

*Maatalouden
tutkimuskeskuksen
julkaisuja*

S A R J A A

91

*Risto Tahvonen
Terhi Suojala
Leija Sironen
(toim.)*

**Kasvukauden oloihin
sopeutuva puutarhaviljely**

*Risto Tahvonen, Terhi Suojala
ja Leija Sironen (toim.)*

Kasvukauden oloihin sopeutuva puutarhaviljely

**Horticultural production adapted
to seasonal growing conditions**

Maatalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-596-0

ISSN 1238-9935

Copyright

Maatalouden tutkimuskeskus

Kirjoittajat

Julkaisija

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Painatus

Jyväskylän yliopistopaino 2001

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen Joutsenmerkki.

Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Tiivistelmä

Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, kastelu, kasvinsuojelu, keräkaali, lannoitus, mallit, mansikat, omena, porkkana, rikkakasvit, sipulit

Puutarhakasvien kasvun hallinta ja siihen liittyvät viljelytekniset ratkaisut ovat suurten ja laadukkaiden satojen avain. Olosuhteiden hallintaa ja päätöksentekoa voidaan auttaa kasvumalleilla, joiden soveltaminen avomaalle on haastavaa, koska vain osa kasvutekijöistä on ihmisen hallittavissa. Maatalouden tutkimuskeskuksessa vuosina 1998–2000 tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli laatia avomaalla viljeltävien puutarhakasvien kasvumalleja, joita voitaisiin hyödyntää nykyaikaisella tietotekniikalla.

Tutkimuksessa viljeltiin tärkeimpiä kasveja nykytiedon mukaan parhailla viljelymenetelmillä. Erityinen paino oli kastelun hallinnassa ja kasteluun liittyvässä lannoituksessa. Tutkimuksessa hyödynnettiin myös vanhempia tutkimusaineistoja. Uusiin ja vanhojen aineistojen avulla kuvattiin kasvien kasvua ja kehitystä, arvioitiin kasvintuhoojien esiintymistä ja mallinnettiin

kasvien veden ja ravinteiden ottoa. Viljelyn tueksi laadittiin malleja hyödyntävä tietokoneohjelma, joka tukee viljelytoimien suunnittelua ja kasvukauden aikaista päätöksentekoa.

Kenttäkokeet osoittivat, että mansikan ja vihannesten hyvä kasvu edellyttää tasais- ta maan kosteutta ja että lannoitustavalla on usein paljon pienempi merkitys kuin vesitaloudella. Tihkukastelu osoittautui toimivaksi menetelmäksi mansikan kasteluun. Kokeissa määritettiin myös koekasvien ravinteiden otto. Kasvinsuojelututkimuksessa pääpaino oli rikkakasveissa, joiden taimettumisrytmi määritettiin sääoloiltaan erilaisina vuosina. Taimettumistietoa voidaan hyödyntää suunniteltaessa torjunnan oikeaa ajoitusta. Lisäksi taimettumista voidaan aikaistaa tai viivästyttää viljelytekniisin keinoin.

Tahvonen, R. ¹⁾, Suojala, T. ¹⁾ & Sironen, L. (eds.) 2001. Horticultural production adapted to seasonal growing conditions. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 91. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 79 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-596-0.

¹⁾ Agricultural Research Centre of Finland, Plant Production Research, Horticulture, Toivonlinnantie 518, FIN-21500 Piiikkiö, Finland, risto.tahvonen@mtt.fi, terhi.suojala@mtt.fi

Abstract

Key words: horticultural plants, cultivation, apple, cabbage, carrot, fertilizer application, irrigation, models, onion, plant protection, strawberry, weeds

Control of growth is the basis of a high yield of good-quality horticultural crops. Growth models can be used both as a means to control growing conditions and in decision-making. Under open field conditions, application of growth models is challenging, since it is not possible to control all growth factors. In 1998–2000 the Agricultural Research Centre of Finland carried out research to develop models that could be utilized with the aid of modern computer technology.

The most important open-field crops were cultivated with the best possible technology available. Great emphasis was placed on irrigation and fertigation. Earlier experimental data were also used to create models for crop growth and development, the occurrence of pests and diseases, and the water and nutrient uptake of plants. The models were included in a

computer program which facilitates planning of cultivation measures and decision-making during the growing season.

