

Vadelman kasvun hallinta ProCa:n ja fotoselektiivisen kalvon avulla

Pauliina Palonen¹, Marja Rantanen¹, Saila Karhu², Eero Pehkonen¹ ja Hanna Savelainen¹

¹*Soveltavan biologian laitos, Puutarhatiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, s-posti: pauliina.palonen@helsinki.fi*

²*MTT, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö*

Vadelman voimakas vegetatiivinen kasvu saattaa muodostua ongelmaksi erityisesti kasvihuoneessa tai tunnelissa viljeltäessä. MMM:n rahoittamassa hankkeessa 'Vadelman kasvun hallinta ja satopotentiaalin optimointi ympärivuotisessa tuotannossa' tutkittiin vuosina 2005-07 kemiallisia (ProCa) ja fysikaalisia (fotoselektiiviset kalvot) keinoja hallita vadelman kasvua.

Tavoitteena oli tutkia proheksadionikalsium-käsittelyn (ProCa) vaikutusta Glen Ample - ja Tulameen-lajikkeiden kasvuun ja satopotentiaaliin. Taimet käsiteltiin joko kerran tai kahdesti ProCa:lla (100 ppm tai 200 ppm). Syksyllä kasvit siirrettiin kylmävarastoon 10 viikoksi ja tammikuusta alkaen hyötöön kasvihuoneeseen. Kaksinkertainen käsittely 200 ppm ProCa:lla vähensi pääverson pituuskasvua Glen Ample -lajikkeella 28 cm ja Tulameen-lajikkeella 15 cm. Tehokkaaseen kasvunsäätöön tarvittiin useampia ProCa-käsittelyitä, koska kasvu elpyi jo 3-4 viikkoa ensimmäisen käsittelyn jälkeen. Vaikka kaksinkertaiset käsittelyt vähensivät Glen Ample -lajikkeella kukkasilmujen lukumäärää hyödessä ja viivästyttivät kukintaa, kukkien kokonaismäärään eli satopotentiaaliin käsitellyt eivät kuitenkaan vaikuttaneet kummallakaan lajikkeella. ProCa vaikuttaisi tulosten perusteella olevan mahdollinen kasvunsäädö vadelmalle. Käsittelyn ajoitus on kuitenkin ratkaiseva: kasvukauden viimeinen käsittely pitäisi tehdä riittävän myöhään, jotta sen jälkeen ei tapahtuisi 'kasvupyrähdystä', ja toisaalta niin aikaisin, että kukka-aiheiden kehitys ei häiriintyisi.

Kasvien pituuskasvuun voidaan vaikuttaa myös muokkaamalla punaisen ja kaukopunaisen valon suhdetta (R/FR) fotoselektiivisillä kasvihuonekalvoilla. Meidän tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää kaukopunaista valoa absorboivan Solatrol-kalvon (Visqueen, BPI Agri, UK) vaikutusta vadelman vegetatiiviseen kasvuun sekä sadon määrään ja laatuun. Syysvadelmalajikkeiden 'Polka' ja 'Autumn Bliss' sekä kesävadelmalajikkeiden 'Glen Ample' ja 'Tulameen' taimet kasvatettiin ruukuissa kahdessa tunnelissa, joista toinen (kontrollikäsittely) oli katettu tavallisella kirkkaalla kasvihuonekalvolla ja toinen Solatrol-kalvolla. Kesävadelmalajikkeiden taimet siirrettiin lokakuun lopussa kylmävarastoon ja hyödettiin tavallisessa kasvihuoneessa. Solatrol vähensi Polka- ja Tulameen-lajikkeiden pääverson pituuskasvua noin 10 cm, mutta ei vaikuttanut Autumn Bliss - tai Glen Ample -lajikkeiden pituuskasvuun. Molemmilla syysvadelmalajikkeilla kukkia muodostui enemmän Solatrol-kalvon alla. Lisäksi Polka-lajikkeella saatiin viitteitä sadonlisäyksestä. Solatrol-kalvon alla marjojen liukoisen kuiva-aineen pitoisuus oli pienempi kuin kontrollikäsittelyssä. Solatrol lisäsi hiukan vadelman tärkeimmän fenolisen yhdisteen ellagihapon pitoisuutta Autumn Bliss -lajikkeen marjoissa. Kun kesävadelmalajikkeet hyödettiin kasvihuoneessa, Solatrol-kalvon alla kasvaneissa Glen Ample -kasveissa silmut puhkesivat keskimäärin 16 päivää myöhemmin kuin kontrollikalvon alla kasvaneissa. Lisäksi Solatrol vähensi kesävadelmalajikkeiden kukkien määrää (satopotentiaalia) 10 - 15 %. Alhaisempi valon intensiteetti Solatrol-kalvon alla on todennäköisesti vähentänyt erilaistuvien kukka-aiheiden määrää. Solatrol-kalvoa ei siis voida suositella kesävadelmalajikkeiden viljelyyn, mutta siitä saattaisi olla hyötyä syysvadelman tuotannossa.

