle biomassan saannolle yleisesti riittävän biofumikaatio vaikutuksen saavuttamiseksi on kansainvälisten tutkimusten perusteella asetettu 5-6 kg tuoremassaa neliömetrin alalle 20

cm:n syvyyteen maan pintakerrokseen muokattuna (Kirkegaard 2009). Toteuttamissamme kenttäkokeissa tuoremassan saanto oli suurimman biomassan tuottavallakin Caliente 119 sinapilla vain 2,3-3,8 kg m⁻² koevuodesta ja peltolohkosta riippuen. Astiakokeessa vastaava tuoremassa oli 5%:n käsittelyssä noin 3 kg m⁻², mikä riitti teho vaikutuksen aikaansaamiseksi sinappibiomassan tehokkaan sauvasekoittimella toteutetun hienonnuksen jälkeen. Samanlaista hienonnusta ei pystytä toteuttamaan tavallisilla maatalousjyrsimillä. Käytännön kannalta on tärkeää huomioida, että liian heikolla käsittelyllä voi olla jopa pahkahomeen esiintymistä lisäävää vaikutusta (Sexton ym. 2007) varsinkin jos ristikkukaiskasvuston murskausta ei tehdä riittävän varhain kukinnan ollessa käynnissä. Biofumikaation vaikutus voi olla myös niin lyhytaikainen, että käsittelyllä ei pystytä yksinään hillitsemään pahkahomeetta, mikäli olosuhteet muutoin suosivat sientä (Pung ym. 2004). *S. sclerotiorum* muodostamat rihmastopahkat ovat moniin muihin patogeenisieniin verrattuna hyvin kestäviä ja vain harvoilla biofumikaatiokasveilla on osoitettu olevan teho vaikutusta niihin (Smolinska & Horbowicz 1999). Pung ym. (2004) osoittivat, että paljon juuriston kautta isotiosyanaatteja tuottava biofumikaatioon jalostettu rehurapsi (BQ-Mulch) oli tehokas erityisesti *S. minorin* torjunnassa. Manicin ym. (1997) mukaan erityisesti rikkiä sivuketjussaan omaavilla isotiosyanaateilla olisi paras teho vaikutus *Sclerotiniaan*. Smolinska & Horbowicz 1999 osoittivat vain allyyli-isotiosyanaateilla, kuten sinigriinin hajoamistuotteilla olevan *S. sclerotiorum* rihmastopahkoja heikentävää vaikutusta.

