

Mansikan kukka-aiheiden muodostuminen ja talvehtiminen

Annaleena Niskanen

LuK-tutkielma

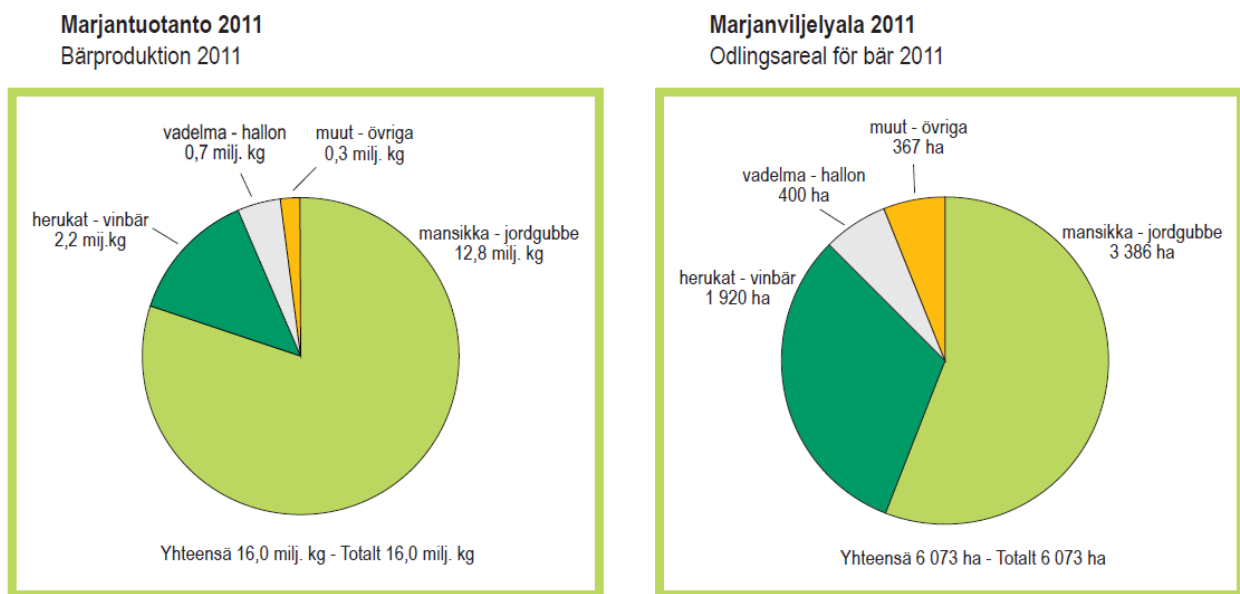
2013

Sisältö

Yleistä	3
Kukka-aiheiden muodostuminen	4
Kukka-aiheiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät	6
Ravinteiden otto ja saatavuus.....	6
Lannoituksen vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen.....	8
Kastelun vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen	9
Lajikkeen ja maantieteellisen sijainnin vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen.....	9
Valon ja lämpötilan vaikutus mansikan kukka-aiheiden muodostukseen	10
Kukka-aiheiden talvehtiminen	13
Lepotila ja kylmäkaraistuminen.....	14
Lajikkeiden talvenkestävyys	15
Kukka-aiheiden talvenkestävyyden edistäminen	15
Johtopäätökset.....	16
Kirjallisuusluettelo	18

Yleistä

Mansikat ovat ruusukasveihin (Rosaceae) kuuluvia *Fragaria* -suvun kasveja, joita on eri puolilla maapalloa n. 20 lajia. Suomessa niistä esiintyy luonnonvaraisena ahomansikka (*F. vesca*). Puutarhamansikka (*Fragaria x ananassa* Duch.) on yksi suosituimmista viljelykasveista maailmassa. Puutarhatilastojen (2012) mukaan vuonna 2011 kokonaissato oli yli 12 miljoonaa kiloa ja viljelyala oli 3386 hehtaaria. Kuvassa 1 näkyy mansikanviljelyn suhde muihin viljeltyihin marjoihin Suomessa.



Kuva 1. Mansikan kokonaissato ja viljelyala vuonna 2011 (Puutarhatilastot 2012).

Puutarhamansikka on *F. chiloensis* ja *F. virginiana* -lajien risteymä, joka syntyi 1700-luvulla Euroopassa. *F. chiloensis* on kotoisin Chilestä, ja sitä viljelivät ensimmäisenä intiaanit ennen sen päätymistä Eurooppaan, jossa se risteytyi *F. virginianan* kanssa. *F. virginiana* on alun perin löydetty Pohjois-Amerikan niityiltä (Darrow 1966; Matala 2006).

Mansikkaa käytetään sekä tuoreena että pakastettuna. Suurin osa sadosta käytetään teollisesti tuotettujen mehujen ja hillojen sekä muiden marjavalmisteen raaka-aineena. Herkullisuutensa lisäksi mansikalla on merkittävä ravitsemuksellinen arvo. Mansikka on vähäkalorinen ja tuoreen marjan ravintokuitupitoisuus on 2,3 %. Mansikan sisältämät sokerit ovat pääasiassa glukoosia ja fruktoosia. Marja sisältää kivennäisaineiden ja tärkeiden vesiliukoisten b- ja c-ryhmän vitamiinien lisäksi myös antioksidantteina toimivia fenoliyhdisteitä (Olsson ym. 2004).

Puutarhamansikasta on jalostettu monia lajikkeita erilaisiin tarkoituksiin ja olosuhteisiin, kuitenkin Suomen oloihin täysin sopivia lajikkeita on vähän. Suomessa erityisesti talvi rajoittaa kasvien viljelyä, ja mansikan ollessa suhteellisen kylmänarka kasvi on viljelymenetelmillä suuri vaikutus viljelymenestykseen. Erityisesti mansikoiden suojaaminen syyspakkasilta on tärkeää seuraavan vuoden sadon kannalta, sillä syksyllä muodostuvat seuraavan vuoden kukka-aiheet (Davik ym. 2000; Lindén ym. 1999; Matala 2006).

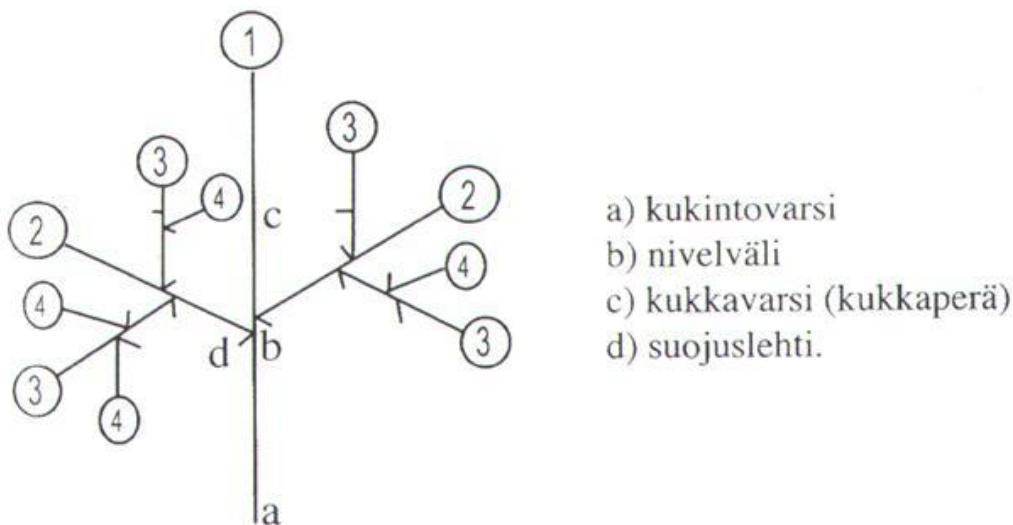
Mansikan lajiketyypit jaetaan usein kolmeen ryhmään sen perusteella, kuinka ne ovat sopeutuneet eri päiväpituuksiin. Suomessa viljeltyt puutarhamansikkalajikkeet ovat ns. ehdollisia lyhyen päivän kasveja, jolloin niiden kukka-aiheiden kehitys vaatii, että päivän valoisan jakson pituus on tietyn aikaa noin 11-14 tuntia (Matala 2006). Heide (1977) havaitsi, että alueilla, joissa vallitsee viileä ilmasto ja äärimmäisen pitkät päivät, lämpötila on yhtä tärkeä vaikuttaja kuin valojaksot. Heiden (1977) mukaan skandinaavisiin oloihin sopeutuneet aikaiset lajikkeet muodostivat kukka-aiheita jatkuvassa valossa kun koejärjestelyn lämpötila oli 12 °C ja 18 °C. Lyhyen päivän kasvit tuottavat satoa kerran kasvukaudessa, ja tähän ryhmään kuuluvat käytännössä kaikki lajikkeet, joita viljellään lyhyen kasvukauden olosuhteissa. Toinen ryhmä on pitkän päivän lajikkeet, joiden kukka-aiheet muodostuvat pitkässä päivässä. Osa ryhmän kasveista tuottaa satoa koko kasvukauden ajan ja osalla on kaksi satojaksoa kasvukaudessa, kesä- ja syysato. Kolmannen ryhmän kasveilla kukka-aiheiden muodostus ei ole riippuvaista päivänpituudesta eli ne ovat päiväneutraaleja lajikkeita (Matala 2006).