Field experiments showed that good growth of strawberry and vegetables requires a steady soil moisture content and that fertilization practices are often less important than water management. Drip irrigation turned out to work well for strawberry. The nutrient uptake of experimental crops was also measured. In plant protection research, the major effort was directed at weeds, the emergence rhythm of which was determined during growing seasons varying in weather conditions. Knowledge of the rhythmicity of weed emergence can be utilized to plan the optimal timing of weed control. Emergence can also be hastened or delayed by means of cultivation technology.

Esipuhe

Puutarhakasvien kasvun hallinta ja siihen liittyvät viljelytekniset ratkaisut ovat suurten ja hyvälaatuisten satojen avain. Kasvun hallinta on tällä hetkellä parhaiten teknisesti toteutettavissa kasvihuoneissa, joissa kastelun ja lannoituksen lisäksi hallitaan ilmastolosuhteet. Tästä syystä kasvihuonesadot ovatkin kymmenkertaiset verrattuna avomaapuutarhakasvien satoihin. Erityisesti kun on opittu hallitsemaan kasteluun ja valoon liittyvät tekijät ja mittaustekniikat, ovat satotasot nousseet kasvihuoneissa 2–3-kertaisiksi. Kasvumallit, jotka tukeutuvat säätötekniikan antamiin ajantasaisiin tietoihin kasvuolosuhteista, voivat parhaimmillaan auttaa olosuhteiden hallintaa ja sitä tukevaa päätöksentekoa. MTT:ssa onkin ensimmäisenä maailmassa valmistettu säätötekniikkaan soveltuva kasvumallitekniikka, Vihertohtori.

Kasvumallien soveltaminen avomaalle on haastava tutkimuskokonaisuus, koska vain osa kasvutekijöistä on ihmisen hallittavissa. Toisaalta nykyaikainen tietojenkäsittelytekniikka mahdollistaa valtaviin tietomäärien käsittelyn ja monimutkaisten laskutoimitusten tekemisen muutamassa hetkessä. Tämä mahdollistaa tutkimuksellisen tiedon valjastamisen kasvin kasvun ja kasvia haittaavien tekijöiden, kuten kasvintuhoojien, käyttäytymisen kuvaamiseen ja ennustamiseen tapahtuneiden olosuhteiden ja tiedossa olevien kasvutekijöiden kuten maalajien perusteella. Näin voitaisiin tulevaisuudessa saada tosiasioihin perustuvaa apua viljelyratkaisujen tekemiseen. Näiden ylevien ajatusten siivittämänä aloitettiin tutkimus, jonka tavoitteena oli tehdä avo-

maapuutarhakasvien kasvumalleja, joita voitaisiin hyödyntää nykyaikaisella tietotekniikalla.

Maatalouden tutkimuskeskuksessa tehtiin vuosina 1998–2000 tutkimus avomaapuutarhakasvien kasvumalleista. Tutkimuksessa kasvatettiin tärkeimpiä kasveja joko parhailla tiedossa olevilla viljelymenetelmillä tai menetelmillä, joiden soveltaminen Suomen oloissa voisi olla edullista. Erityinen paino tutkimuksissa oli kastelun hallinnassa ja kasteluun liittyvässä lannoitusmenetelmissä. Tutkimuksessa käytettiin lisäksi vanhempia tutkimusaineistoja hyödyksi. Niiden ja nyt saatujen havaintoaineistojen avulla yritettiin kuvata kasvien kasvua ja kehitystä, arvioida kasvintuhoojien esiintymistä ja mallittaa kasvien veden ja ravinteiden ottoa. Jotta tämä laaja havainto- ja tutkimusaineisto saataisiin konkreettiseen käyttöön, kehitettiin avomaapuutarhakasvien viljelyn tueksi laaja tietokoneohjelma. Se auttaa hallitsemaan kastelun, lannoituksen, kasvinsuojelun ja kasvien kasvuun liittyviä tietoja ja valitsemaan/tekemään oikeita viljelyratkaisuja.

Tutkimuksen suorittamiseen osallistivat Maatalouden tutkimuskeskuksen vastuualueista Puutarhatuotanto sekä Pelto- kasvit ja maaperä. Myös Kemira Agro Oy osallistui hankkeeseen. Tutkimusta rahoitti edellä mainittujen tahojen lisäksi maa- ja metsätalousministeriö. Allekirjoittanut kiittää kaikkia tutkimukseen osallistujia poikkeuksellisen menestyksellisestä työstä ja rahoittajia Suomen puutarhatalouden kannalta hyvistä rahoituspäätöksistä.