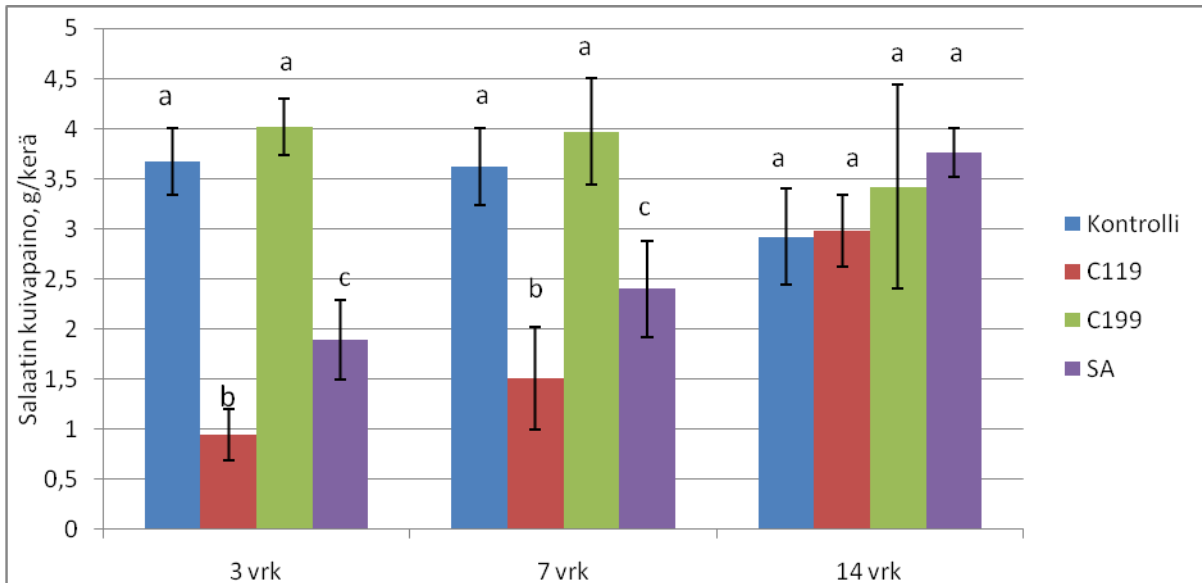
Pintasteriloiduista pahkoista lähti kasvamaan myös runsaasti *Fusariumin*, *Trichoderman* ja muiden, pääasiassa *Mucorin* rihmastoja, mikä viittaa näiden sienien kykyyn 'asuttaa' pahkahomeen rihmastopahkoja ja mahdollisesti kilpailla pahkahomeen kanssa. Tässä tutkimuksessa C119 käsittelyistä pahkoista lähti enemmän *Fusariumin*, *Trichoderman* ja *Mucorin* rihmastoja (yhteenlaskettuna) kuin biofumikaatioseoksella käsitellyistä pahkoista (p= 0,075) (Kuva 3). Biofumikaation teho vaikutus voi osaltaan perustua maan mikrobiston runsaussuhteiden muutokseen ja muiden sienien, kuten *Trichoderma* spp.:n ja *Fusariumin* antagonisivaikutukseen (Zazzeri & Tosi 1985, Galletti ym. 2008).



Kuva 3. Maljojen osuus, joilla pahkahomeen rihmastopahkasta lähti maljalla kasvamaan uusia pahkoja synnyttävää pahkahomeen rihmastoja, *Fusariumin*, *Trichoderman* tai muiden sienien rihmastoja. Ei kasvua tarkoittaa maljoja, joissa pahkoista ei lähtenyt kasvamaan mitään.

Biofumikaation vaikutus jäävuorisalaatin alkukehitykseen ja satotasoon

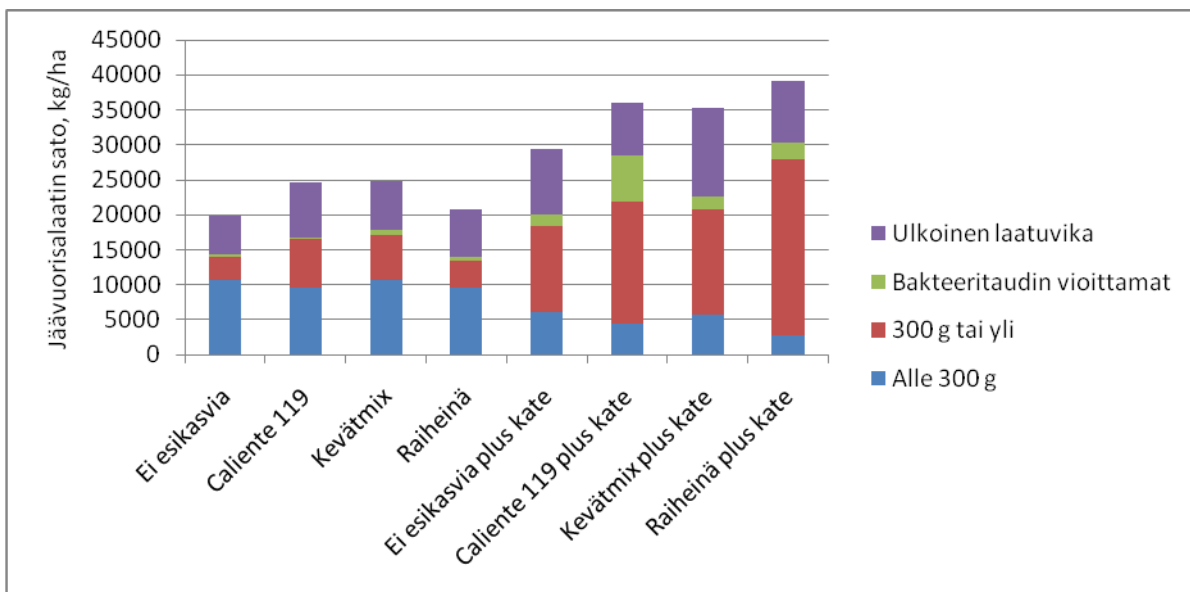
Biofumikaatiokasveilla (p<0,001) ja varoajan pituudella (p<0,001) oli tilastollisesti merkitsevää vaikutusta jäävuorisalaatin alkukehitykseen. Myös yhdysvaikutus biofumikaatiokasvin ja varoajan välillä oli merkitsevä (p<0,001). 3-7 vuorokauden varoajan jälkeen istutettaessa C119 ja SA hidastivat merkitsevästi salaatin kasvua. Tämä näkyi selvästi myös heikkona juuriston kasvuna. C119 –biofumikaatiokasvilla ei ollut vaikutusta taimien alkukehitykseen. (Kuva 4.) Koska biofumikaatiokasvien hajotessa muodostuvat kaasut ovat haitallisia jäävuorisalaatille, on käsittelyn jälkeen pidettävä vähintään 14 vuorokauden varoaika.



