

Jakojuuriviljely nykyaikaisessa kasvihuonetuotannossa

Kari Jokinen, Liisa Särkkä, Juha Näkkilä ja Risto Tahvonen
*MTT Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö,
kari.jokinen@mtt.fi*

Tiivistelmä

Jakojuuriviljelyssä kasviyksilön juuristo jaetaan eri lohkoihin. Tällöin kullekin juuristo-osuudelle voidaan antaa vaihteleva määrä vettä ja ravinteita. Kasvihuonetuotannossa rajoitetun kasvialustan käyttö tarjoaa hallitun mahdollisuuden jakojuuriviljelytekniikan soveltamiseksi. Tehokkaassa kasvihuonetuotannossa ravinteet ja vesi annetaan samassa liuoksessa, mutta näiden kasvutekijöiden saatavuutta kasvit säätelevät kuitenkin eri fysiologisten mekanismien avulla. Siten on mahdollista, että nykyinen homogeeninen kasvialusta-ravinneliuos-yhdistelmä ei ole kaikkein optimaalisin sadontuoton kannalta.

MTT:n kasvihuonetutkimuksessa selvitettiin, miten kahteen juuristo-ositukseen perustuva jakojuuriviljelytekniikka vaikuttaa kurkun sadonmuodostukseen ja vedenkäyttöön kahdessa erilaisessa kasvihuoneen ilmastoympäristössä. Jakojuuriviljelyssä toisen osion kasteluravinneliuoksen johtokyky oli $1,2 \text{ dSm}^{-1}$ ja toisen $3,5 \text{ dSm}^{-1}$. Yhtenäisjuuriviljelyssä liuoksen johtokyky oli $2,4 \text{ dSm}^{-1}$. Tulokset osoittivat, että jakojuuriviljelyn avulla voidaan kurkun satoa lisätä jopa 20 % perinteiseen yhtenäisjuuriviljelyyn verrattuna. Sadonlisäys oli samansuuruinen sekä tuuletetussa että jäähdytetyssä kasvihuoneessa. Vertailtaessa yhtenäisjuuriviljelyn kurkun satoa tuuletetussa kasvihuoneessa ($19,7 \pm 0,7 \text{ kgm}^{-2}$) ja jakojuuriviljelyn satoa jäähdytetyssä kasvihuoneessa ($32,4 \pm 1,0 \text{ kgm}^{-2}$), oli satoetu merkittävä. Sekä tuuletetussa että jäähdytetyssä kasvihuoneessa jakojuuriviljely vähensi hedelmien abortoitumista, jolloin jakojuuriviljeltyyn kurkkuun kehittyi noin 18 % enemmän kauppakelpoisia hedelmiä. Jakojuuriviljely edisti kurkun vedenottoa. Kurkkusadon laatu ja varastointikestävyys olivat riippumattomia viljelytekniikasta. Tulokset osoittivat, että jakojuuriviljely tehostaa kasvihuonetuotannon resurssien käyttöä ja jatkotutkimuksessa selvitetään menetelmän soveltuvuutta kasvihuonetomaatin ja –paprikan viljelyssä.

Asiasanat: Jakojuuriviljely, johtokyky, kasvihuone, kurkku, lannoitus, ravinteet, vesi

Johdanto

Kotimainen kasvihuonetuotanto on jo nykyisellään tehokasta viljelypinta-alan käyttöä. Tuotantomuodon tulee kuitenkin vastata yhä paremmin tulevaisuuden haasteisiin ympäristövaikutusten pienentämiseksi. Tavoitteiden saavuttamiseksi on tärkeä kehittää uusia biologisia ja teknisiä ratkaisuja siten, että ne tehostavat kasvihuoneen energian käyttöä satoyksikköä kohden. Viljelypinta-alan tuottavuutta voidaan tehostaa uusilla viljelymenetelmillä, jolloin käytettävissä olevien resurssien kuten energian-, ravinteiden- ja vedenkäyttö maksimoidaan.

Jakojuuriviljelyssä kasvin juuristo jaetaan eri lohkoihin. Tällöin kullekin juuristo-osuudelle voidaan antaa vaihteleva määrä vettä ja ravinteita. Sen käyttöä on tutkittu lukuisten avomaalla viljeltyjen kasvien osituskastelussa alueilla, jossa vesi on merkittävin kasvien kasvua rajoittava tekijä. Menetelmän avulla voidaan tehostaa mm. kasvien vedenkäyttöä ja sadon laatua (Morison ym. 2008).

