

## **Kasvihuoneen jäädytyksellä parempaan ilmastoon ja satoon**

Liisa Särkkä, Eeva-Maria Tuhkanen, Tiina Hovi-Pekkanen ja Risto Tahvonen

*MTT Kasvintuotannon tutkimus Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö,  
[liisa.sarkka@mtt.fi](mailto:liisa.sarkka@mtt.fi)*

### **Tiivistelmä**

Ympärivuotisessa kasvihuonetuotannossa kesäajan ja talvikauden sadot ovat lähes saman suuriset, vaikka talven tuotanto on lähes pelkän tekovalon varassa. Kesällä tuotannon tehokkuutta rajoittaa auringon kasvihuoneita liikaa lämmittävä vaikutus, jonka takia tuuletusluukkuja joudutaan pitämään auki. Sen seurauksena kasvulle oleellisen hiilidioksidin määrä kasvihuoneessa vähenee, mikä osaltaan rajoittaa kasvua.

MTT:n tutkimuksissa kasvihuoneen olosuhteita säädettiin jäädytyslaitteiston avulla. Lämpötilaa, hiilidioksidipitoisuutta ja ilman suhteellista kosteutta pystyttiin hallitsemaan avaamalla tuuletusluukkuja, paitsi kesän kuumimpina iltapäivän tunteina. Tällaista kasvihuonetta kutsutaan puolisoljetuksi kasvihuoneeksi (semi-closed greenhouse, engl.).

Viljelykokeita tehtiin kurkulla, tomaatilla ja leikkoruusulla. Kokeissa verrattiin puolisoljetun ja perinteisen luokkutuuletushuoneen (avoin huone) olosuhteissa kasvatettujen kasvien sadon määrää ja laatua toisiinsa. Lisäksi tutkittiin kasvustojen rakennetta ja yhteyttämisaktiivisuutta mahdollisina selittävinä tekijöinä saaduille tuloksille.

Kurkun ja tomaatin kesäsadot suurenivat, ruusun sadon laatu parani ja kasvien rakenne muuttui puolisoljetussa huoneessa verrattuna avoimeen huoneeseen. Kasvihuoneen korkea hiilidioksidipitoisuus ja sitä kautta parantunut lehtien yhteyttäminen selittivät suurimmaksi osaksi saadut tulokset. Lisäksi havaittiin, että puolisoljetussa kasvihuoneessa tulee viljelyolosuhteita kehittää edelleen.

### **Asiasanat**

Kurkku, puolisoljettu kasvihuone, ruusu, tomaatti, viljelytekniikka, yhteyttäminen

## Johdanto

Kasvihuoneen jäädytystä on käytetty maapallon kuumissa maissa jo vuosikymmeniä. Perinteisessä jäädytysmenetelmässä ulkoilma pakotetaan kosteiden seinämien läpi, jolloin sisään menevä ilma on jäähtynyt ja sen hiilidioksidipitoisuus on sama kuin ulkoilmassa. Viime vuosina kasvihuoneen jäädytysmenetelmiä on kehitetty Euroopassa, koska jopa Suomessa kesäaikaan huoneen lämpötila nousee liian korkeaksi. Uusille menetelmille on yhteistä, että tuuletusluukkuja pyritään pitämään kiinni mahdollisimman paljon, jolloin kasvihuoneessa voidaan ylläpitää korkeaa hiilidioksidipitoisuutta. Tällaista huonetta kutsutaan puolisoljetuksi kasvihuoneeksi.