Kuva 4. Jäävuorisalaatin kerien kuivapaino 15 vrk:n kasvatuksen jälkeen. Taimet istutettiin kasvuturvealustaan, johon oli seostettu 3, 7 tai 14 vrk aiemmin C119, C199 tai SA murskattua biomassaa pitoisuuteen 5 % (kp/kp). Janat ilmaisevat keskihajontaa ja eri kirjaimet merkitsevät tilastollisesti merkitsevää eroa käsittelyjen välillä.

Kesän 2010 kenttäkokeissa eri biofumikaatiokasvikäsittelyjen välillä ei ollut salaatin kauppakelpoisen sadon määrässä eroja. Kauppakelpoisista keristä 96,5 % oli kooltaan 300 - 450 g. Satotaso jäi alhaiseksi kaikilla koejäsenillä johtuen runsaasta bakteeritautien esiintymisestä, jolloin sadonkorjuuvaiheessa kerän kuoriminen aiheutti myös paljon alle 300 g:n painoisia keriä.

Kesällä 2011 toteutetussa kenttäkokeessa biofumikaatiokäsittelyllä ei ollut vaikutusta jäävuorisalaatin satoon, laatuviallisten tai bakteeritautisten kerien määrään (Kuva 5). Salaatin piilomätä oli ainoa kenttäkokeessa havainnoitu tauti. Biohajoavan katteen käyttö lisäsi merkitsevästi kauppakelpoisen sadon määrää kokeessa ($p < 0,001$) ja vähensi pienten alle 300 g painavien kerien määrää ($p < 0,001$). Katteella ei ollut vaikutusta laatuviallisten salaattien määrään, mutta bakteeritaudista kärsivien kerien määrä oli suurempi ($p = 0,079$). Biofumikaatiokäsittelyllä ei ollut satoa lisäävää vaikutusta, mutta ei myöskään satotasoa heikentävää vaikutusta. Katteen käytön positiivinen vaikutus perustuu todennäköisesti vähentyneeseen rikkakasvikilpailuun ja tehostuneeseen ravinteiden vapautumiseen mikrobitoiminnan vilkastumisen myötä.



Kuva 5. Biofumikaatiokenttäkokeen eri käsittelyistä saadut jäävuorisalaatin kokonaissadot luokiteltuna eri satoluokkiin.