Kasvihuonetuotannossa rajoitetun kasvualustan käyttö tarjoaa hallitut olosuhteet jakojuuriviljelystekniiikan soveltamiseksi. Nykyaikaisessa kasvihuonetuotannossa sekä veden että ravinteiden annostelu perustuu säännölliseen tippukasteluun. On kuitenkin mahdollista, että nykyinen homogeeninen kasvualusta-ravinneliuos-yhdistelmä ei ole kaikkein optimaalisin sadontuoton kannalta, koska ravinteet ja vesi annetaan samassa liuoksessa, mutta näiden kasvutekijöiden saatavuutta juuristossa säätelevät eri fysiologiset mekanismit. Kasvihuonekurkku on runsaasti ravinteita vaativa kasvi, mutta on myös herkkä juuriston korkealle suolapitoisuudelle (Sonneveld ja Voogt 1978). Parhaiten ravinneliuoksen suolapitoisuutta kuvaa sen johtokyky (engl. electrical conductivity, EC). Kun johtokyky on liian korkea ($EC > 3,5 \text{ dSm}^{-1}$), saattaa liuoksen suuri suolapitoisuus aiheuttaa kasvin vedenoton vaikeutumista ja tasapainotonta ravinteidenottoa (Puustjärvi 1973). Vastaavasti liian laimeasta liuoksesta ($EC < 0,5 \text{ dSm}^{-1}$) kasvit eivät saa riittävästi ravinteita (Sonneveld 2000), jolloin sadonmuodostus intensiivisessä kasvihuonekurkun tuotannossa saattaa heikentyä.

Ravinneliuoksen johtokyvyn ja kasvin sadontuoton välinen optimaalinen suhde riippuu myös viljelyn intensiteetistä (Sonneveld 2000). Tällöin sekä veden että ravinteiden saatavuuden kannalta nykyisin käytössä oleva kasvihuonekurkun suositeltu ravinneliuos ($EC=2,5-4,0 \text{ dSm}^{-1}$) ei välttämättä ole paras mahdollinen kaikissa tuotanto-oloissa. Myös kasvihuoneen ilmastoa voidaan optimoida kasvin tarpeita vastaaviksi. Kasvihuoneen hiilidioksidin lisäyksen tiedetään tehostavan sekä sadontuottoa että vedenkäyttöä (Stanghellini 2003, Särkkä ym. 2006, Sanchez-Guerrero ym. 2009) ja lisäävän kasvien suolankestävyyttä (Sonneveld 2000). Sadontuoton lisääntyessä ravinteiden tarve kasvaa, jolloin kasteluliuoksen ravinnepitoisuutta tulisi mahdollisesti lisätä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko intensiivisesti viljellyn kasvihuonekurkun sadontuottoa tehostaa hyödyntämällä jakojuuriviljelystekniiikkaa. Tällöin kasvin juuristo kasvaa kahdessa erillisessä kasvualustaosiossa, jolloin toisen osion kasteluliuoksen ravinnepitoisuus on matala ja toisen korkea. Teoriassa matalasta ravinnepitoisuudesta kasvit ottavat tehokkaasti vettä ja korkeasta vastaavasti ravinteita. Viljelyn intensiteetin vaikutusta sadontuottoon selvitettiin sekä tuuletetussa että jäähdytetyssä kasvihuoneessa, jossa jälkimmäisessä kyetään ilman hiilidioksidipitoisuutta pitämään korkeana.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimus toteutettiin kasvihuonekokeena (MTT Kasvintuotannon tutkimus, Piikkiö), jossa koetekijät olivat juuriston ositus ja kasvihuoneen ilmasto. Juuriston ositus koostui kahdesta käsittelystä: yhtenäisjuuriviljely (YJV) ja jakojuuriviljely (JJV). Yhtenäisjuuriviljelyssä kasvien juuristo kasvoi koko kasvualustassa, joka oli turvelevy (pituus 100 cm, leveys 20 cm, korkeus 9 cm). Jakojuuriviljelyssä turve oli jaettu pitkittäissuunnassa kahteen osioon, jolloin kasviyksilön juuristo jakautui molemmille puolille. Puoliskot oli erotettu seinämällä siten, että toiseen osioon johdettiin johtokyvyltään laimeaa ja toiseen väkevää kasteluravinneliuosta. Yhtenäisjuuriviljelyssä kasteluravinneliuoksen johtokyky oli $2,4 \text{ dSm}^{-1}$. Jakojuuriviljelyssä laimean liuoksen johtokyky oli $1,2 \text{ dSm}^{-1}$ ja väkevän $3,5 \text{ dSm}^{-1}$. Liuosten pH oli 5,5 – 6,5. Kasteluravinneliuos oli Kekkilän Superex, jonka ravinnepitoisuudet johtokyvyn arvolla $2,0 \text{ dSm}^{-1}$ olivat seuraavat (mg l^{-1}): N 218, P 42, K 303, Ca 137, Mg 38, S 30, Fe 0.92, Mn 0.42, B 0.26, Zn 0.14, Cu 0.08, Mo 0.05 and Co 0.01. Molemmissa käsittelyissä kunkin kasvin juuriston turvetilavuus oli 4,5 l. Koko kasvatusjakson ajan kasteluravinneliuosta annettiin tippukasteluna päivittäin siten, että ylikastelu oli noin 30-40 %.