Tämän MTT Piikkiössä tehdyn tutkimuksen tarkoituksena oli verrata puolisoljetussa kasvihuoneessa viljeltyjen kasvien sadon määrää ja laatua avoimessa kasvihuoneessa viljeltyjen kasvien satoon. Avoimeksi kasvihuoneeksi kutsutaan perinteistä kasvihuonetta, jossa ilmaa viilennetään avaamalla kattoluukkuja. Koekasveina olivat leikkoruusu, tomaatti ja kurkku. Koska puolisoljetussa kasvihuoneessa olosuhteita voidaan hallita, hypoteesinä oli, että sadon määrä ja laatu paranevat. Selittävinä tekijöinä tutkittiin mm. kasvien rakennetta ja yhteyttämistehokkuutta. Tässä artikkelissa esitetään vain tutkimuksen keskeisimpiä tuloksia. Tarkemmat tulokset ovat julkaisuissa Särkkä ym. (2006, 2008) ja Luomala ym. (2008).

## Aineisto ja menetelmät

Leikkoruusu-lajiketta 'Happy Hour' viljeltiin noin 1,5 vuotta. Tarkemmat viljelymenetelmät on julkaistu aikaisemmin Särkkä ym. (2008). Oleellisinta ilmaston hallinnassa olivat avoimen ja puolisoljetun huoneen hiilidioksidipitoisuus, jäädytyksen alkamislämpötila puolisoljetussa huoneessa sekä tuuletusluukkujen avautumislämpötila molemmissa huoneissa. Hiilidioksidia syötettiin puhtaana kaasuna (Aga Oy) 20 tuntia/vrk 800 ppm, kun globaali säteily oli yli 400 W/m<sup>2</sup> ja 600 ppm, kun säteily oli alle 400 W/m<sup>2</sup>. Hiilidioksidin syöttö lopetettiin, kun luukut avoimessa huoneessa avautuivat 30 %. Jäädytyskone alkoi toimia 25,5 °C:ssa ja avoimessa huoneessa tuuletusluukut avautuivat 26 °C:ssa. Jos jäädytyskoneen teho ei riittänyt ja lämpötila nousi yli 28 °C, tuuletusluukkuja avattiin enimmillään 15 %.

Tomaattilajiketta 'Encore' viljeltiin helmikuusta syyskuun. Tarkemmat viljelymenetelmät löytyvät julkaisusta Särkkä ym. (2008). Hiilidioksidipitoisuus oli 800 ppm. Avoimen huoneen hiilidioksidin syöttö lopetettiin, kun luukut avautuivat yli 30 %. Jäädytys puolisoljetussa huoneessa ja tuuletus avoimessa huoneessa alkoivat 24 °C:ssa. Puolisoljetun huoneen luukut avautuivat 26 °C:ssa enimmillään 15 %.

Kurkkulajiketta 'Cumuli' viljeltiin kaksi kesää. Tarkemmat viljelymenetelmät on julkaistu Särkkä ym. (2008). Hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvo oli 1000 ppm. Syöttö lopetettiin, kun avoimen huoneen tuuletusluukut avautuivat yli 30 %. Jäädytys puolisoljetussa huoneessa ja tuuletus avoimessa huoneessa alkoivat 26 °C:ssa. Luukut avautuivat puolisoljetussa huoneessa enimmillään 28 % jos ilman lämpötila nousi yli 28 °C.

Kaikkien kokeiden koejärjestelynä oli täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koe, jossa lohkot olivat pesiytyneet käsittelyihin. Tilastolliset testaukset tehtiin SAS 9.13 ohjelmiston Mixed proseduurilla.

Kokeiden kasvien sadot laskettiin, laatuluokiteltiin ja punnittiin. Vihanneskasveista mitattiin tuore- ja kuivapainot, varren pituus, lehtipinta-ala lehtiplanimetrillä (LI-3100 Li-Cor Inc., Lincoln, USA) ja lehtien lukumäärä viljelyn aikana ja/tai lopussa. Ruusulta tuore- ja kuivapainoja sekä lehtipinta-aloja mitattiin jokaisessa satojaksossa. Kaikilta kasveilta mitattiin yhteyttämiskiinnostus (LI-6400, Li-Cor Inc. Lincoln, USA). Tarkemmat menetelmät löytyvät Särkkä ym. (2008).