Johtopäätökset

Biofumikaation vaikutus pahkahomeen pahkoihin jäi toteutetuissa kenttäkokeissa osoittamatta. Syitä tähän voi olla useita. Yksi mahdollinen syy voi olla se, että kenttäkokeissa saatiin kasvatettua liian vähän biofumikaatiokasvin biomassaa ja biomassaa ei pystytty murskaamaan tarpeeksi hienojakoiseksi. Luonnonmukaisen kasvintuotannon lisääntymisen myötä tarvitsemme uusia keinoja maalevintäisten kasvitautien torjuntaan. Biofumikaatiokasvien käytön tutkimusta viljelykierrossa kannattaa mielestämme jatkaa. Pahkahomeen rihmastopahkat ovat kestäviä, mutta muut taudinaiheuttajat voivat antaa erilaisia vasteita. Biofumikaation on todettu heikentävän mm. *Fusarium*-, *Verticillium*- ja *Rhizoctonia* – sienten, *Streptomyces*- ja *Ralstonia* -bakteerien aiheuttamia tauteja sekä juuriankeroisia (Kirkegaard 2009). Biofumikaatioon jalostetuilla ristikkukaiskasveilla on Suomen ilmasto-oloissa suuria eroja biomassan tuotossa. Olisi tärkeää saada useammalta vuodelta kokemuksia eri lajien biomassan tuottokyvystä pelto-oloissa. Keskeisellä sijalla on myös teknisten ratkaisujen löytäminen biomassan murskauksen tehostamiseksi.

Kirjallisuus

- Choesin, D.V. & Boerner, R.E.** 1991. Allyl isothiocyanate release and the allelopathic potential of *Brassica napus* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 78, 1083-1090.
- Daugovish, O., Downer, J., becker, O., Browne, G. & Dunningway, J.** 2004. Mustard-derived biofumigation for vegetable crops and strawberries. *Agroindustria* 3, 335-338.
- Fan, C.M., Xiong, G.R., Qi, P., Ji, H. & He, Q.** 2008. Potential biofumigation effects of *Brassica oleracea* var. caulorapa on growth of fungi. *Journal of Phytopathology* 156, 321-325.
- Galletti, S., Sala, E., Leoni, O., Burzi, P.L. & Cerato, C.** 2008. *Trichoderma* spp. tolerance to *Brassica carinata* seed meal for a combined use in biofumigation. *Biological Control* 45, 319-327.
- Kirkegaard, J.** 2009. Biofumigation for plant disease control – from the fundamentals to the farming system. Teoksessa: Dale Walters (toim.) *Disease Control in Crops. Biological and Environmentally Friendly Approaches*. Wiley-Blackwell. s. 172-195.
- Kirkegaard, J.A. & Sarwar, M.** 1998. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil* 201: 71-89.
- Manici, L.M., Lazzeri, L. and Palmieri, S.** 1997. In vitro fungitoxic activity of some glucosinolates and their enzyme-derived products toward plant pathogenic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 2768-2773.
- Oleszek, W.** 1987. Allelopathic effects of volatiles from some Cruciferae species on lettuce, barnyard grass and wheat growth. *Plant and Soil* 102: 271-273.
- Sarwar, M. & Kirkegaard, J.A.** 1998. Biofumigation potential of brassicas.II. Effect of environment and ontogeny on glucosinolate production and implications for screening. *Plant and Soil* 201: 91-101.
- Sexton, P., Plant, A. & Johnson, S.B.** 2007. Effect of a mustard green manure potato yield and disease incidence in a rainfed environment. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2007-0122-02-RS.
- Smolinska, U. & Horbowicz, M.** 1999. Fungicidal activity of volatiles from selected cruciferous plants against resting propagules of soil-borne fungal pathogens. *Journal of Phytopathology* 147, 119-124.
- Zazzeri, A. & Tosi, L.** 1985. Antagonistic activity of fungi isolated from sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology* 34: 415-421.