Koetekijöistä kasvihuoneen ilmasto koostui kahdesta erillisestä kasvihuoneosastosta (130 m²), jossa toisessa ilmaston hallinta perustui perinteiseen tuuletukseen kattoluukkujen kautta (avoin huone) ja toisessa koneelliseen jäähdytykseen (puolisuljettu huone). Jäähdytysmenetelmä säätöarvotavoitteen on kuvattu aikaisemmin (Särkkä ym. 2006). Kasvihuoneen jäähdytys mahdollisti ilman korkeamman hiilidioksidipitoisuuden ylläpidon koko kasvatusjakson ajan ollen säännöllisesti lähellä tavoitearvoa (1000 ppm). Tuuletetussa huoneessa tähän tavoitteeseen päästiin vain muutamana tuntina päivässä, jolloin tuuletusluukut voitiin pitää kiinni. Jäähdytetyssä huoneessa hiilidioksidipitoisuus oli keskimäärin 900 ppm ja tuuletetussa 530 ppm.

Kurkun (lajike Cumuli) siemenet kylvettiin kivivillakuutioihin (10x10x7,5 cm) 12. toukokuuta 2008. Taimikasvatus tehtiin vuoksi-luode pöydällä. Kastelulannoitusliuoksena käytettiin Kekkilän viljelmäkohtainen Superex, jonka johtokyky oli 2,5 dSm⁻¹ ja pH 5.5. Kasvatushuoneen lämpötila oli päivällä 22°C ja yöllä 20°C.

Taimet siirrettiin koeolosuhteisiin kolmen viikon ikäisinä, jolloin niissä oli viisi kasvulehteä ja taimien pituus oli 40 cm. Koe tehtiin kuutena lohkona. Jokaisessa rinnakkaiskäsitelyssä oli kahdeksan tainta. Koekasveja kasvatettiin 11 satoviikkoa. Kasveja viljeltiin alaslaskumenetelmällä ja ylätuki oli 3,4 m korkeudella. Kasvitiheys oli 2,3 kasvia m⁻². Tekovaloa annettiin, kun ulkona globaalisäteilyä oli vähemmän kuin 150 Wm⁻². Valonlähteenä olivat suurpainenatrium-lamput (HPS) ja PAR-säteilyn intensiteetti oli 220 μmol m⁻²s⁻¹.

Kurkun sato korjattiin neljästi viikossa 19. kesäkuuta alkaen (viikko 25). Hedelmien paino punnittiin. Sadosta määritettiin kauppakelpoisten kurkkujen osuus, joka ainoastaan ilmoitetaan tuloksissa. Lehtien koko mitattiin ottamalla satunnaisesti 20 täysin auennutta lehteä kustakin käsittelystä viikolla 20 ja kokeen lopussa. Kokeen lopussa kunkin varren lehtihankojen lukumäärä laskettiin, joka ilmaisee myös potentiaalisten hedelmien lukumäärän. Kunkin yksilön lehtien paino laskettiin kertomalla koko varren lehtihankojen lukumäärä keskimääräisellä lehden painolla. Kokeen lopussa mitattiin varren pituus ja paino. Hedelmien kehitysprosentti laskettiin jakamalla yksilön hedelmien lukumäärä potentiaalisten hedelmien lukumäärällä. Satoindeksi laskettiin jakamalla yksilön hedelmien paino yksilön kokonaispainolla. Hedelmien varastointikestävyys määritettiin arvostelemalla hedelmien (24 hedelmää käsittely⁻¹) värin muutos (vihreä-keltainen) ja kiinteys (kova-pehmeä) kuusiportaisella asteikolla kolmen viikon varastointijakson (+13°C) aikana.