Risto Tabvonen

Professori

Hankkeen vastuullinen johtaja

Sisällys

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Esipuhe.	5
<i>Tabvonen, R., Hoppula, K., Ylämäki, A. & Pulkkinen, J.</i> Mansikan tarkennettu lannoitus ja kastelu	7
<i>Tabvonen, R., Hoppula, K. & Ylämäki, A.</i> Mansikan kasvu keväästä syksyyn	14
<i>Hoppula, K., Salo, T. & Pulkkinen, J.</i> Mansikan typen otto ja jakautuminen kasvissa	19
<i>Salo, T. & Pulkkinen, J.</i> Mansikan fosforin ja kaliumin otto	27
<i>Vanbala, P.</i> Rehevä mansikka tukahduttaa rikkakasveja	33
<i>Vanbala, P.</i> Rikkakasvien taimettuminen istukassipulilla ja porkkanaharjussa	40
<i>Suojala, T., Salo, T., Kallela, M., Pulkkinen, J. & Kaukoranta, T.</i> Keräkaalin, sipulin ja porkkanan kastelu ja lannoitus.	45
<i>Salo, T., Suojala, T., Kallela, M. & Pulkkinen, J.</i> Vihannesten ravinteiden otto	54
<i>Suojala, T. & Kallela, M.</i> Lannoitustavan ja sadonkorjuuajan vaikutus vihannesten varastokestävyteen ja laatuun	62
<i>Kaukoranta, T. & Väisänen, J.</i> Tietokoneohjelma lannoituksen ja kastelun suunnitteluun ja lämpösunnan käyttöön	70
<i>Tabvonen, R., Hoppula, K., Kallela, M., Kaukoranta, T., Salo, T., Suojala, T., Pulkkinen, J., Vanbala, P., Väisänen, J. & Ylämäki, A.</i> Yhteenveto	76

Mansikan tarkennettu lannoitus ja kastelu

Risto Tahvonen¹⁾, Kalle Hoppula¹⁾, Arto Ylämäki¹⁾ & Janne Pulkkinen²⁾

¹⁾*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, risto.tahvonen@mtt.fi, kalle.hoppula@mtt.fi, arto.ylamaki@mtt.fi*

²⁾*Kemira Agro Oy, PL 330, 00101 Helsinki, janne.pulkkinen@kemira.com*

Satoikäistä mansikkakasvustoa piti kastella tihkuletkuilla 3 l/taimi/viikko satokautena, jotta maan kosteus pysyi riittävänä kasveille helposti saatavan veden alueella. Vastaavasti istutusvuonna kastelutarve oli 0,7–0,8 l/taimi/viikko. Paras kosteusalue oli tensiometrillä mitaten 0,2–0,3 bar. Tihkulet-

kujen kautta tehty lannoitus antoi saman sadon kuin lannoitus päältä eli 600–900 g/kasvi, riippuen maan kosteustilasta ja kasvuston iästä. Ilman tihkukastelua sato putosi 900 grammasta kasvia kohden 600 grammaan.

Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, kastelu, kastelumenetelmät, kosteus, maa-aines, sato, tensiometri

Adjusted fertilizing and irrigation of strawberry

The yield producing strawberry had to be drip irrigated at a rate of 3 liter/plant per week to keep the soil moisture at a level permitting easy using water by plants. After strawberry planting drip irrigation continued at a rate of 0.7–0.8 liters/seedling per week. The best soil moisture was 0.2–0.3 bar as measured with a tensiometer. Liquid

fertilization with irrigation pipes in the soil resulted in the same yield as did granular fertilization over the plant stand. The yields varied from 600 to 900 g/plant, depending on the moisture content of the soil and the age of the plants. Without drip irrigation the yield decreased from 900 g to 600 g/plant.