Asiasanat: fotoselektiivinen kalvo, kasvunsäätö, ProCa, vadelma, valon laatu

Johdanto

Vadelmalla (*Rubus idaeus* L.) on suhteellisen alhainen satoindeksi eli sadon määrä suhteessa vegetatiiviseen kasvuun. Kasvihuoneessa tai tunnelissa viljeltäessä vadelman vegetatiivinen kasvu on vieläkin voimakkaampaa. Kompaktit taimet, joilla on suuri satopotentiaali (satotaimet) ovat edellytys tuotokselle kasvihuoneviljelylle. Meidän tavoitteenamme oli tutkia kemiallisia (ProCa) ja fysikaalisia (fotoselektiiviset kalvot) keinoja hallita vadelman kasvua.

Proheksadionikalsium (ProCa) (tuotenimet Apogee® ja Regalis®) pysäyttää gibberelliinisynthesin kasvissa ja hillitsee siten pituuskasvua (Evans ym. 1999). ProCa hajoaa kasvissa muutamassa viikossa ja maassa alle viikossa. Se on käytetyin kasvunsääde omenalla Keski-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Aiemmassa kokeessamme ProCa-käsittelyt lyhensivät syysvadelma 'Ariadnen' versonpituutta 20–39 %, mutta samalla kukkien määrä väheni jopa kolmanneksella (Palonen & Mouhu 2009). Syysvadelmalla pituuskasvu ja kukkien erilaistuminen tapahtuvat samanaikaisesti, kun taas kesävadelmalla kukka-aiheet erilaistuvat kasvun päättymisen jälkeen, jolloin pituuskasvun hallinta ilman kukinnan häiriintymistä on helpompaa. Tässä kokeessa tavoitteena oli tutkia ProCa-käsittelyiden vaikutusta Glen Ample - ja Tulameen-vadelmalajikkeiden kasvuun ja satopotentiaaliin.

Koska ProCa:n on havaittu aikaistavan päätesilmun muodostumista ja kasvun päättymistä omenalla sekä lisäävän omenanversojen hiilihydraattipitoisuutta (Owens & Stover 1999), se saattaisi parantaa vadelman talvenkestävyyttä. Toisessa kokeessamme tavoitteena oli tutkia kahden ja kolmen peräkkäisen ProCa-käsittelyn vaikutusta Ottawa- ja Muskoka-lajikkeiden talvenkestävyyteen.

Punaisen (R) ($\lambda=660$ nm) ja kaukopunaisen (FR) ($\lambda=730$ nm) valon suhde vaikuttaa kasvien pituuskasvuun ja kukintaan. R/FR –suhdetta voidaan muuttaa fotoselektiivisillä kasvihuonekalvoilla, jotka absorboivat tiettyjä aallonpituuksia. Kaupallisesti saatavilla olevia fotoselektiivisiä kalvoja ovat mm. Solatrol (Visqueen, BPI Agri, UK), Chromagrow (Mitsui Chemicals, Japani) ja XL Blue (Plastika Kritis, Kreikka). Niitä käytetään kemiallisten kasvunsäädien sijasta tai lisäksi koristekasveilla (Li ym. 2000, Patil ym. 2001, Maki ym. 2002). Valon laadun vaikutuksesta vadelman kasvuun on vain vähän tutkimustuloksia. Dale & Blom (2004) havaitsivat, että vadelman nivelvälit pitenevät, kun FR valoa annettiin valojakson päätteeksi. Glen Ample –lajikkeen hankaversot jäivät lyhyemmiksi FR valoa absorboivan Solatrol-kalvon alla, ja 'Autumn Bliss' –syysvadelman pääversot lyhenivät noin 10 cm (Mpezamihigo 2004). Kalvokäsittelyllä oli vaikutuksia myös satoon. Meidän tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää fotoselektiivisten kalvojen vaikutusta syys- ja kesävadelmalajikkeiden vegetatiiviseen kasvuun sekä sadon määrään ja laatuun. Esikokeen tulosten perusteella kokeeseen valittiin Solatrol-kalvo.