Kukka-aiheiden muodostuminen

Kasvin alkaessa kukkia sen vegetatiivisessa kärkimeristeemissä tapahtuu useita geenien säätelemiä morfologisia muutoksia, jotka lopulta johtavat kukanosien muodostumiseen (Taiz & Zeiger 2006). Kasvullisen eli vegetatiivisen vaiheen päättymisen ja lisääntymisvaiheen alkaminen tapahtuvat useiden ulkoisten ja sisäisten tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Kukka-aiheiden muodostuminen ja vegetatiivinen kasvu ovat herkkiä muutoksille ympäristössä, kuten lisäyksille valojaksoissa, lämpötilassa, kylmäkäsittelyssä ja ravinteissa. Muutokset saavat aikaan kasvua varressa, lehtipinta-alassa, lehtiruodissa ja kukinnan pituudessa sekä indusoivat rönsyjen muodostumista, jos tietyt raja-arvot ylitetään (Guttridge 1985). Mansikka on pääsääntöisesti antagonistinen kukka-aiheiden ja rönsyjen kasvun suhteen eli toisen kasvaessa toisen kasvu lakkaa (Hartmann 1947). Rönsyjen hävittäminen heti satokauden jälkeen edistää kukka-aiheiden muodostumista (Matala 2006). Hytösen (2009) mukaan lyhyen päivän lajikkeiden hankasilmujen erikoistumiseen vaikuttaa päivittäisen valojakson pituus. Lyhyen päivän olosuhteissa mansikan hankasilmusta muodostuu

ruusukeverso, kun taas pitkän päivän olosuhteissa hankasilmuista kasvaa rönsyjä. Ruusukeversot määräävät sadon määrän, sillä kukka-aiheet syntyvät ruusukeverson kärkikasvupisteeseen. Kasvihormoni gibberelliinillä (GA) on tärkeä rooli hankasilmujen erilaistumisessa. Gibberelliiniä tarvitaan rönsyjen muodostukseen, joten sen biosynteesin esto johtaa ruusukeverson muodostumiseen. Proheksadioni-kalsiumin (ProCa), joka on gibberelliinin biosynteesiä estävä kasvunsäädö, on todettu lisäävän seuraavan vuoden satoa jopa 50 prosenttia (Hytönen 2009).

Kuten suurimmalla osalla kasveja, myös mansikalla kukka-aiheiden muodostus alkaa kukintainduktiolla lehtien reagoidessa päivän pituuden ja lämpötilan muutoksiin (Matala 2006). Kasveilla päivänpituutta mittaavat täysikasvuiset lehdet. Valon vastaanottajina toimivat fytochromi ja kryptokromi. Lehdistä ärsyke siirtyy kärkimeristeisiin, jonka toiminta muuttuu kukan elimiä tuottavaksi oikean valovasteen tuloksena (Taiz & Zeiger 2006). Kukintainduktion ajankohta ja olosuhteet sen jälkeen vaikuttavat kukka-aiheiden jatkokehitykseen. Seuraavan vuoden sadon kannalta on tärkeää, että kukka-aiheet ehtivät kehittyä tarpeeksi pitkälle ennen mansikan asettumista talvilepoon, mikä tapahtuu Suomessa lokakuun puolenvälin tienoilla. Suomessa kukka-aiheiden muodostuminen alkaa elokuussa ja jatkuu lokakuun alkupuolelle. Tämän jälkeen kukka-aihe lehtiruusukkeeseen kärkisilmussa laajenee ja pullistuu, ja silmun sivuille kehittyvät kaksi suojuslehteä. Suojuslehtien väliin muodostuu kukinnon latvakukka. Toisen asteen kukat eli kukinnon alemmat kukat erilaistuvat latvakukan suojuslehtien hankasilmuista. Kolmannen asteen kukat muodostuvat toisen asteen kukkien suojuslehtien väliin, kuten kuvasta 2 voidaan nähdä. Samalla tavalla muodostuvat loputkin kukinnon kukka-aiheet. Syys-lokakuussa kukka-aiheet erilaistuvat kukan eri osiksi verho-, terälehtien, heteiden sekä emien kehittyessä (Matala 2006).



Kuva 2. Kukkiin sijoittuminen kukinnossa ja kukkien osat (Matala 2006).

Kukka-aiheiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät

Mansikan kukka-aiheiden muodostukseen vaikuttavia tekijöitä ovat kasviravinteet ja niiden saatavuus, valo sekä lämpötila. Lannoituksella, lajikkeella ja lajikkeen maantieteellisellä sijainnilla on myös vaikutusta kukka-aiheiden muodostukseen.

Ravinteiden otto ja saatavuus

Mansikalla, kuten myös muilla putkilokasveilla, ravinteiden ottoon ja saatavuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten maaperä, sääolot, viljelymenetelmät ja genotyyppi (Mengel & Kirby 1982). Maaperätekijöistä vesipitoisuus, pH, rakenne ja ravinteiden määrä ovat keskeisimpiä kasvin epäorgaanisten aineiden oton kannalta. Maaperän oikeanlainen sieni- ja mikrobikoostumus vaikuttavat myös paljon kasvien hyvinvointiin. Muita ulkoisia tekijöitä ovat lämpötila, ilmankosteus, valon voimakkuus ja kesto sekä kasvien kunto ja tiheys. Mansikan morfologisilla ja kasvullisilla ominaisuuksilla on havaittu olevan merkitystä ravinteiden ottoon, esimerkiksi mansikan juuristo on varsin pieni ja se sijaitsee usein aivan kasvualustan pinnassa, jolloin se on herkkä kuivuudelle (May & Pritts 1990; Liu ym. 2007; Krüger ym 1999).

Kasvien pääepäorgaaniset ravinteet

Mansikka on suhteellisen vähän ravinteita käyttävä kasvilaji, sillä sadon mukana ravinteita poistuu jokseenkin pieniä määriä. Tärkeimpiä mansikan tarvitsemia epäorgaanisia pääravinteita ovat typpi, kalium, fosfori, kalsium ja magnesium (Matala 2006; May & Pritts 1990). Kasvit ottavat epäorgaanisia pääravinteita pääasiassa ioneina maaperästä. Kasvien juurien pinta-ala on suuri ja juuristo pystyy ottamaan talteen epäorgaanisia maaperään liuenneita ioneja alhaisistakin konsentraatioista, joten ravinteiden otto on tehokasta. Kasvit käyttävät ravinteita lukuisiin biologisiin toimintoihin (Taiz & Zeiger 2006).