Key words: horticultural plants, cultivation, drip irrigation, tensiometer, yields, soil humidity

Johdanto

Mansikkaa on Suomessa perinteisesti kasteltu ja lannoitettu päältä koko peltoalalle siitäkkin huolimatta, että maa on katettu mansikkapenkkiä kohdalta muovikatteella. Kastelun ja lannoituksen on yleisesti arvioitu kulkeutuvan käytäviltä ja istutusreikien kautta kasvien juurien ulottuville. MTT:ssa tehdyssä mansikan heikenneitä satotasojä käsittelyssä tutkimuksissa todettiin, että kasvintuhojen lisäksi muovin alla lähellä istutusreikiä oli joskus kasvualustassa kohonneita ravinnepitoisuuksia. Erityisenä ongelmana on sadetuskastelussa ollut marjojen likaantuminen, käytävien pehmeneminen ja voimakas rikkakasvien tai nurmen kasvu käytävillä.

Erityisesti israelilaiset ovat kehittäneet tihkukastelumenetelmiä viime vuosikymmenien aikana. Näitä menetelmiä on otettu myös käyttöön Suomessa, mutta niiden käytöstä ja käytön kriteereistä ei kuitenkaan ole ollut tutkimuksia, jotka olisi tehty avomaalla. Eri maalajien vedenpidätysominaisuuksista ja maan kosteuden mittaamisesta niin avomaalla kuin kasvihuoneessa on paljon tutkimuksia ja sovelluksia eri kasveilla. Tulokset ovat sovellettavissa pitkälle myös Suomen oloihin.

Tämän tutkimusosan tarkoituksena oli selvittää tihkukastelun ja kastelulannoituksen soveltumista mansikan viljelyyn Suomen oloissa, soveltaa uusinta mittaustekniikkaa maan kosteuden hallintaan sekä luoda pohjaa mansikan kasvun malleille.

Aineisto ja menetelmät

Mansikkaa kasvatettiin muovikatteessa paririvissä. Rivien väliin maan pinnan alle oli sijoitettu T-tape-tihkukasteluputki. Taimet istutettiin kesäkuun viimeisellä ja heinäkuun ensimmäisellä viikolla vuosina 1998 ja 1999. Kun maan kosteus aleni tensiometrillä mitaten kuivemmaksi kuin $-0,3-0,5$ bar, suoritettiin kastelut ja lannoitukset.

Vuonna 2000 oli ensimmäisessä istutuksessa lisäksi yksi koejäsen, joka ei saanut tihkukastelua kuten muut alueet. Talveksi kasvustot suojattiin harsolla. Vuodet 1998 ja 2000 olivat sateisia, jolloin maassa oli aina kasveille riittävästi kosteutta, kun kausilannoitukset oli tehty kastelujen kautta. Vuonna 1999 ei satanut merkittävästi kasvukauden alun ja syyskuun puolivälin välisenä aikana.

Koealueella oli kahta maalajia, savista hietaa ja karkeaa hietaa. Mansikkalajike oli Bounty. Terveet, n. 4 viikon ikäiset paakutaimet istutettiin paririviin 3 tainta/ riviometri, jolloin istutustiheys oli n. 46 000 tainta/ha. Koeruutuja lannoitettiin eri tyyppitasoilla 6:lla eri lannoitusohjelmalla, joissa vaihtoehtoina oli liuoslannoitteita, suspensiolannoitteita ja perinteinen rakeinen lannoite. Liuos- ja suspensiolannoitteet annettiin kasvukaudella alussa, satokautena ja sadonkorjuun jälkeen siten, että noin puolet ravinteista ajoittui satokauteen. Molempina vuosina perustetuissa kasvustoissa oli samat käsittelyt kuutena lohkona siten, että kaksi lohkoa sijoittui saviselle hiedalle.

Koealueilta mitattiin maan kosteudet jatkuvana mittauksena tensiometreillä kolmesta syvyydestä. Ilmastolliset mittaukset tehtiin koealueiden sääasemilla. Koeruuduille annetut vesimäärät ja lannoitukset mitattiin. Kasveista tehtiin normaalien santomittausten lisäksi kasvustojen kasvumittaukset hajottaen havaintonäytteet eri kasvinosiin. Samoja näytteitä käytettiin myös ravinneanalyysiin, kuiva-ainemäärityksiin ja lehtialojen mittauksiin. Tässä kirjoituksessa kuvataan kasvien vedenotto ja sadot. Kasvien kasvun kuvaukset ja ravinteiden otot on selostettu muissa kirjoituksissa.