Kastelulannoitusliuoksen ja ylikastelun määrää seurattiin päivittäin. Näiden erotuksena määritettiin kasvien ottaman veden määrä. Vedenkäytön tehokkuus satoviikoilla laskettiin jakamalla viikoittainen sato kasvien ottamalla veden määrällä ja ilmaistaan g hedelmiä l⁻¹ vettä⁻¹.

Koejärjestely oli täydellisesti satunnaistettujen lohkojen koe, jossa lohko oli pesiytynyt käsittelyyn. Tulosten tilastollinen analyysi tehtiin varianssianalyysillä (SAS Versio 9.1. Mixed procedure).

Tulokset ja tulosten tarkastelu

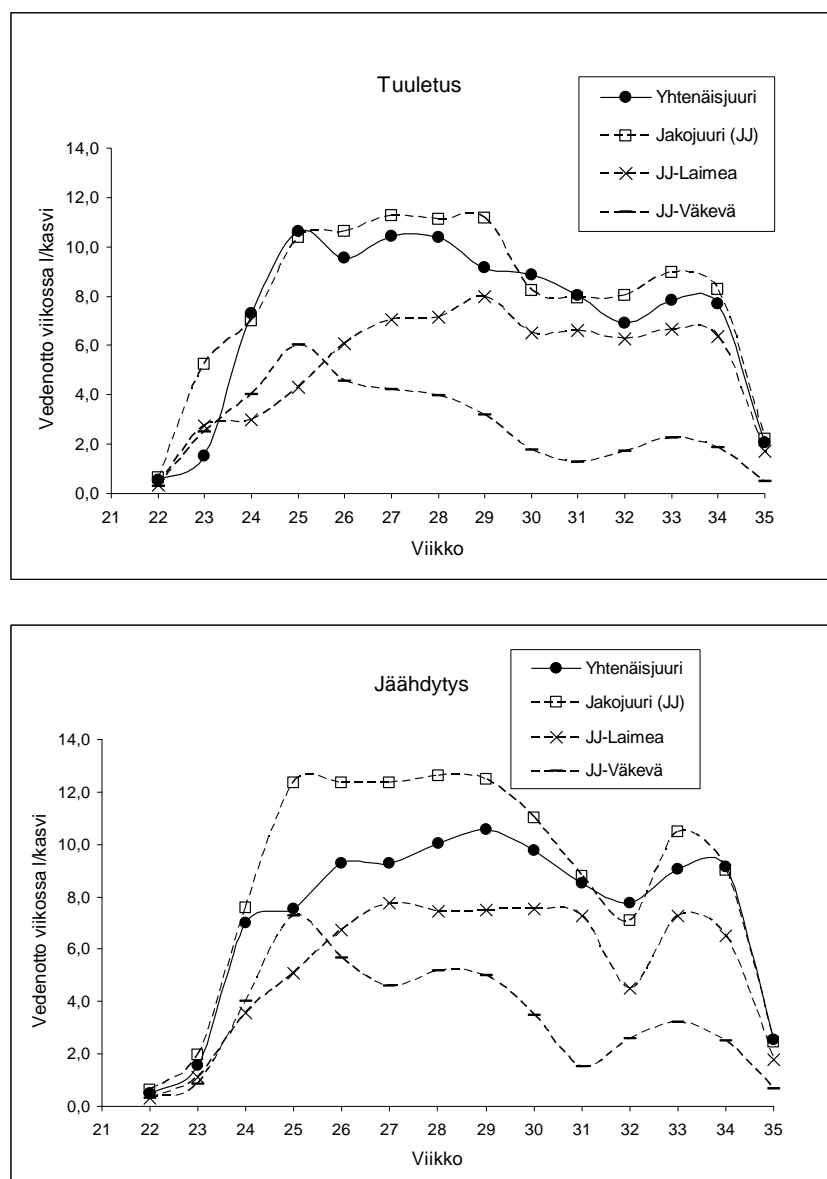
Kurkun jakokuuriviljely, jossa toiseen osioon annettiin ravinteiltaan laimeaa ja toiseen väkevää kasteluliosta edisti kasvien vedenottoa yhtenäisviljelyyn verrattuna ja erityisesti jäähdytetyssä osastossa (Kuva 1). Satokaudella kurkun keskimääräinen viikoittainen vedenotto jakokuuriviljelyssä (9,1 ± 0,4 l kasvi⁻¹) oli suurempi kuin yhtenäisjuuriviljelyssä (8,1 ± 0,4 l kasvi⁻¹). Jakokuuriviljelyssä kasvatusliuoksen johtokyky vaikutti selvästi juuriston vedenottoon kurkun ottaessa noin 64 % enemmän vettä juuristolla, jonka kasteluliuksen johtokyky oli matala. Matalan ja korkean johtokyvyn välinen ero vedenoton suhteen kasvoi kasvatusjakson loppua kohti (Kuva 1).