Typpi on runsain alkuaine kasveissa, sillä sitä on yleensä kasvin kuivapainosta 2-4 prosenttia. Typeä esiintyy kasvien aminohapoissa, amideissa ja amiineissa, jotka ovat proteiinien ja nukleiinihappojen rakenneosia (May & Pritts 1990). Typenpuutteesta kärsivän mansikan kasvu ja rönsynmuodostus on heikentynyt, marjat jäävät pienikokoisiksi ja taimi on väriltään vaalean vihreä (Matala 2006). Mansikka kärsii harvoin typenpuutteesta, tavallisempi ongelma on liika typpi, joka altistaa kasvin sienitaudeille, kuten härmälle (Matala 2006; Xu ym. 2013).

Kalium on typen jälkeen kasvien eniten ottama ravinne, ja mansikan marjat sisältävät eniten kaliumia kuin mitään muuta kasviravinnetta (May & Pritts 1990). Kalium säätelee kasvien

vesitaloutta, sitä tarvitaan veden ja yhteyttämistuotteiden sekä solujen nestejännityksen ylläpidossa, se vaikuttaa ilmarakojen liikkeisiin ja parantaa kylmänkestävyyttä (Taiz & Zeiger 2006). Kaliumin puute näkyy mansikalla lehtien muuttumisena reunoista lähtien punertaviksi tai sinipunaisiksi, vanhat lehdet muuttuvat punaisenruskeiksi (Matala 2006).

Fosfori on tärkeä tekijä kasvien aineenvaihdunnassa, sillä fosforipitoiset yhdisteet ovat osallisena kaikissa kasvin energiaa vaativissa reaktioissa. Fosforin puute voi aiheuttaa liiallisten antosyaanien eli kasvisolun väriaineiden tuottoa, jolloin kasvin lehdet voivat muuttua purppuran värisiksi (Taiz & Zeiger 2006).

Kalsium on mukana solun organellien toiminnan ylläpidossa ja eräiden entsyymien rakenneosana. Kalsiumilla on tärkeä rooli toisiohäettinä moninaisissa signaalinvälitystapahtumissa, ja sillä on myös keskeinen rooli aineiden kulkeutumisessa solukalvon läpi (Taiz & Zeiger 2006). Kalsiumin puutteessa mansikan lehdet kurtistuvat ja kuihtuvat reunoista ja lehtiaiheet ruskettuvat. Mansikan marjat jäävät pieniksi ja epämuodostuneiksi (Matala 2006).

Magnesiumia tarvitaan fotosynteesissä, sillä se on klorofyllimolekyylin olennainen osa. Magnesiumilla on myös spesifinen rooli kasvien hengityksessä, fotosynteesissä ja DNA:n ja RNA:n synteisiin liittyvien entsyymien aktivoijana (Taiz & Zeiger 2006). Magnesiumin puute saa mansikalla aikaan lehtien kellastumista lehtisuonten välistä ja lehden värin muuttumista punertavaksi (Matala 2006).

Maaperän vesipitoisuus

Vesi on tärkeää kasveille, sillä pienikin häiriö veden saannissa voi aiheuttaa vajetta ja vakavia toimintahäiriöitä monissa solutoiminnoissa (Taiz & Zeiger 2006). Vesi on tärkeä fotosynteesissä ja erilaisten aineiden, kuten kasvien ottamien ravinteiden ja aineenvaihdunnan tuotteiden, liuottimena ja diffuusioväliaineena. Vesi on edellytys biokemiallisille reaktioille ja proteiinien ja nukleiinihappojen hydratoitumiselle. Kasvit tarvitsevat vettä ylläpitääkseen nestejännitystä eli turgor-painetta, joka on välttämätön kasvisolujen kasvulle ja jäykkyydelle. Veden avulla kasvit voivat jäähdyttää itseään, sillä veden haihtuessa lehtipinnoilta (transpiraatio) samalla poistuu myös lämpöä (Taiz & Zeiger 2006).

Kasvit ottavat veden maapartikkeleiden väleistä ja pinnalta juuriensa avulla. Juurien mikroskooppiset karvat lisäävät huomattavasti veden ja ionien imeytymiskapasiteettia, sillä vesi läpäisee parhaiten juuren kärkiosan, jossa juurikarvavyöhyke sijaitsee (Taiz & Zeiger 2006). Maaperän vesipitoisuus ja veden liikkeen nopeus riippuvat suuresti määrin maaperän rakenteesta ja

maalajista. Eri maalajien fysikaaliset ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti (Taiz & Zeiger 2006). Maaperän vesipitoisuudella on suora vaikutus ravinteiden ottoon ja saatavuuteen, esimerkiksi liiallisen kosteuden takia ravinteet voivat huuhtoutua kasvin ulottumattomiin. Kuivuus puolestaan heikentää juurien ravinteiden ottoa (May & Pritts 1990).

Suhteellinen ilmankosteus on myös osallisena monien ravinteiden otossa. Alhainen suhteellinen ilmankosteus esimerkiksi tehostaa transpiraatiota, joka muun muassa lisää kalsiumin massavirtausta juuriin ja juurista muualle kasviin (May & Pritts 1990).

Maaperän happamuus

Maanpinnan pH vaikuttaa maan biologisiin, fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, kuten ravinteiden liukoisuuteen ja ottoon, juurien kasvuun ja maaperän mikrobien ja mykorritsasienten aktiivisuuteen (Taiz & Zeiger 2006). Matalan (2006) mukaan mansikalle sopivin maan happamuus on 6–6,5, jolloin mansikan tarvitsemat ravinteet ovat parhaiten saatavilla. Happamassa maassa esimerkiksi fosfori sitoutuu vaikealiukoiseen muotoon, kun taas pH:n kohotessa yli 6,5:n mangaani, kupari ja rauta muuttuvat vaikealiukoiseen muotoon (Matala 2006).

Mykorritsa

Mykorritsa eli sienijuuri on kasvin juuren ja sienirihmaston muodostama symbioottinen kokonaisuus, jossa sieni parantaa isäntäkasvin juuren ravinteiden ja veden ottoa. Sieni puolestaan saa isäntäkasvilta hiilihydraatteja (Tirri ym. 2006). Suurin osa tärkeistä viljelykasveista on luonnostaan liittyneenä vesikkeli-arbuskelityypin endomykorritsaan, joka on leväsienten muodostama rakkulamainen pullistuma isäntäkasvin juurisolun sisällä (Niemi & Vestberg 1992; Daft & Okusanya 1973). Viljelykasvien riippuvuus mykorritsasymbioosista vaihtelee kasvinlajin ja ympäristöolojen mukaan. Mykorritsan on havaittu lisäävän mansikan kasvua ja tehostavan fosforin saantia, kun maaperässä on rajallisesti fosforia (Vestberg 1992; Daft & Okusanya 1973).

Lannoituksen vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen

Mansikan kasvua stimuloivien ravinteiden ylimäärä nähtävästi ehkäisee kukka-aiheiden muodostumista. Kasvin kukintojen määrä voi kuitenkin kasvaa, jos lannoitus lisää ruusukeversojen tuotantoa ja täten lisää kukkapaikkoja (Guttridge 1985). Belgiassa tehdyssä tutkimuksessa Lieten (2002) osoitti, että lannoittaminen kukka-aiheiden muodostumisen ja erilaistumisen aikana vaikutti merkittävästi kasvin kehitykseen, satoon ja marjan laatuun lyhyenpäivän 'Elsanta' -lajikkeella. Lannoituksen välttäminen syyskuun puoleen väliin asti suosi kukka-aiheiden muodostumista ja

lisäsi satoa. Alhainen ravinnetaso kukka-aiheiden erilaistumisen aikana kuitenkin aiheutti epämuodostumia. Niukka lannoitus voi myös johtaa kukka-aiheen taantumisen takaisin vegetatiiviseen tilaan.