Maan kosteusvaihtelut ja mansikkamaan kastelutarve

Istutusvuonna 1998 satoi erittäin runsaasti,

jolloin maa oli aina riittävän kosteaa, mistä syystä taimien veden kulutuksesta ei voida tehdä arviota. Vuonna 1999 ei luonnonsateita ollut kasvukaudella kesäkuun alusta lukien lainkaan lukuun ottamatta yhtä 12 mm:n sadetta. Muiden sateiden määrät olivat aina alle 5 mm, mikä ei kastellut maan juuristokerroksia muovikatteen alla. Tällöin kasvien käyttämä vesi koostui yksinomaan kapillaarisesta vedestä ja kasteluvdestä. Satoa tuottavilla mansikoilla tehtiin kasteluja kesäkuun puolivälistä lukien 2–4 kertaa viikossa siten, että heinäkuun loppuun asti annettiin vettä keskimäärin 3 l/taimi/viikko. Tämä on 14 l/m²/viikko. Elokuun alusta syyskuun loppuun annettiin kasteluvettä keskimäärin 1 l/taimi/viikko.

Karkealla hieta-alueella maan tensiometrilukemat olivat 0,2–0,7 bar. Vastaavasti savisella hieta-alueella kosteusvaihteluväli oli 0,1–0,2 bar (Kuvat 1 ja 2). Maan kosteusmitausten perusteella ei vuonna 2000 ollut puhdasta kastelutarvetta liuoslannoituksen lisäksi kuin myöhään syyskuussa. Maan kosteuskokemat olivat aina alle 0,2–0,3 bar. Liuoslannoituksessa tulleen kasteluveden ja luonnonsateiden yhteissumma satokaudella oli keskimäärin 4 l/kasvi/viikko (Kuva 3). Istutusvuoden kasvustoilla oli v. 1999 maan kosteuteen perustuva kastelu tasaisesti koko kasvukauden 0,7–0,8 l/taimi/viikko.

Tihkukastelu mahdollistaa runsaan sadon

Ensimmäisenä satovuotena 1999 saatiin karkealta hieta-alueelta satoa n. 30 000 kg/ha eli 650 g/kasvi ja saviselta hieta-alueelta n. 43 000 kg/ha eli n. 930 g/kasvi. Sato valmistui tasaisesti pääosin kolmena viikkona (Kuva 4). Sato oli suurimmaksi osaksi kauppakelpoista eikä sadossa ollut lainkaan homeisia marjoja.

Vuonna 2000 oli kaksi eri-ikäistä sato-kasvustoa. Molemmista alueista saatiin keskimäärin satoa 42 500 kg/ha eli 925 g/kasvi

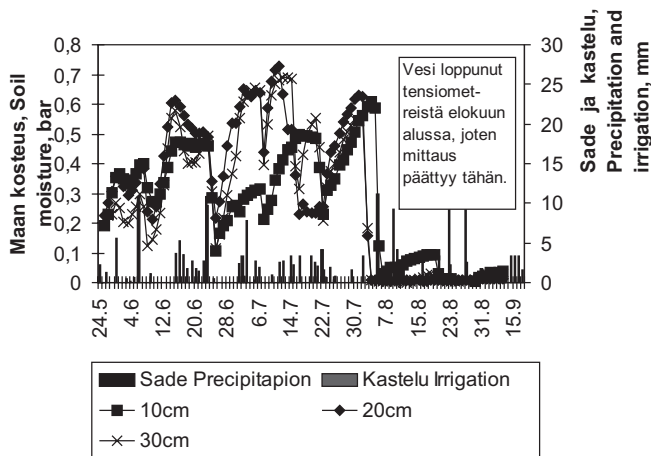
(Kuvat 5 ja 6). Koejäsenessä, jossa ei ollut tihkukastelua, sadon valmistuminen hidastui kolmannella satoviikolla, ja loppusato ylsi 27 600 kg:aan/ha eli n. 600 g:aan/kasvi (Kuva 5). Toisen vuoden satokasvusto aloitti sadon tuoton viikkoa ennen nuorempaa kasvustoa.

Marjan koko oli nuoressa kasvustossa aluksi 20 g ja vanhassa kasvustossa 13 g. Näistä luvuista marjan keskikoko putosi satokauden loppuun mennessä 5 g:aan. Vanhassa kasvustossa marjakoko kohosi uudelleen 2,5 satoviikon jälkeen 6 g:sta 10 g:aan pudoten satokauden lopussa 5 g:aan. Muutos oli sama kaikilla lannoituskoejäsenillä (Kuva 7). Kaikista lannoituskoejäsenistä saatiin keskimäärin sama sato. Koetulokset on esitetty tulosten helpomman tulkitsemisen vuoksi kaikkien lannoituskoejäsenten keskiarvoina tai ilman viittausta eri lannoituskoejäseniin.