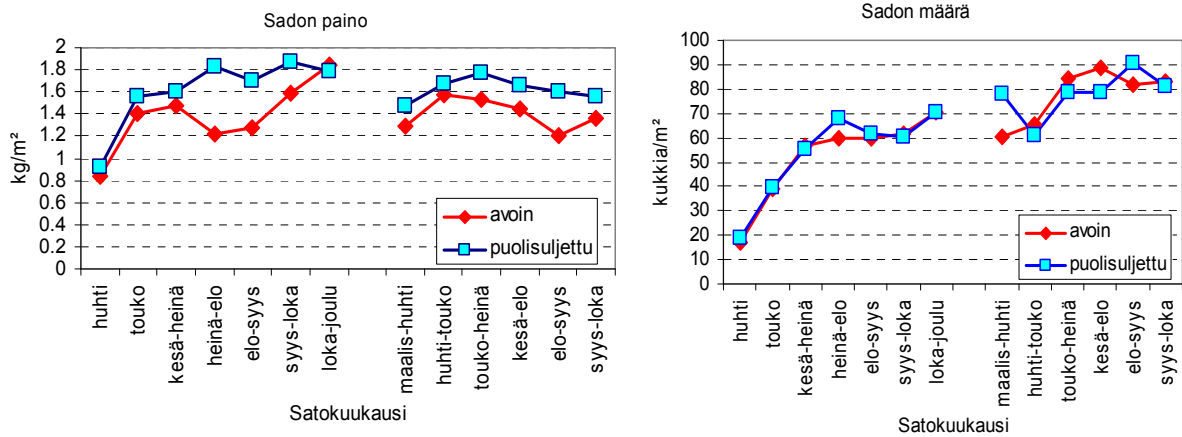
## Tulokset

Ruusun sadon laatu parani puolisoljetussa huoneessa verrattuna perinteiseen huoneeseen, etenkin kesäkuukausina (Kuvio 1) (Särkkä ym. 2008). Laatutekijöinä olivat sadon paino ja pituusluokat. Kukkavarsien lukumäärissä ei ollut eroja. Jäädytyskone oli käytössä maaliskuun ja marraskuun välisenä aikana.

Yhteyttämismittausten hiilidioksidin vastekäyrän mukaan molemmissa huoneissa ruusunlehdet yhteyttivät yhtä hyvin samassa hiilidioksidipitoisuudessa. Koska puolisoljetussa huoneessa

hiilidioksidipitoisuus pysyi avointa huonetta korkeampana, myös yhteyttämisaktiivisuus oli korkeampi. Se selittää ruusun sadon paranemista.

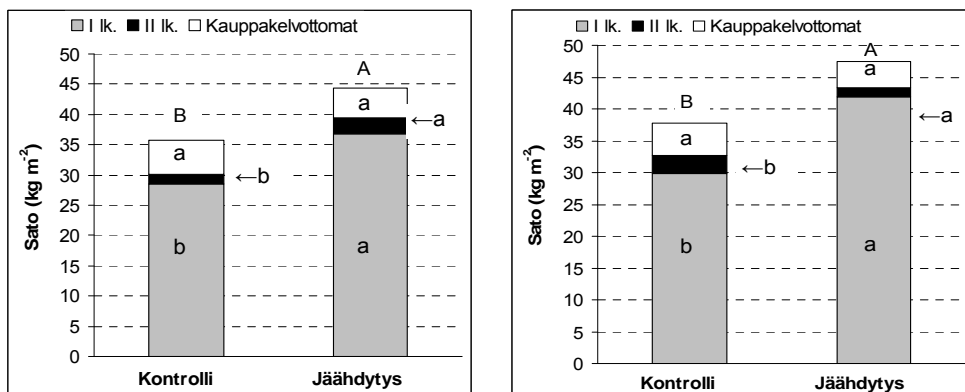
Hollantilaisessa kokeessa ruusun sadon määrä kasvoi suljetussa kasvihuoneessa, toisin kuin meidän kokeessa (Medema 2007). On mahdollista, että kokeemme huoneilman olosuhteet eivät olleet parhaat mahdolliset kyseiselle lajikkeelle. Toisaalta, avoimen huoneen olosuhteet olivat varsin hyvät suurpainesumujen ja varjostusverhojen takia, jotka lievittivät korkean globaalisäteilyn aiheuttamaa ilmastostressiä.