Kastelun vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen

Maan tasaisesta kosteudesta huolehtiminen mansikan kasvukaudella on lannoitustakin tärkeämpi asia. Mansikka on matalajuurinen kasvi, eikä se pysty ottamaan ravinteita ilman riittävää kosteutta. Kastelu vaikuttaa mansikan kehittymiseen sekä kasteluvuonna että seuraavana vuonna (Matala 2006; Liu 2007). Kastelun ajoitus ja määrä tulisi säätää vastaamaan kasvin veden tarvetta. Maan kosteutta voidaan helposti seurata tensiometrien avulla, mutta sadon vaste kasteluun voi vaihdella huomattavasti riippuen erilaisista ympäristöoloista, lajikkeesta ja kasvin kasvun vaiheesta ja satopotentialista (Hoppula & Salo 2007). Kinnanen & Säkö (1979) havaitsivat kuivan jakson sadonkorjuun jälkeen suosivan kukka-aiheiden muodostumista, ja että Suomen olosuhteissa luonnolliset kosteusolot ovat syksyllä riittävät mansikalle. Maan kosteudesta tulee kuitenkin huolehtia erityisesti syys-, lokakuussa, jolloin kukka-aiheet muodostuvat ja kehittyvät (Krüger ym. 1999).

Lajikkeen ja maantieteellisen sijainnin vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen

Valojaksojen ja lämpötilan vuodenaikainen vaihtelu johtuu leveys- ja korkeusasteista. Kukka-aiheiden muodostukselle kriittiset valojaksot ja lämpötilat voidaan täten saavuttaa useilla maantieteellisillä alueilla (Opstad ym. 2011). Bjurmanin (1975) mukaan mansikan kukkaterttujen määrä, kukkien määrä tertussa ja marjojen määrä väheni etelästä pohjoiseen siirryttäessä riippumatta vegetatiivisesta kehityksestä. Hän havaitsi myös, että lämpötilaolosuhteet syksyllä ovat kriittiset seuraavan vuoden sadon kannalta. Opstad ym. (2011) mukaan lannoituksen oikean ajoittamisen vuoksi on tärkeää tietää maantieteellisen sijainnin ja lajikkeen vaikutukset kukka-aiheiden muodostuksen ajankohtaan. Kokeet suoritettiin leveys- ja pituuspiireiltään vaihtelevilla alueilla Norjassa ja kukka-aiheiden muodostuksen ajankohdan havaittiin myöhästyvän leveys- ja korkeuspiirien kasvaessa. Lisäksi havaittiin vaihtelua saman alueen lajikkeiden välillä. Aikaisin tutkituista lajikkeista oli 'Frida', jota seurasi 'Polka', jonka jälkeen kukka-aiheita muodosti 'Korona' ja viimeisenä 'Florence'.

Valon ja lämpötilan vaikutus mansikan kukka-aiheiden muodostukseen

Ito & Saito totesivat vuonna 1962 Japanissa tehdyssä kokeessa valojaksojen ja lämpötilan olevan tärkeimmät tekijät mansikan kukka-aiheiden muodostumisessa. Useat muutkin tutkijat, kuten Sønsteby & Nes (1998) sekä Hartmann (1947), ovat tulleet samansuuntaisiin johtopäätöksiin. Valojaksoisuus eli fotoperiodismi tarkoittaa sitä, että eliön kehitys ja kasvu ovat riippuvaisia valon rytmisestä jakautumisesta (Tirri ym. 2006). Valojaksoisuuden vaikuttavat valo- ja pimeäjaksojen pituuden lisäksi myös valon laatu ja voimakkuus (Thomas 2006).

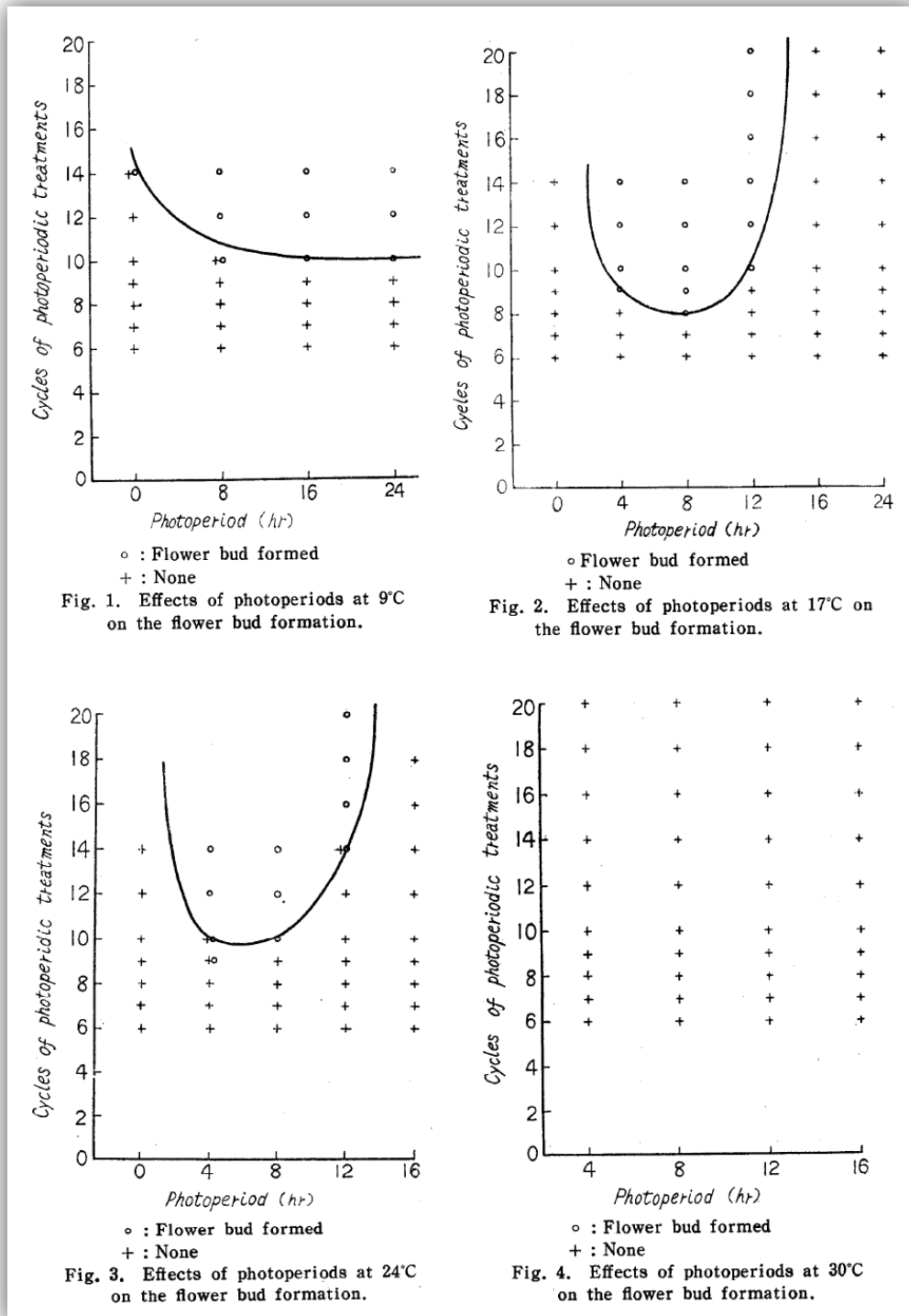
Sønsteby & Nes havaitsivat vuonna 1998 julkaistussa tutkimuksessa, että lämpötila ei yksistään vaikuttanut kukkien määrään kasvissa, kukintojen määrään kasvissa, kukkien määrään kukinnossa eikä päivien määrään ennen ensimmäisen silmun ilmestymistä. Heidän lisäksi muutkin tutkijat, kuten Ito & Saito (1962) ja Le Mière ym. (1996) ovat todenneet, että valo ja lämpötila yhdessä vaikuttavat mansikan kukka-aiheiden muodostumiseen.