Aineisto ja menetelmät

ProCa:n vaikutus kasvuun, satopotentiaaliin ja talvenkestävyyteen

Glen Ample - ja Tulameen-vadelmalajikkeiden taimet kasvatettiin ruukuissa ulkona ja käsiteltiin ProCa:lla joko kerran tai kahdesti neljän viikon välein. Käsittelyliuoksen konsentraatio oli 100 ppm tai 200 ppm. Kasvukauden aikana mitattiin vegetatiivista kasvua. Syksyllä kasvien tuleennuttua ne siirrettiin kylmävarastoon (5 °C) 10 viikoksi ja tammikuusta alkaen hyötöön kasvihuoneeseen (20/19 °C, 15 h valojakso). Hyötön aikana määritettiin satopotentiaali laskemalla kukkien määrä.

Talvenkestävyyden tutkimusta varten koekentällä kasvavat 'Ottawa' ja 'Muskoka' vadelmat käsiteltiin ProCa:lla (150 ppm) joko kaksi tai kolme kertaa kasvukauden aikana. Mitattiin versojen pituuskasvua ja havainnoitiin päätesilmun muodostumista. Talvenkestävyyttä mitattiin kontrolloiduilla kylmätesteillä ja havainnoimalla talvivaurioita keväällä kasvuunlähdon jälkeen.

Fotoselektiivisen kalvon vaikutus kasvuun ja satoon

Syysvadelmalajikkeiden 'Polka' ja 'Autumn Bliss' sekä kesävadelmalajikkeiden 'Glen Ample' ja 'Tulameen' taimet kasvatettiin ruukuissa kahdessa tunnelissa, joista toinen (kontrollikäsittely) oli katettu tavallisella kirkkaalla kasvihuonekalvolla ja toinen kaukopunaista valoa absorboivalla Solatrol-kalvolla (Visqueen, BPI Agri, UK). Solatrol-kalvo absorboi FR valoa, ja sen alla R/FR_{narrow}-suhde oli

9,5, kun se kirkkaan kasvihuonekalvon alla oli 1,2. Solatrol-kalvo vähensi myös jonkun verran valon intensiteettiä. Valmistajan tietojen mukaan se läpäisee 83 % auringonvalosta, kun kirkkaan kasvihuonekalvon läpäisevyys on 90 %.

Kasvukauden aikana mitattiin vegetatiivista kasvua ja syysvadelmalajikkeiden sadon määrä. Lisäksi tutkittiin valon laadun vaikutusta marjojen sisäiseen ja ulkoiseen laatuun. Kesävadelmalajikkeiden taimet siirrettiin lokakuun lopussa kylmävarastoon (1 °C) ja hyödettiin tavallisessa kasvihuoneessa 12. tammikuuta alkaen (18/15 °C, 16 h valojakso, 135 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Hyödon aikana määritettiin satopotentiaali laskemalla kukkien määrä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

ProCa:n vaikutus kasvuun ja satopotentiaaliin

Kaksinkertainen käsittely 200 ppm ProCa:lla vähensi pääversion pituuskasvua Glen Ample -lajikkeella 28 cm ja Tulameen-lajikkeella 15 cm kontrolliin verrattuna. Nivelvälit olivat lyhyempiä ProCa-käsitellyissä kasveissa. Glen Ample -lajikkeen pääversojen kuivapaino väheni 18 %, kun ne käsiteltiin kahdesti 100 ppm ProCa:lla, ja 26 % kun ne käsiteltiin kahdesti 200 ppm ProCa:lla. Tulameen-lajikkeella pääversojen kuivapaino väheni 19 % kahden 200 ppm ProCa-käsittelyn seurauksena. Kaksinkertainen ProCa-käsittely vähensi silmujen määrää Glen Ample -lajikkeen versoissa keskimäärin kahdella, mutta ei vaikuttanut Tulameen-lajikkeen silmujen määrään. Tehokkaaseen kasvunsäätöön tarvittiin useampia ProCa-käsittelyitä, koska kasvu elpyi jo 3-4 viikkoa ensimmäisen käsittelyn jälkeen. ProCa:n hajottua kasviin kertyneet aktiivisen gibberelliinin esiasteet muutetaan aktiiviseen muotoon (Evans ym. 1999) ja siksi kasvu kiihtyi käsittelyn vaikutuksen loputtua jopa kontrollia voimakkaamaksi.