Kuvio 1. Ruusun satotulokset satokuukausittain puolisoljetussa ja avoimessa kasvihuoneessa.

Tomaatin kesäkauden sato oli parempi puolisoljetussa kuin avoimessa kasvihuoneessa. Ensimmäisen laatuluokan kesäsato (vko 23-35) oli puolisoljetussa huoneessa 208 kpl/m² ja avoimessa huoneessa 190 kpl/m² ( $P < 0,05$ ) (Särkkä ym. 2008). Keväällä sadon määrissä ei ollut eroja. Keväällä jäähdytyslaitteistoa ei tarvittu juuri lainkaan, mikä selittää erojen puuttumisen tänä aikana. Kesällä liian kuumassa ja kuivassa ilmassa tomaatin kukkien pölytys vaikeutuu (Peet ym. 2003).

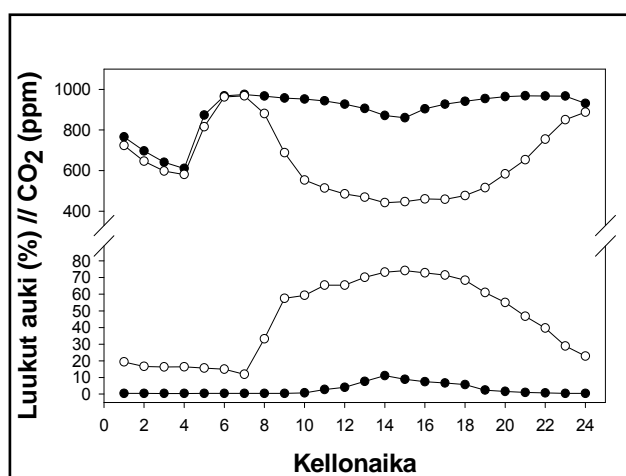
Myös tomaatilla, kuten ruusulla, yhteyttäminen oli tehokkaampaa korkeamman hiilidioksidipitoisuuden puolisoljetussa huoneessa kuin alhaisemman pitoisuuden avoimessa huoneessa. Loppukesällä ero yhteyttämisaktiivisuudessa huoneiden välillä pieneni, mikä oli osoitus lehtien sopeutumisesta korkeaan hiilidioksidipitoisuuteen puolisoljetussa huoneessa. Tämä tulos osoittaa, että tomaatin viljelyoloja pitää kehittää tehokkaimman tuotannon ylläpitämiseksi pitkässä viljelyjaksossa.



Kuvio 2. Kurkun sadot laatuluokittain avoimessa (kontrolli) ja puolisoljetussa (jäähdytys) kasvihuoneessa kahtena eri kesänä, vasemmalla kesä 1, oikealla kesä 2. Tilastollinen ero kussakin laatuluokassa on osoitettu eri kirjaimin, kokonaissadon vertailu isoin kirjaimin ( $P < 0,05$ ).

Kurkun kesäviljelyssä satojen määrät nousivat selvästi puolisoljetussa huoneessa verrattuna avoimeen huoneeseen (Kuvio 2) (Särkkä ym. 2006, 2008). Ensimmäisenä kesänä sadonlisä ei ollut yhtä suuri kuin toisena. Toinen koekestä oli hyvin aurinkoinen ja lämmin, jolloin hyöty jäädytyksestä näkyi vielä ensimmäistä kesää suurempana sadonlisänä.