Ito & Saito (1962) tutkivat kattavasti eri lämpötilojen ja valojaksojen vaikutusta mansikan kukka-aiheiden muodostumiseen. Tutkimuksessa käytettiin samanikäisiä ja -kokoisia 'Robinson' -lajikkeen mansikoita ja kokeet suoritettiin fytotronissa eli viljelyhuoneessa, jossa olosuhteet olivat kontrolloituja. Tulokset valojakson ja lämpötilan keskinäisestä riippuvuudesta osoittivat mansikoiden muodostavan kukka-aiheita sekä lyhyen päivän että jatkuvan valaistuksen aikana, kun lämpötila oli 9 °C. Lämpötilan ollessa 17 °C tai 24 °C kukka-aiheita muodostui ainoastaan lyhyessä päivässä, jolloin päivän pituus oli 4-12 tuntia. 30 °C:ssa kukka-aiheita ei muodostunut ollenkaan. Erityisesti pohjoisissa viljelyolosuhteissa on merkittävää, että jotkin mansikkalajikkeet voivat käynnistää kukka-aiheiden muodostuksen alhaisen lämpötilan vaikutuksesta suhteellisen pitkässä päivässä. Valoisan kesän vuoksi lyhyen päivän olot saavutetaan vasta myöhään syksyllä (Matala 2006).

Ito & Saito (1962) testasivat myös, kuinka päivittäisesti toistuva altistus korkealle lämpötilalle vaikuttaa kukka-aiheiden muodostukseen. Kokeessa mansikat olivat kasvihuoneessa, jonka peruslämpötila oli 9 °C ja valaistus oli joko jatkuvaa tai kahdeksan tunnin valojaksoissa. Mansikat altistettiin korkealle lämpötilalle (24 °C) joko 4, 8, 12, 16 tai 20 tunnin ajan. Kukka-aiheita muodostui jatkuvassa valaistuksessa, jos päivittäinen lämpökäsittely kesti alle kahdeksan tuntia. Lyhyessä kahdeksan tunnin päivässä kukka-aiheita muodostui altistuksen pituudesta riippumatta.

Tutkiessaan kukka-aiheiden muodostukseen tarvittavien valojakso- ja lämpökäsittelyiden toistojen määrää, Ito & Saito (1962) havaitsivat niiden vaihtelevan suhteessa lämpötilaan ja valojaksoon. Kukka-aiheita muodostui 9 °C:ssa kymmenen valokäsittelyn jälkeen sekä 16 tunnin päivässä että jatkuvassa

valaistuksessa, kahdeksan tunnin päivässä tarvittiin noin 10-12 toistoa. 17 °C:ssa ja neljän tunnin päivässä tarvittiin yhdeksän toistoa kukka-aiheiden muodostumiseen ja kahdeksan tunnin päivässä 8 toistoa ja 12 tunnin päivässä kymmenen toistoa. 24 °C:ssa kukka-aiheita muodostui neljän ja kahdeksan tunnin päivässä kun toistoja oli 10 ja 12 tunnin päivässä kun toistoja oli noin 14-16. Lämpötilan ja valojaksokäsittelyjen vaikutusta on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Kukka-aiheiden muodostukseen tarvittavien valojaksokäsittelyiden toistojen määrä suhteessa lämpötilaan ja valojaksoon (Ito & Saito 1962).

Ito & Saiton (1962) mukaan noin 9 °C on kriittinen alhainen lämpötila mansikan kukka-aiheiden muodostukselle. Huolimatta siitä, että korkealle lämpötilalle (24 °C) altistuminen matalan lämpötilan (9 °C) aikana jatkuvassa valaistuksessa vähentää alhaisen lämpötilan kukka-aiheita stimuloivaa vaikutusta, kukka-aiheita muodostuu, kun päivittäinen lämpötila pysyy alhaisena (9 °C) vähintään 16 tuntia. Alhaisen lämpötilan ja lyhyenpäivänkäsittelyn vaikutukset vaihtelevat vuodenajan mukaan, kuten taulukosta 1 voidaan nähdä. Kukka-aiheiden muodostukseen tarvittavien lyhyenpäivän ja alhaisen lämpötilan syklien minimimäärä vähenee mentäessä heinäkuusta syyskuuhun.

Taulukko 1. Valojaksojen vaikutus kukka-aiheiden muodostukseen mansikoilla, jotka ovat 6-lehti-vaiheessa. Taulukko on muokattu Ito & Saiton (1962) taulukosta 5.

Käsittelyjen ajankohta	Käsittelypäivien määrä							
	6	7	8	9	10	13	16	20
Heinäkuu 20.-	XXX	XXX	XXX	-	XXX	OOO	OOO	OOO
Elokuu 10.-	XXX	XXX	XXX	-	OOO	OOO	OOO	OOO
Syyskuu 1.-	XXX	XXX	XOO	OOO	OOO	OOO	OOO	OOO
O: Kukka-aiheita								
X: Ei kukka-aiheita								

Ito & Saito (1962) havaitsivat mansikoiden herkkyyden lämpötilalle ja valojaksoille vaihtelevan kasvin koon ja iän mukaan. Isommat kasvit ovat herkempiä kuin pienemmät kasvit ja vanhemmat ovat herkempiä kuin nuoret kasvit. Eroa herkkyydessä ei ole havaittavissa suotuisissa lämpötiloissa ja valojaksoissa, jolloin mansikat muodostavat kukka-aiheita yhtä aikaa. Epäsuotuisissa lämpötiloissa ja valojaksoissa isommat tai vanhemmat kasvit kuitenkin reagoivat herkemmin stimuloivaan vaikutukseen.

Heide (1977) on tutkinut erityisesti skandinaavisiin oloihin sopeutuneita mansikkalajikkeita, jotka voivat muodostaa kukka-aiheita jatkuvassa valaistuksessa alle 18 °C:n lämpötiloissa. 12 °C:ssa lajikkeet olivat melkein päivän pituudesta riippumattomia. Kokeessa käytettiin aikaisia lajikkeita ('Zefyr', 'Jonsok', 'Glima') ja myöhäisiä lajikkeita ('Senga Sengana', 'Abundance'). Valojaksojen ja lämpötilan yhteisvaikutus oli näillä mansikoilla paljon selvempi kuin aiemmissä tutkimuksissa käytetyillä lajikkeilla (mm. Ito & Saito 1962; Hartmann 1974). Aikaiset lajikkeet muodostivat kukka-aiheita kaikissa valojaksoissa (10, 12, 14, 16, 24 h) sekä 12 °C:ssa että 18 °C:ssa, mutta kukka-aiheita ei muodostunut 24 °C:ssa valojaksojen ollessa pidempiä kuin 14 tai 16 tuntia.

Myöhäisten lajikkeiden kriittiset valojaksot olivat yli 16 tuntia 12 °C:ssa, 14 tuntia 18 °C:ssa ja noin 13 tuntia 24 °C:ssa. Myöhäiset lajikkeet eivät muodostaneet kukka-aiheita 24 tunnin valojaksossa missään lämpötilassa. Kaikilla lajikkeilla optimaalisin kukkavaste saavutettiin 12 tunnin valojaksoilla 18 °C:ssa. Myöhäisillä lajikkeilla kukkavaste oli suurempi kuin aikaisilla lajikkeilla.