Jakokuuri- ja yhtenäisjuuriviljelyn juuriston visuaalinen tarkastelu osoitti, että korkeimmassa ravinnepitoisuudessa kasvaneet juuret olivat erittäin voimakkaasti haaroittuneita ja laimeimmassa kasvaneet niukasti haaroittuneita. Juuriston haarautuneisuus, mutta myös ravinteidenoton tehokkuus juuriston pinta-alaa kohti on yleensä suurempi ravinnerikkaassa ympäristössä (Robinson 1994).

Juuriston ositus vaikutti vähäisessä määrin kurkun maanpäällisen osan vegetatiiviseen kasvuun (Taulukko 1). Jakokuuriviljelyn kasvit olivat pidempiä ja niissä oli enemmän lehtiä kuin yhtenäisjuuriviljelyn kasveissa. Jakokuuriviljelyllä oli myös lievä positiivinen vaikutus lehtien ja varren painoon.

Ensisijaisesti jakokuuriviljely edisti kurkun sadonmuodostusta (Taulukko 2). Tuuletetussa osastossa jakokuuriviljelyn kurkun sato oli 21 % ja jäähdytetyssä osastossa 17 % suurempi kuin yhtenäisjuuriviljelyssä olleen kurkun sato. Vertailtaessa yhtenäisjuuriviljelyn kasvien satoa tuuletetussa kasvihuoneessa (19.7 ± 0.7 kgm⁻²) ja jakokuuriviljelyn satoa jäähdytetyssä kasvihuoneessa (32.4 ± 1.0 kgm⁻²), oli satoetu merkittävä. Tuuletetussa osastossa jakokuuriviljely paransi myös kasvien vedenkäytön

tehokkuutta ($\text{g hedelmiä l}^{-1} \text{ vettä}^{-1}$) (Tuuletus: jakokuuriviljely 106 ± 9 ja yhtenäisjuuriviljely 94 ± 9 , Jäähdytys: jakokuuriviljely 127 ± 10 ja yhtenäisjuuriviljely 128 ± 8). Käsittelyillä ei ollut merkitsevää vaikutusta kauppakelpoisten kurkkujen osuuteen eikä hedelmien varastointikestävyyteen (tuloksia ei esitetä).



Kuva 1. Kurkun viikoittainen vedenotto yhtenäisjuuri- ja jakokuuriviljelyssä sekä tuuletetussa että jäähdytetyssä kasvihuoneessa.