Käsittelyt eivät vaikuttaneet hyödessä puhjenneiden silmujen osuuteen kummallakaan lajikkeella. Vain 41-47 % silmuista puhkesi eri käsittelyissä. Molemmilla lajikkeilla pääversion yläosan silmut puhkesivat ensin ja vasta pienen viiveen jälkeen verson alaosan silmut. Tämä viittaa siihen, että lepoti-la ei ollut 10 viikon kylmäjakson aikana täydellisesti purkautunut. Kahteen kertaan ProCa:lla käsitellyissä 'Glen Ample' -kasveissa oli vähemmän mutta pidempiä hankaversoja kuin kontrollikasveissa. Glen Ample -lajikkeella kaksinkertaiset käsittelyt myös viivästyttivät silmujen puhkeamista hyödessä, vähensivät kukkasilmujen lukumäärää ja viivästyttivät kukintaa. ProCa:n hajottua kasvissa vapautunut gibberelliini on saattanut häiritä kukintainduktiota. Kukkien kokonaisuutensa eli satopotentiaaliin käsittelyt eivät kuitenkaan vaikuttaneet kummallakaan lajikkeella. Tulameen-lajikkeella kukkia muodostui eri käsittelyissä 85-105 kpl / kasvi, ja Glen Ample -lajikkeella 108-124 kpl / kasvi.

ProCa vaikuttaisi tulosten perusteella olevan mahdollinen kasvunsäädö vadelmalle. Se hillitsi tehokkaasti vegetatiivista kasvua, mutta ei vaikuttanut sadontuottoon. Käsittelyn ajoitus on kuitenkin ratkaiseva: kasvukauden viimeinen käsittely pitäisi tehdä riittävän myöhään, jotta sen jälkeen ei tapahduttaisi 'kasvupyrahdyistä', ja toisaalta niin aikaisin, että kukka-aiheiden kehitys ei häiriintyisi.

ProCa:n vaikutus talvenkestävyyteen

Tutkittaessa ProCa:n vaikutusta 'Muskoka'- ja 'Ottawa'-kasvustojen talvehtimiseen, havaittiin, että kaksi 150 ppm ProCa-käsittelyä vähensi pääversojen pituuskasvua yhtä tehokkaasti kuin kolme käsittelyä. Muskoka-lajikkeella ProCa-käsittelyt aikaistivat päätesilmun muodostumista syksyllä. Vastoin oletusta ProCa ei kuitenkaan vaikuttanut talvenkestävyyteen kummallakaan lajikkeella. Myöhäisen ProCa-käsittelyn riskinä on myöhään syksyllä kasvissa vapautuva gibberelliini, joka viivästyttää tuulentumista ja saattaa siten heikentää talvenkestävyyttä.

Fotoselektiivisen kalvon vaikutus kasvuun ja satoon

Syysvadelmilla Solatrol-kalvo vähensi Polka-lajikkeen pääversion pituuskasvua noin 10 cm, mutta ei vaikuttanut Autumn Bliss -lajikkeen pituuskasvuun. Kukkia muodostui enemmän Solatrol-kalvon alla. Kukkien lukumäärä kasvia kohti oli Autumn Bliss -lajikkeella Solatrol-kalvon alla 202 ja kontrollikä-

sittelyssä 185, ja Polka-lajikkeella vastaavasti 203 ja 171. Solatrol lisäsi satoa Polka-lajikkeella 56 g / taimi (15 %), vaikkakin ero oli tilastollisesti vain suuntaa-antava ($p=0,099$). Marjakoko oli Polka-lajikkeella pienempi Solatrol-kalvon alla (5 g) kuin kontrollikäsittelyssä (5,4 g). Kalvokäsittely ei vaikuttanut sadon ajoittumiseen, mutta vaikutti jonkin verran marjanlaatuun. Solatrol-kalvon alla marjojen liukoisen kuiva-aineen pitoisuus oli pienempi kuin kontrollikäsittelyssä. Tähän lienee ollut syynä valon alhaisempi intensiteetti Solatrol-kalvon alla. Vadelman tärkein fenolinen yhdiste on ellagihappo (Häkkinen ym. 1999). Solatrol lisäsi hiukan Autumn Bliss -lajikkeen marjojen ellagihapon pitoisuutta. Marjojen väriin kalvolla ei ollut vaikutusta.