Tulosten tarkastelu

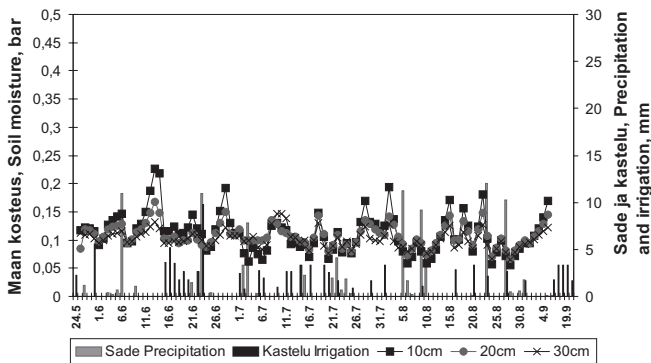
Tutkimusvuodet vaihtelivat ilmojen puolesta, mikä antaa saaduille tutkimustuloksille syvyyttä. Ensimmäisenä vuotena oli erittäin runsaita sateita, toisena vuotena ei kasvukaudella satanut käytännössä juuri lainkaan ja kolmas kasvukausi oli keskinertaisen sateinen. Erityisesti toisen vuoden kuivuus antoi merkittävää tietoa kastelun tarpeesta ja maan kosteuden merkityksestä. Näiden tulosten mukaan satoa tuottava kasvusto vaatii kastelua 3–4 l/kasvi/viikko ja sadonkorjuun jälkeen elo- ja syyskuussa n. 1 l/kasvi, mikäli merkittäviä luonnonsateita ei esiinny. Erityisesti koalueen sijoittuminen kosteudeltaan erityyppisille maille antoi viitteen, että maan optimaalinen kosteus hyvälle sadolle on hietamailla kosteampi kuin -0,25 bar. Kun eri maalajien vedenpidätyskyvyt tiedetään kirjallisuudesta hyvin, on näiden lukuarvojen perusteella mahdollista johtaa mansikkaviljelyyn kasteluohjeet.

Tutkimuksen ehkä merkittävimpanä antina on havainto, että mahdollisimman



Kuva 1. Karkean hiedan kosteusmittaukset kolmesta eri syvyydestä, kastelut ja sateet kasvukauden aikana vuonna 1999.

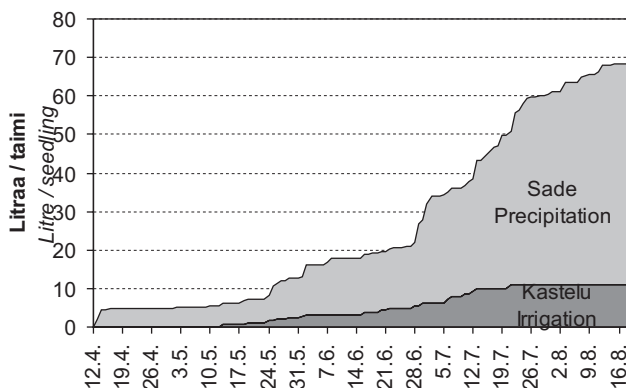
Figure 1. Measurements of moisture content at three depths in fine sand, irrigations, and precipitation in growing season 1999.



Kuva 2. Savisen hiedan kosteusmittaukset kolmesta eri syvyydestä, kastelut ja sateet kasvukauden aikana vuonna 1999.

Figure 2. Measurements of moisture content at three different depths in clayey fine sand, irrigations, and precipitation in growing season 1999.

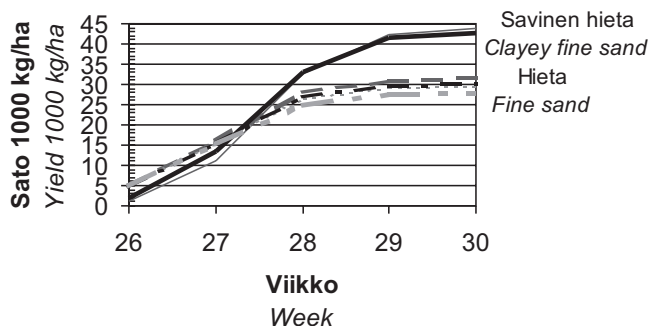
Mansikan kastelu ja sade v. 2000
Strawberry irrigation and precipitation in 2000



Kuva 3. Mansikan kastelu ja sade vuonna 2000 edellisenä kasvukautena istutetuilla taimilla.