Kurkkukasvin rakenne muuttui puolisoljetussa huoneessa verrattuna avoimeen huoneeseen. Puolisuljetussa huoneessa nivelväli oli pidempi, lehtien lukumäärä pienempi ja lehtipinta-ala suurempi kuin avoimessa huoneessa ( $P < 0,05$ ) (Särkkä ym. 2006). Lehtipinta-alan kasvu oli edullista kasvien hiilensidonnan kannalta, sillä suurempi yhteyttävä pinta-ala mahdollisti suuremman kokonaissnettofotosynteesin. Ylälehtien suurempi pinta-ala oli myös kasvin kasvun kannalta eduksi, sillä ylälehdet yhteyttivät aktiivisimmin (Luomala ym. 2008). Kurkun sadonlisä johtui vähentyneestä hedelmien abortoitumisesta. Abortoitumisen vähentymiseen vaikuttivat puolisoljetun huoneen tasaisempi lämpötila, erityisesti äärimmäisten lämpöhuippujen poisjäänti, sekä myös kasvien paremmat hiilihydraattivarannot. Tarjolla olevien yhteyttämistuotteiden määrä vaikutti hedelmänalkujen kehittymiseen. Puolisuljetun huoneen korkeampi hiilidioksidipitoisuus (Kuvio 3) vaikutti kasvuun nostamalla yhteyttämisenopeutta (Särkkä ym. 2008).



Kuvio 3. Ilman hiilidioksidipitoisuus ja luukkujen aukioloaste puolisoljetussa (suljettu ympyrä) ja avoimessa (avoin ympyrä) kasvihuoneessa elokuun kellonaikojen keskiarvona. Viljelykasvina oli kurkku.

## Johtopäätökset

Tulokset osoittivat, että myös Suomen ilmasto-olosuhteissa kasvihuoneen jäädytys parantaa kasvien sadon määrää ja laatua. Lisäksi tutkimus osoitti, että kasvihuoneolosuhteiden optimointi ei ole vielä valmis. Kun kasvihuoneen olosuhteita pystytään hallitsemaan uusilla jäädytysmenetelmillä, olosuhteiden räätälöinti kasvikohtaisesti on parantunut oleellisesti. Tutkimusta tarvitaan niin optimaalisten hiilidioksidipitoisuuksien kuin lämpötilan, tekovalon, kastelun ja lannoituksen suhteen. Jäädytysmenetelmiä on myös kehitettävä entistä energiatehokkaammiksi ja energiaa talteen ottaviksi, jotta kasvihuoneen kokonaisenergiankulutusta voidaan vähentää ja siten ylläpitää kannattava tuotanto kotimaassa.

## Kirjallisuus

- Luomala, E.-M., Särkkä, L. & Kaukoranta, T. 2008. Altered plant structure and greater yield of cucumber grown at elevated CO<sub>2</sub> in a semi-closed greenhouse. *Acta Horticulturae* 801: 1339-1345.
- Medema, D. 2007. Koelen roos verhoogt productie en kwaliteit. *Vakblad voor de Bloemisterij* 51/52: 56-57.
- Peet, M., Sato, S., Clemente, C. & Pressman, E. 2003. Heat stress increases sensitivity of pollen, fruit and seed production in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to non-optimal vapour pressure deficits. *Acta Horticulturae* 618: 209-215.
- Särkkä, L. E., Hovi-Pekkanen, T., Kaukoranta, T., Tahvonen, R. & Huttunen, J. 2006. Greenhouse Cooling in Summer in Finland – Preliminary Results of Climate Control and Plant Response. *Acta Horticulturae* 719: 439-445.
- Särkkä, L., Luomala E.-M., Hovi-Pekkanen, T., Kaukoranta, T., Tahvonen, R., Huttunen, J. & Alinikula, M. 2008. Kasvihuoneen jäädytyksellä parempaan ilmastoon ja satoon. *Maa- ja elintarviketalous* 122: 102 s.