Sønsteby & Nes (1998) ovat käyttäneet pohjoismaissa yleisesti viljeltyjä lajikkeita tutkiessaan lyhyiden päivien ja lämpötilan vaikutusta mansikan kasvuun ja kukintaan. Mansikat olivat jatkuvassa 9, 15 tai 21 °C lämpötilassa ja päivänpituus oli joko kahdeksan tai 24 tuntia. Käytetyt lajikkeet olivat 'Korona', 'Elsanta', 'Bounty' ja 'Senga Sengana'. Lajikkeiden välillä oli huomattavaa vaihtelua päivänpituuden ja lämpötilan vaikutuksissa kukkien muodostukseen. 'Korona' ja 'Elsanta' reagoivat sekä lyhyenpäivänkäsittelyyn että lämpötilaan. Niiden kukkimisoptimi oli 15 °C ja 24 lyhyenpäivänkäsittelykertaa. 'Bounty' reagoi enemmän lämpötilaan, muodostaen kukkia 9 °C:ssa ja 15 °C:ssa, huolimatta lyhyenpäivänkäsittelyiden määrästä. 'Senga Sengana' muodosti kukkia riippumatta lämpötilasta tai lyhyenpäivänkäsittelyistä, ja tästä syystä voidaan olettaa, että se on enemmän riippuvainen muista ympäristötekijöistä. Kaikki lajikkeet tuottivat yhteensä eniten kukkia 15 °C:ssa ja 24 lyhyenpäivänkäsittelykerralla. Suurin määrä kukkia per kasvi oli 9 °C:ssa ja 21 °C:ssa, kun lyhyenpäivänkäsittelyitä oli 32.

Kukka-aiheiden talvehtiminen

Skandinaviassa talvi on merkittävä mansikan viljelyä rajoittava tekijä, sillä mansikka on suhteellisen kylmänarka kasvi (Davik ym. 2013, Palonen & Buszard 1997). Keskitalvella lumipeite suojaa tehokkaasti mansikkakasvustoja, mutta myöhäissyksyllä ja aikaisin keväällä, jolloin maa on paljaana, pakkasvaurioiden riski on suurimmillaan. Paljaan maan aikaan jo -6 °C:ssa kukka-aiheet vaurioituvat ja -12 °C:n ja -15 °C:n lämpötilavälillä useimmat taimet kuolevat (Matala 2006). Kylmäkuolemat aiheutuvat soluihin ja soluelimiin muodostuvista jääkiteistä, jotka vaurioittava solukalvoja mekaanisesti, jolloin soluneste vuotaa ulos soluista ja solut kuivuvat. Karaistuneilla kasveilla on useita tapoja suojautua jäätyamisen aiheuttamilta vaurioilta (Taiz & Zeiger 2006). Eri lajikkeiden talvenkestävyydessä on eroja. Lämpötilan lisäksi talvenkestävyyteen vaikuttavat alhaisten lämpötilojen kesto, suojaavien vanhojen lehtien määrä taimen päällä ja se kuinka korkealle maan pinnasta juurakon niska ylettyy (Matala 2006). Mansikan kasvun hidastuminen syksyllä ja lepotilaan siirtyminen ovat tärkeitä sopeutumia kylmissä olosuhteissa selviytymisen kannalta (Sønsteby & Heide 2006).

Lepotila ja kylmäkaraistuminen

Mansikan lepotila eli dormanssi on kvantitatiivista, eli mansikka säilyttää sen aikana kasvukykynsä (Sønsteby & Heide 2006). Suomessa mansikkakasvustot alkavat siirtyä lepotilaan lämpötilan laskiessa alle 10 °C:n, jolloin kukka-aiheiden kehitys hidastuu. Mansikka saavuttaa täyden lepotilan riittävän pitkään jatkuneen alhaisen lämpötilan seurauksena, ja kukka-aiheiden muodostus pysähtyy. Lyhenevä päivän pituus edistää lepotilaan pääsyä. Lepotila on syvimmillään marras-joulukuussa. Mansikan lepotila purkautuu vasta kun se on tuleentunut ja ollut sen jälkeen tarpeeksi kauan riittävän kylmässä. Vaatimukset riippuvat lajikkeesta, ajallinen vaatimus vaihtelee yhdestä kahteen kuukauteen ja lämpötila vaihtelee -1 °C:n ja 7 °C:n välillä. Lepotilan purkaututtua mansikan kasvu on nopeaa, mutta uusia kukka-aiheita ei synny (Matala 2006).

Mansikan kylmäkaraistuminen ja syvä lepotila ovat kytkeytyneet toisiinsa (Nestby & Bjørgum 1999). Kylmäkaraistuminen on prosessi, joka valmistaa kasvia kestämiin alhaisiin lämpötiloihin. Lyhentynyt valojakso ja alhainen lämpötila vaikuttavat kylmäkaraistumiseen. Kasvissa tapahtuu karaistumisen aikana kylmäindusoituvien geenien vaikutuksesta käynnistyviä reaktioita, jotka tuottavat muun muassa proteiineja; myös kasvin solujen hiilihydraattiainevaihdunta ja vesipitoisuus muuttuvat (Tirri ym. 2006).

Rohloff ym. (2012) ovat tutkineet kylmäkaraistumisen vaikutusta ahomansikan (*Fragaria vesca*) metaboliitteihin eli aineenvaihdunnan tuotteisiin. Ahomansikan metaboliittivarannot uudelleenjärjestyivät huomattavasti kylmäkaraistumisen aikana, ja orgaanisten yhdisteiden (esimerkiksi sokerit, aminohapot ja amiinit) konsentraatiot muuttuivat yhteneväisesti ajasta riippuen. Kylmäkaraistuneen ahomansikan metaboliittien muutoksiin vaikutti selvästi myös kasvin perimä. Lisäksi tutkimuksessa selvisi, että aminohappo proliinin merkitys ahomansikalle oli pieni, vaikka sen tiedetään indusoituvan kylmän vaikutuksesta muissa kasvisysteemeissä.

Paqiuun ym. (1989) havaitsivat merkittävän yhteyden puutarhamansikan ruusukeverson sokeripitoisuuden ja kylmänkestävyyden välillä Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa. Sokereiden, kuten sakkaroosin, glukoosin ja fruktoosin, määrä kasvoi 'Redcoat' ja 'Bounty' lajikkeiden ruusukeversossa karaistumisen aikana ja saavutti maksimin tammikuussa samanaikaisesti kylmäkaraistumisen kanssa.

Gagnon ym. (1990) ovat tutkineet Kanadassa syyssadon vaikutusta päiväneutraalien mansikoiden ruusukeverson kylmänsietoon sekä mansikan hiilihydraatti- ja typpivarojen merkitystä talvesta

selviytymiseen. Kylmäkaraistuminen korreloi kuivapainon, tärkkelyksen ja muiden hiilihydraattien kertymän sekä juurten kokonaistypen kanssa. Marjojen kerääminen syksyllä ennen pakkasia mahdollisti varantojen suuremman kertymisen juuriin, mikä paransi mansikoiden kylmänsietoa ja talvesta selviytymistä.

Lajikkeiden talvenkestävyys

Lajikkeiden talvenkestävyydestä on tehty vertailuja. Dalman ja Matala (1997) vertasivat kolmea Suomessa viljeltyä lajiketta: ‘Senga Sengana’, ‘Jonsok’ ja ‘Mari’. Mikkelissä tehdyssä kokeessa talvenkestävimmäksi todettiin ‘Jonsok’. Toiseksi kestävin oli ‘Senga Sengana’, joka on yleinen lajike Suomessa. ‘Mari’ kärsi eniten talvivaurioita.