Figure 3. Irrigation of strawberry and precipitation in 2000 in seedlings planted in previous season.

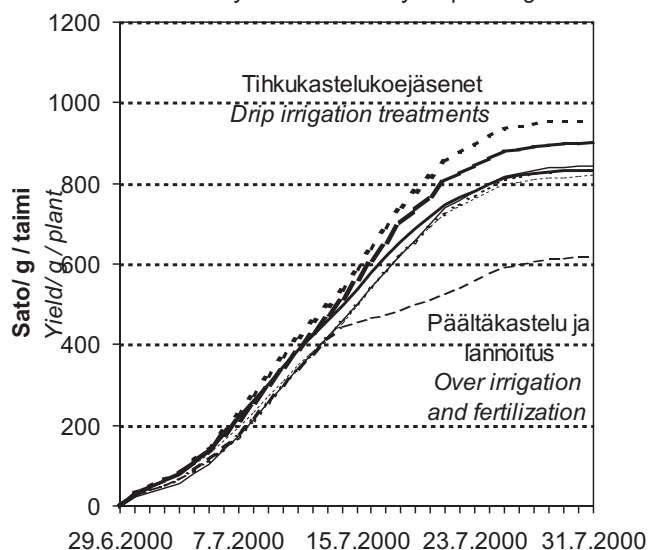
Mansikan sato eri maalajeilla
Strawberry yield in different soil types



Kuva 4. Mansikan satokertymä viikoittain savisella hiedalla ja karkealla hiedalla vuonna 1999. Istutus tiheys 46 000 kpl/ha.

Figure 4. Weekly strawberry yields in fine sand soil and in clayey fine sand soil in 1999. Planting density 46 000 seedlings/ha.

Mansikan sadon kertymä v. 1998 istutuksesta
Cumulative yield of stawberry for planting 1998



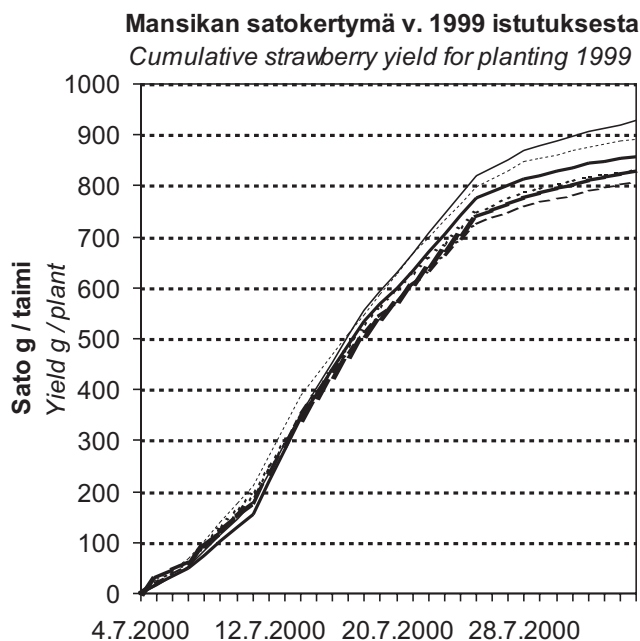
Kuva 5. Mansikan sadon kokonaiskertymä eri lannoituskojejäsenistä vuonna 1998 istutetuista taimista.

Figure 5. Total yield of strawberry with different fertilization treatments in seedlings planted in 1998.

hyvissä kasvuoloissa mansikalla on hyvä satopotentiaali. Silloin kasvitiheys on Suomenkin oloissa niin suuri, että kasvusto voi kuluttaa säteilyä vastaavan vesimäärän. Vuonna 1999 oli sadon määrä parhaimmillaan n. 40 tn/ha tasaisen kosteuden alueella. Vuonna 2000 oli satotaso kaikilla koalueilla kasvuston iästä riippumatta n. 40 tn/ha. Nämä sadot vastaavat hyvää keskieuropalaista satoa. Ne ovat noin kymmenkertaiset verrattuna Suomen keskitasoon.