Turvealustalla ja intensiivisissä viljelyoloissa tehdyn kasvihuonetutkimuksen tulokset osoittivat, että jakokuuriviljelyn avulla voidaan kurkun satoa lisätä jopa 20 % perinteiseen yhtenäisjuuriviljelyyn verrattuna. Vastaavissa olosuhteissa tehtyjä tutkimustuloksia ei ole aikaisemmin julkaistu. Kun kasvu- alustana käytettiin kivivillaa, oli jakokuuriviljelyn satoetu noin 6 % (Sonneveld ja de Kreij 1999). Mikäli ravinneliuoksen johtokyky (osmoottinen paine) on liian korkea, saattaa se aiheuttaa kurkun kasvun heikkenemistä ja sadon alennusta (Sonneveld ja de Kreij 1999, Giuffrida ym. 2008). Viljely- kasvista ja kasvuolosuhteista riippuen kasvua rajoittavan johtokyvyn raja-arvo saattaa olla jopa lähellä kahta (Sonneveld 2000, James ja van Iersel 2001, Reina-Sanchez ym. 2005). Tässä kokeessa yhtenäis- juuriviljelyssä kasteluliuoksen johtokyky oli $2,4 \text{ dSm}^{-1}$, mutta kasvualustassa saattaa johtokyky ajoit- tain olla korkeampi kasvien ottaessa vettä intensiivisen kasvun aikana (Sonneveld 2000). Kasvuston vesivajausta esiintyy Suomen oloissa erityisesti kesäajan viljelyssä, jolloin säteilenergiaa kasvun

kannalta olisi riittävästi (Puustjärvi 1973). Veden- ja ravinteidenotto eivät myöskään ole aina fysiologisesti yhdenmukaisia (Guo ym. 2007). Näin ollen kurkun yhtenäisjuuriviljelyssä saattoi esiintyä lievää osmoottista stressiä, joka mahdollisesti heikensi kurkun vedensaintia. Siten jakokuuriviljelyssä kasvit kykenevät ottamaan vettä laimeasta kasteluliuksesta, mikä johtaa lisääntyneeseen sadonmuodostukseen kuten tämän tutkimuksen tulokset osoittivat. Vaikka jakokuuriviljelytekniikalla voidaan saada merkittävää satoetua, tulee jatkotutkimuksissa sekä laimean että väkevän ravinneliuksen johtokyky (EC) optimoida nykyistä tarkemmin.

Taulukko 1. Kurkun kasvu yhtenäisjuuri- ja jakokuuriviljelyssä sekä tuuletetussa että jäädytetyssä kasvihuoneessa.

Käsittelyt		Lehtien lkm		Lehti tp		Varsi tp		Lehti+Varsi tp		Kokonais tp		Varren pituus	
Viljely	Ilmasto	kpl/kasvi	se	g/lehti	se	g/kasvi	se	g/kasvi	se	g/kasvi	se	cm	se
YJV	T	94,1	0,8	24,4	0,6	963	15	3265	77	11844	332	915	11
JJV	T	95,6	0,6	26,2	0,7	1001	16	3503	98	13891	386	939	7
YJV	J	86,6	0,9	26,1	0,5	990	14	3248	68	15231	196	889	21
JJV	J	90,1	0,9	25,5	0,7	1023	23	3327	102	17415	468	926	15
Tuuletus (T)		94,9		25,3		982		3384		12867		927	
Jäädytys (J)		88,4		25,8		1007		3287		16323		908	
J/T*100		93		102		103		97		127		98	
Yhtenäisjuuri (YJV)		90,4		25,2		977		3256		13537		902	
Jakokuuri (JJV)		92,9		25,9		1012		3415		15653		933	
JJV/YJV*100		103		102		104		105		116		103	
Varianssianalyysi													
Viljely (V)		**				*		*		***		**	
Ilmasto (I)		***								***			
I*V													

Arvot ovat kuuden lohkon keskiarvoja.se=keskiarvon keskivirhe. *,**,*** osoittavat P< 0,05, 0,01 ja 0,001.

Taulukko 2. Kurkun sadonmuodostus yhtenäisjuuri- ja jakokuuriviljelyssä sekä tuuletetussa että jäädytetyssä kasvihuoneessa.

Käsittelyt		Sato		Hedelmät		Hedelmän paino		Hedelmien kehitys		Satoindeksi	
Viljely	Ilmasto	kg/m ²	se	kpl/kasvi	se	g/hedelmä	se	%	se		se
YJV	T	19,7	0,7	24,8	0,8	346	2	26,4	0,8	72,4	0,7
JJV	T	23,9	0,8	29,5	1,0	352	2	30,9	1,2	74,7	0,7
YJV	J	27,6	0,6	32,1	0,5	374	3	37,1	0,9	78,6	0,7
JJV	J	32,4	1,0	37,3	1,2	378	3	41,4	1,3	80,9	0,6
Tuuletus (T)		21,8		27,2		349		28,6		73,6	
Jäädytys (J)		30,0		34,7		376		39,2		79,8	
J/T*100		137		128		108		137		108	
Yhtenäisjuuri (YJV)		23,6		28,4		360		31,7		75,5	
Jakokuuri (JJV)		28,1		33,4		365		36,2		77,8	
JJV/YJV*100		119		118		101		114		103	
Varianssianalyysi											
Viljely (V)		***		***		*		***			
Ilmasto (I)		***		***		***		***			
I*V											

Arvot ovat kuuden lohkon keskiarvoja.se=keskiarvon keskivirhe. *,**,*** osoittavat P< 0,05, 0,01 ja 0,001.