Vuosina 1995-98 Suomessa testattiin useita tuontilajikkeita kenttäkokeissa mansikkatiloilla. Testatuista lajikkeista vähiten vaurioita kärsivät ‘Bounty’, ‘Dania’, ‘Jonsok’, ‘Korona’, ‘Polka’, ‘Senga Sengana’ ja ‘Venta’ (Lindén ym. 1999). Davik ym. (2000) mukaan ‘Jonsok’ on Pohjoismaissa suosittu lajike hyvän talvenkestävyytensä vuoksi, mutta esimerkiksi hallanarat ‘Honeoye’ ja ‘Polka’ ovat saaneet suosiota Suomessa.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT) on tehnyt vuosina 2008-11 mansikan lajikekokeita tutkimusasemillaan Sotkamossa, Ruukissa ja Rovaniemellä. Lajikekokeissa käytettiin vanhoja ja tunnettuja lajikkeita, kuten ‘Polka’, ‘Honeoye’ ja ‘Senga Sengana’, sekä MTT:n uusimpia jalosteita (mm. ‘Valotar’ ja ‘Suvetar’) että ulkomaisia lajikkeita (mm. ‘Kent’ ja ‘Frida’). Talvenkestävin lajike oli ‘Valotar’, joka talvehti kohtalaisesti jopa Rovaniemellä. Vanhat, tunnetut lajikkeet, kuten ‘Honeoye’ ja uudet kotimaiset lajikkeet talvehtivat Sotkamossa ja Ruukissa hyvin, mutta huonosti Rovaniemellä. Ulkomaiset lajikkeet talvehtivat muita lajikkeita heikommin kaikilla paikkakunnilla (Hoppula ym. 2011).

Kukka-aiheiden talvenkestävyyden edistäminen

Suomessa syksyn ja talven sääolot vaihtelevat huomattavasti. Lumipeitteen paksuuden vaihtelu vaikuttaa suuresti mansikan talvenkestävyyteen. Mansikan ja sen kukka-aiheiden kestävyttä voidaan kuitenkin parantaa hoitotoimenpiteillä (Lindén ym. 1999; Pietilä ym. 2002).

Pietilä ym. (2002) totesivat harsojen käytön syksyllä ja talvella kasvattavan mansikan kokonaissatoa ja kauppakelpoista satoa pohjoisilla viljelyalueilla Suomessa. Ruukissa toteutetussa peltokokeessa

harsojen käytöstä erityisesti hyötyneet lajikkeet olivat ‘Honeoye’, ‘Polka’ ja ‘Lambada’. Harsojen hyöty perustui siihen, että lämpötilat harson alla olivat keskimääräisesti 2,5 °C korkeampia kuin harson ulkopuolella, eivätkä lämpötilavaihtelut olleet yhtä rajuja. Kukka-aiheiden muodostuminen myös jatkui syksyllä pidempään harsoa käytettäessä.

Aflatuni ym. (1997) käyttivät Sotkamossa ja Rovaniemellä suoritetussa peltokokeessa harsoja kahdella tavalla. Harsot levitettiin kasvuston päälle heti kevätpuhdistuksen jälkeen ja poistettiin kukinnan alkaessa. Harsot levitettiin uudelleen elokuussa sadonkorjuun jälkeen, ja niiden annettiin olla kasvuston päällä sään kylmenemiseen asti. Harsojen havaittiin lisäävän kauppakelpoista satoa ja harsot eivät vain suojanneet kukka-aiheita pakkaselta, vaan myös pidensivät kukka-aiheiden muodostumisaikaa.

Nestby ym. (2000) tekemässä kokeessa kävi ilmi peitteiden positiivinen vaikutus mansikan kukkaperien lukumäärään ja kukkien määrään kukkaperässä. Peitteet myös vähensivät kukka-aiheiden vaurioita ja näin ollen epämuodostuneiden marjojen määrää. Peiteltyt mansikat tuottivat myös suurempia marjoja. Tutkimus toteutettiin Norjassa ja peitteinä käytettiin harsoa, kuplamuovia, ruskealla paperilla päällystettyä kuplamuovia sekä olkea. Olki ei ollut yhtä tehokas suoja kuin muut peitteet.

Matalan (2006) mukaan kateharsot tulisi levittää mansikkakasvuston päälle syyskuun puolivälissä, kun lämpötila laskee päivisin 10 °C:n tietämille, ja suurin osa kukka-aiheista on muodostunut. Harsojen laittoa tulisi lykätä, jos syyslämpötilat ovat poikkeuksellisen korkeita. Harsot voidaan jättää kasvustojen päälle talven yli, etenkin jos käytetään arkoja lajikkeita, kuten ‘Honeoye’ ja ‘Bounty’. Paljaan maan aikaan pitäisi kaikin keinoin estää lämpötilaa laskemasta alle -10 °C:n mansikan kasvupisteiden tasolla, mikä edellyttää säätiedotusten seuranta ja hätätoimenpiteinä harsojen tai oljen levitystä kasvustojen peitteeksi.

Johtopäätökset

Kukka-aiheiden määrän maksimoimiseksi ja niiden parhaan talvehtimisen varmistamiseksi viljelijän tulisi huolehtia muutamista seikoista. Ensimmäiseksi tulisi valita viljelyalueen olosuhteisiin sopivat lajikkeet. Suomessa eritoten lajikkeen hyvä talvenkestävyys on tärkeää. Avomaalla viljeltäessä ei lämpötiloihin tai päivän pituuksiin voi vaikuttaa, joten mansikkapellon sijainti kannattaa miettiä huolella.

Mansikalle tärkeiden ravinteiden riittävydestä kannattaa huolehtia, sillä esimerkiksi kalium parantaa mansikan kylmänkestävyyttä. Lannoituksen määrän ja ajoituksen kanssa tulee olla tarkkana, sillä kasvua stimuloivien ravinteiden paljous ehkäisee kukka-aiheiden muodostumista, mutta toisaalta lannoitus voi lisätä ruusukeversojen tuotantoa ja täten lisätä kukkapaikkoja. Lannoituksen välttäminen syyskuun puoleen väliin asti suosii kukka-aiheiden muodostumista, mutta alhainen ravinnetaso kukka-aiheiden erilaistumisen aikana voi aiheuttaa epämuodostumia.

Mansikan kasvukaudella maan kosteudesta huolehtiminen on tärkeää, sillä kasvi ei pysty ottamaan ravinteita ilman riittävää kosteutta. Kuiva jakso sadonkorjuun jälkeen suosii kukka-aiheiden muodostumista, mutta syyskuun loppupuolella ja lokakuun alussa maan kosteudesta tulee huolehtia, ettei kukka-aiheiden jatkokehitys häiriintyisi.

Rönsyt on syytä poistaa heti satokauden jälkeen, sillä näin edistetään kukka-aiheiden muodostumista. Rönsyjen kasvua estävien tai vähentävien kasvunsäätteen käyttö voi lisätä ruusukeversojen kasvua ja siten kukka-aiheiden muodostumista.

Mansikan kukka-aiheiden suojaaminen pakkaselta on hyvin tärkeää pohjoisissa viljelyolosuhteissa. Harsojen ja muiden peitteiden käyttö erityisesti paljaan maan aikaan parantaa kukka-aiheiden talvehtimista, ja harsojen levittäminen jo syksyllä edistää merkittävästi kukka-aiheiden kehitystä. Harsoja käytettäessä sääoloja tulee kuitenkin seurata, sillä harsoja ei pidä käyttää, jos lämpötilat ovat syksyllä poikkeuksellisen korkeat. Harsot kannattaa jättää kasvustojen päälle talven yli, sillä harson alla lämpötila on hieman korkeampi ja tasaisempi.