Kesävadelmilla Solatrol lyhensi Tulameen-lajikkeen pääverson nivelvälejä, pääversoja (10 cm) ja hankaversoja (4 cm). Glen Ample -lajikkeen pääverson kasvuun kalvolla ei ollut vaikutusta, mutta Solatrol-kalvon alla kasvaneissa kasveissa silmut puhkesivat hyödössä keskimäärin 16 vrk myöhemmin kuin kontrollikalvon alla kasvaneissa. Solatrol vähensi kukkien määrää (satopotentiaalia) Glen Ample -lajikkeella 15 % ja Tulameen-lajikkeella 10 %, mutta ei vaikuttanut kukinnan ajoittumiseen. Kukkien lukumäärä oli Glen Ample -lajikkeella Solatrol-kalvon alla kasvaneissa kasveissa 234 ja kontrollikäsittelyssä 277, ja Tulameen-lajikkeella vastaavasti 187 ja 208. Valon alhaisempi intensiteetti Solatrol-kalvon alla on todennäköisesti vähentänyt erilaistuvien kukka-aiheiden määrää. Omenapuulla kukka-aiheiden määrän on todettu olevan suoraan verrannollinen valon intensiteettiin (Solomakhin & Blanke 2008).

Kokonaisuudessaan fotoselektiivisen kalvon vaikutukset vadelman kasvuun olivat suhteellisen pienet ja lisäksi lajikkeet reagoivat eri tavoin valon muunnettuun spektriin. Valon alhaisempi intensiteetti Solatrol-kalvon alla saattoi kumota suuremman R/FR-suhteen vaikutukset kasvuun, koska vähä valo itsessään voimistaa pituuskasvua. Kokeessa yllätti syysvadelmien suuri satopotentiaali: lokakuun lopussa koetta lopetettaessa kasvustossa oli vielä runsaasti raakileita, kukkia ja nuppuja. Tunnelissa viljellyn vadelman marjanlaatu oli myös erinomainen.

Johtopäätökset

ProCa vaikuttaisi tulosten perusteella olevan mahdollinen kasvunsäädä vadelmalle. Se hillitsi tehokkaasti vegetatiivista kasvua, mutta ei vaikuttanut satopotentiaaliin. ProCa:n käyttö kasvunsäätteenä vaatii käsittelyiden tarkkaa ajoittamista. Käsittelyaikojen tarkentamiseksi olisi syytä tehdä lisäkokeita.

Solatrol-kalvoa ei voida suositella käytettäväksi kesävadelmien viljelyssä ainakaan kasvuverson kasvatuksen aikana, koska se pienensi satopotentiaalia. Sen sijaan syysvadelmien tuotannossa Solatrol-kalvosta saattaisi olla hyötyä, koska se voi hillitä vegetatiivista kasvua ja suurentaa satoa. Fotoselektiivisten kalvojen ongelmana on kuitenkin tavanomaista kasvihuonekalvoa heikompi valon läpäisevyys. Lisäksi fotoselektiivinen ominaisuus säilyy kalvossa vain muutamia vuosia, joten investointi ei liene kannattava.

Kirjallisuus

- Dale, A. & Blom, T.J. 2004. Far-red light alters primocane morphology of red raspberry. *Hortscience* 39: 973-974.
- Evans, J.R., Evans, R.R., Regusci, C.L. & Rademacher, W. 1999. Mode of action, metabolism and uptake of BAS 125W, prohexadione-calcium. *HortScience* 34:1200-1201.
- Häkkinen, S., Heinonen, M., Kärenlampi, S., Mykkänen, H., Ruuskanen, J. & Törrönen, R. 1999. Screening selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Research International* 32: 345-353.
- Li, S., Rajapakse, N.C., Young, R.E. & Oi, R. 2000. Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. *Scientia Horticulturae* 84: 215-225.
- Maki, S.L., Rajapakse, S., Ballard, R.E. & Rajapakse, N.C. 2002. Role of gibberellins in chrysanthemum growth under far red light-deficient greenhouse environments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127: 639-643.

- Mpezamihigo, M. 2004. The use of photosensitive plastic films to control growth and cropping of three raspberry (*Rubus idaeus*) cultivars, 'Autumn Bliss', 'Glen Ample' and 'Joan Squire'. Ph.D. Thesis, University of Reading, Reading, UK. 171 s.
- Owens, C.L. & Stover, E. 1999. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. *HortScience* 34: 1194-1196.
- Palonen, P. & Mouhu, K. 2009. Vegetative growth and flowering of primocane raspberry 'Ariadne' as affected by prohexadione-calcium treatments. *HortScience* 44: 529-531.
- Patil, G.G., Oi, R., Gissinger, A. & Moe, R. 2001. Plant morphology is affected by light quality selective plastic films and alternating day and night temperature. *Gartenbauwissenschaft* 66: 53-60.
- Solomakhin, A. & Blanke, M.M. 2008. Coloured hailnets alter light transmission, spectra and phytochrome, as well as vegetative growth, leaf chlorophyll and photosynthesis and reduce flower induction in apple. *Plant Growth Regulation* 56: 211-218.