Kurkun satokomponenteista jakokuuriviljely lisäsi ennen muuta hedelmien lukumäärää yksilöä kohti sekä tuuletetussa että jäädytetyssä osastossa (Taulukko 2). Jakokuuriviljelyn kasviyksilön potentiaa-

linen hedelmien lukumäärä oli hieman suurempi (lehtien lukumäärä kasvi⁻¹) kuin yhtenäisjuuriviljelyn. Jakojuuriviljelyn yksilön hedelmäaiheista kehittyi myös suhteellisesti enemmän kauppakelpoisia hedelmiä. Näin ollen jakojuuriviljely vähensi hedelmien abortoitumista. Kasteluliuksen korkean johtokyvyn on todettu erityisesti vähentävän kurkkuun kehittyvien hedelmien lukumäärää (Giuffrida ym. 2008).

Eniten potentiaalisista hedelmän aiheista kehittyi hedelmiksi jakojuuriviljelyssä ja jäädytetyssä osastossa (Taulukko 2). Jäädytetyssä osastossa oli myös korkeampi ilman hiilidioksidipitoisuus. Siten korkeampi hiilidioksidipitoisuus edisti kasvin nettofotosynteesiä (Luomala ym. 2008) johtaen suurempaan liukoisten sokerien muodostukseen, jolloin yksilön fytoomassa lisääntyi (Taulukko 1). Kurkun lisääntynyt fytoomassa oli lähinnä seurausta suuremmasta hedelmien lukumäärästä. Kun kurkun satopotentiaali on suuri, ovat kehittyvät hedelmät ensisijaisia yhteyttämistuotteiden nieluja (Marcelis 1993). Siten jäädytetyssä osastossa fotosynteesituotteet kulkeutuivat pääasiassa kehittyviin hedelmiin, jolloin myös jakojuuriviljelyn suurempi satopotentiaali toteutui paremmin johtaen suurempaan satoon ja satoindeksiin yhtenäisjuuriviljelyyn verrattuna. Ilman korkeamman hiilidioksidin pitoisuuden tiedetään yleisesti lisäävän kurkun satoa (Kimball 1986, Akilli ym. 2000, Särkkä ym. 2006, Luomala ym. 2008, Sanchez-Guerrero ym. 2009).

Tämän tutkimuksen tulokset osoittivat, että jakojuuriviljelyssä kasvit pystyvät paremmin hyödyntämään myös kasvihuoneen korkeamman hiilidioksidipitoisuuden sadonmuodostukseen kuin yhtenäisjuuriviljelyssä. Jakojuuriviljelytekniikka edesauttoi veden ja mahdollisesti myös ravinteiden käyttöä. Juuriston ravinteidenoton on todettu tapahtuvan ensisijaisesti kasvualustan ravinnerikkaammasta osasta, ellei se häiriinny liian korkean ravinnepitoisuuden ($EC > 4 \text{ dSm}^{-1}$) vuoksi (Sonneveld 2000). Vaikka tässä tutkimuksessa ei analysoitu ravinteidenottoa, on todennäköistä, että kasvit ottivat niitä riittävästi, koska jakojuuriviljelyn satoetu oli merkittävä. Ravinteista tyyppi saattaa kuitenkin muodostua kasvua rajoittavaksi tekijäksi, jos ilman hiilidioksidipitoisuus on korkea (Geiger ym. 1999). Näin ollen jatkotutkimuksissa on tärkeää seurata myös ravinteiden käyttöä intensiivisen kasvun ja sadonmuodostuksen aikana.