Kirjallisuusluettelo

- Aflatuni, A., Kemppainen, R., Heinonen, A. & Hakonen, T. (1997) The effects of a non-woven cover in combination with different soil mulches in strawberry cultivation. *Agricultural and Food Science in Finland* 6: 371-380.
- Bjurman, B. (1975) Environmental influence on the vegetative and generative development of the strawberry plant. *Swedish Journal of Agricultural Research* 5: 163-173.
- Daft, M. J. & Okusanya, B. O. (1973) Effect of *Endogone* mycorrhiza on plant growth: V. Influence of infection on the multiplication of viruses in tomato, petunia and strawberry. *New Phytologist* 72: 975-983.
- Dalman, P. & Matala, V. (1997) The effect of cultivation practices on the overwintering and yield of strawberry. *Acta Horticulturae* 439: 881-886.
- Darrow, G. M. (1966) *The Strawberry: History, breeding and physiology*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Davik, J., Daugaard, H. & Svensson, B. (2000) Review Article. Strawberry production in the Nordic countries. *Advances in Strawberry Research* 19: 13-18.
- Davik, J., Koehler, G., From, B., Torp, T., Rohloff, J., Eidem, P., Wilson, R. C., Sønsteby, A., Randall, S. K., Alsheikh, M. (2013) Dehydrin, alcohol dehydrogenase, and central metabolite levels are associated with cold tolerance in diploid strawberry (*Fragaria* spp.). *Planta* 237:265-277.
- Gagnon, B., Desjardin, Y. & Bédard, R. (1990) Fruiting as a factor in accumulation of carbohydrates and nitrogen and in fall cold hardening of day neutral strawberry roots. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115: 520-525.
- Guttridge, C. G. (1985) *Fragaria* × *ananassa*. In: Halevy A (toim.). *CRC Handbook of Flowering*. Vol III. p 16-33. CRC Press, Boca Raton.
- Hartmann, H. T. (1947) Some effects of temperature and photoperiod on flower formation and runner production in the strawberry. *Plant Physiology* 22: 407-420.
- Heide, O.M. (1977) Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. *Physiologia Plantarum* 40: 21-26.

- Hoppula, K. I. & Salo, T. J. (2007) Tensiometer-based irrigation scheduling in perennial strawberry cultivation. *Irrigation Science* 25: 401-409.
- Hoppula, K., Hoppula, K., Järvelin, V., Ylijoki, J., Hietaranta, T., Soppela, K., Luoma, S. & Kekkonen, H. (2011) Mansikan lajikekokeiden tulokset MTT Sotkamo, Ruukki ja Rovaniemi 2008-2011. Kasper [verkkopalvelu]. <<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/puutarha/marjat/mansikka/mansikkakokeet/BF0D38FEB04E0E66E0430392D0C13A6A>>. [Haettu 12.3.2013].
- Hytönen, T. (2009) Regulation of strawberry growth and development. Väitöskirja. Helsingin yliopisto, maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, soveltavan biologian laitos.
- Ito, H. & Saito, T. (1962) Studies on the flower formation in the strawberry plants 1. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. Department of agronomy, Faculty of agriculture, Tohoku University, Sendai, Japan.
- Kinnanen, H. & Säkö, J. (1979) Irrigation requirements of the strawberry. *Annales Argiculturae Fenniae* 18: 160-167.
- Krüger, E., Schmidt, G., Brückner, U. (1999) Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Scientia Horticulturae* 81: 409-424.
- Le Mière, P., Hadley, P., Darby, J. & Battey, N. H. (1996) The effect of temperature and photoperiod on the rate of flower initiation and the onset of dormancy in the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Horticultural Science* 71: 361-371.
- Lieten, P. (2002) The effect of nutrition prior to and during flower differentiation on phyllody and plant performance of short day strawberry Elsanta. *Acta Horticulturae* 567: 345-348.
- Lindén, L., Palonen, P., Seppänen, M. & Väinölä, A. (1999) Cold hardiness research on agricultural and horticultural crops in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 459-477.
- Liu, F., Savic, S., Jensen, C. R., Shahnazari, A., Jacobsen, S. E., Stikić, R. & Andersen, M.N. (2007) Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae* 111: 128-132.
- Long, J. H. (1939) The use of certain nutrient elements at the time of flower formation in the strawberry. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 37: 553-556.

- Matala, V. (2006) Mansikan viljely. Puutarhaliiton julkaisu nro 340, Helsinki, s. 9-335.
- May, G. & Pritts, M. (1990) Strawberry nutrition. *Advances in Strawberry Production* 9: 10-23.
- Mengel, K. & Kirkby, E. A. (1982) Principles on plant nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland, s. 1-675.
- Nestby, R. & Bjørgum, R. (1999) Freeze injury to strawberry plants as evaluated by crown tissue browning, regrowth and yield parameters. *Scientia Horticulturae* 81: 321-329.
- Nestby, R., Bjørgum, R., Nes, A., Wikdahl, T., Hageberg, B. (2000) Winter cover affecting freezing injury in strawberries in a coastal and continental climate. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 75: 119-125.
- Niemi, M. & Vestberg, M. (1992) Inoculation of commercially grown strawberry with VA mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 144: 133-142.
- Olsson, M. E., Ekvall, J., Gustavsson, K-E., Nilsson, J., Pillai, D., Sjöholm, I., Svensson, U., Åkesson, B. & Nyman, M. G. L. (2004) Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberries (*Fragaria × ananassa*): effects of cultivar, ripening, and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 2490–2498.
- Opstad, N., Sønsteby, A., Myrheim, U. & Heide, O. M. (2011) Seasonal timing of floral initiation in strawberry: Effects of cultivar and geographic location. *Scientia Horticulturae* 129: 127-134.
- Palonen, P. and Buszard, D. (1997) Current state of cold hardiness research on fruit crops. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 399-420.
- Paquin, R., Bolduc, R., Zizka, J., Pelletier, G. & Lechausser, P. (1989) Tolérance au gel et teneur en sucres et en proline du collet du fraisier (*Fragaria ananassa* Duch.) durant l'hiver. *Canadian Journal of Plant Science* 69: 945–954.
- Pietilä, M., Kauppi, A., Aflatuni, A., Karp, K. (2002) The significance of autumn and overwinter cover for strawberry. *Acta Horticulturae* 567: 527-530.
- Puutarhatilastot 2011. (2012) Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki.

- Rohloff, J., Kopka, J., Erban, A., Winge, P., Wilson, R. C., Bones, A. M., Davik, J., Randall, S. K., Alsheikh, M. K. (2012) Metabolite profiling reveals novel multi-level cold responses in the diploid model *Fragaria vesca* (woodland strawberry). *Phytochemistry* 77: 99-109.
- Sønsteby, A. & Heide, O., M. (2006) Dormancy relations and flowering of the strawberry cultivars Korona and Elsanta as influenced by photoperiod and temperature. *Scientia Horticulturae* 110: 57-67.
- Sønsteby, A. & Nes, A. (1998) Short day and temperature effects on growth and flowering on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 73: 730-736.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Pihakaski, S. & Portin, P. (2006) *Biologian sanakirja*. Kustannusosakeyhtiö Otava, Keuruu.
- Thomas B. (2006) Light signals and flowering. *Journal of Experimental Botany* 57: 3387-3393.
- Vestberg, M. (1992) Arbuscular mycorrhizal inoculation of micropropagated strawberry and field observations in Finland. *Agronomie* 12: 865-867.
- Xu, X., Robinson, J., Else, M. A. (2013) Effects of nitrogen input and deficit irrigation within the commercial acceptable range on susceptibility of strawberry leaves to powdery mildew. *European Journal of Plant Pathology* 135: 695-701.