Johtopäätökset

MTT:n kasvihuonetutkimuksessa selvitettiin, miten kahteen juuristo-ositukseen perustuva jakojuuriviljelytekniikka vaikuttaa turvealustassa viljellyn kurkun sadonmuodostukseen ja vedenkäyttöön kahdessa erilaisessa kasvihuoneen ilmasto-ympäristössä. Tulokset osoittivat, että jakojuuriviljely edisti kasvien vedenottoa ja lisäsi kurkun satoa jopa 20 % perinteiseen yhtenäisjuuriviljelyyn verrattuna. Jakojuuriviljelyssä kasvit pystyivät paremmin hyödyntämään myös kasvihuoneen korkeamman hiilidioksidipitoisuuden sadonmuodostukseen kuin yhtenäisjuuriviljelyssä. Siten jakojuuriviljelytekniikkaa tehostaa intensiivisen kasvihuonetuotannon resurssien käyttöä. Jatkotutkimuksissa selvitetään menetelmän soveltuvuutta kasvihuonetomaatin ja -patrikan viljelyssä.

Kirjallisuus

- Akilli, M., Ozmerzi, A. & Ercan, N.** 2000. Effect of CO₂ enrichment on yield of some vegetables grown in greenhouses. *Acta Hort.* 534: 231–234.
- Geiger, M., Haake, V., Ludewig, F., Sonnewald, U. & Stitt, M.** 1999. The nitrate and ammonium nitrate supply have a major influence on the response of photosynthesis, carbon metabolism, nitrogen metabolism and growth to elevated carbon dioxide in tobacco. *Plant Cell Environ* 22:1177–99.
- Giuffrida, F., Heuvelink, E. & Stanghellini, C.** 2008. Effects of root-zone nutrient concentration on cucumber grown in rockwool. *Acta Hort.* 801:1055-1062.
- Guo, S., Zhou, Y., Shen, Q. & Zhang, F.** 2007. Effect of ammonium and nitrate nutrition on some physiological processes in higher plants – growth, photosynthesis, photorespiration, and water relations. *Plant Biol.* 9:21–29.
- James, E.C. & van Iersel, M.W.** 2001. Fertilizer concentration affects growth and flowering of subirrigated petunias and begonias. *HortScience* 36:40-44.
- Kimball, B.A.** 1986. Influence of elevated CO₂ on crop yield. In: Enoch, H.Z., Kimball, B.A. (Eds.), *Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops (II)*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, ss. 105–115.
- Luomala, E.-M., Särkkä, L. & Kaukoranta, T.** 2008. Altered plant structure and greater yield of cucumber grown at elevated CO₂ in semi-closed greenhouse. *Acta Hort.* 801:1339-1346.
- Marcelis, L.F.M.** 1993. The dynamics of growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 1. Effect of fruit load and temperature. *Sci. Hort.* 54: 107–121.

- Morison, J.I.L., Baker, N.R., Mullineux, P.M. & Davies, W.J.** 2008. Improving water use in crop production. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363:639-658.
- Puustjärvi, V.** 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. Turveteollisuusliitto ry. Julkaisu 1. 172 s.
- Reina-Sanchez, A., Romero-Aranda, R. & Cuartero, J.** 2005. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. *Agric. Water Management* 78:54–66
- Robinson, D.** 1994. The responses of plants to non-uniform supplies of nutrients. 1994. *New Phytol.* 127:635-674.
- Sanchez-Guerrero, M.C., Lorenzo, P., Medrano, E., Baille, A. & Castilla, N.** 2009. Effects of EC-based irrigation scheduling and CO₂ enrichment on water use efficiency of a greenhouse cucumber crop. *Agric. Water Management* 96:429-436.
- Sonneveld, C.** 2000. Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. PhD Thesis. Wageningen University. 150 s. ISBN 90-5808-190-7.
- Sonneveld, C. & de Kreij, C.** 1999. Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salts in the root environment. *Plant and Soil* 209:47–56.
- Sonneveld, C. & Voogt, S.J.** 1978. Effects of saline irrigation water on glasshouse cucumbers. *Plant and Soil* 49:595-606.
- Stanghellini, C.** 2003. Irrigation water: use, efficiency and economics. In: Fernandez, M., Lorenzo, P., Cuadrado, I.M. (Eds.), *Improvement of Water Use Efficiency in Protected Crops*. Dirección General de Investigación y Formación Agraria, Hortimed, FIAPA, Cajamar, Almería, Spain, ss. 23–33.
- 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 Hort.* 719: 439-445.