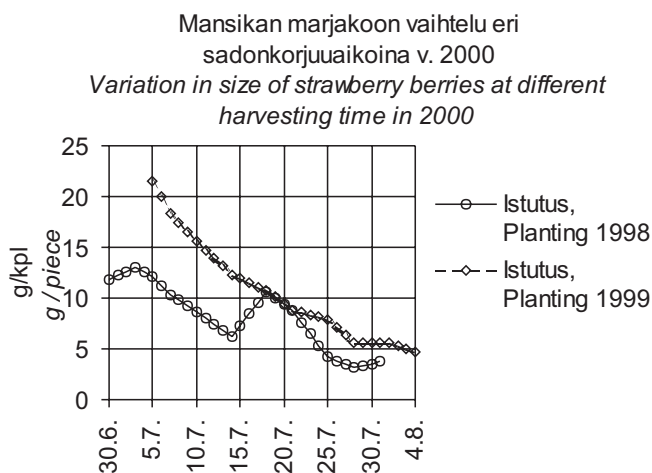
Tässä tutkimuksessa käytetty viljelytekniikka on Suomessakin yleisesti tunnettua

ehkä kosteuden mittausta ja tihkukastelua lukuun ottamatta. Voidaan päätellä, että Suomen alhainen satotaso on johtunut paitsi kasvintuhoojista myös hallitsemattomasta kastelutekniikasta. Tähän viittaa näissäkin kokeissa tehty havainto: koalueilla, joilla maan kosteus vaihteli voimakkaasti tai joilla ei ollut tihkukastelua, satotaso oli noin 10 tn/ha pienempi kuin verranalueilla. Edellytykset hyvälle sadolle olivat kuitenkin olemassa, sillä molempina koevuosina satokausi oli pitkä, noin 4 viikkoa. Esimerkiksi kuivana vuonna 1999 sato loppui käytännön viljelmillä jo kahdessa viikossa.



Kuva 6. Mansikan satokertymä eri lannoituskoeyäsenistä vuonna 1999 istutetuista taimista.

Figure 6. Cumulative yield of strawberry with different fertilization treatments in seedlings planted in 1999.



Kuva 7. Mansikan koon vaihtelu vuonna 2000 eri vuosina istutetuissa kasvustoissa.

Figure 7. Variation in berry size of strawberry in 2000 with seedlings planted in different years.

Kun maassa on riittävästi ja tasaisesti vettä sekä kasveissa runsas lehdistö, jaksavat kasvit valmistaa loivan S-muotoisen satokäyrän. Hyvässä kasvustossa valmistuu 80 % kukista sadoksi.

Tässä tutkimuksessa olivat myös erilaiset lannoitustekniikat keskeisenä koetekijänä. Kokeet perustettiin siten, että ennen taimien istutuksia maan ravinnetilat muutettiin hyväksi peruslannoituksilla. Tämän jälkeen lannoituksia tehtiin joko pintalan-

noituksena tai liuoslannoituksena erilaisilla resepteillä. Nämä eivät kuitenkaan merkittävästi vaikuttaneet loppusatoihin. Tulos on käytännön kannalta hyvä: jatkossa ei ole tarpeen lannoittaa kasvustoja päältä. Samalla vältytään heinän kasvamiselta käytäviltä ja rikkakasvien rehevöitymiseltä. Kasvien eri osien ravinnepitoisuuksista ja kasvien ravinteiden oton kokonaismäärästä ja rytmityksestä on tässä raportissa erilliset se-
lostukset.

Marjojen koko on erittäin tärkeä laatu-tekijä. Kuluttaja haluaa suurta ja hyvälaatuista marjaa. Suurikokoinen marja on myös nopein poimittava. Kasvukauden 2000 marjakoon tulos on hyvin opettavainen. Kahden ensimmäisen viikon aikana saatiin 2/3 sadosta ja marjan keskikoko oli yli 10 g. Lisäksi ensimmäisen satovuoden marjat olivat merkittävästi suurempia kuin toisen satovuoden kasvustossa. Toisen sato-

vuoden marjakoko kasvoi kaikissa lannoituskoekäytännössä satokauden puolivälissä, kun runsain alkusato oli poimittu. Tämä viittaa siihen, että yli 80–100 kukkaa/kasvi on liian suuri määrä kasvin sadontuottokyvylle. Nyt toisen vuoden satokasvustossa oli keskimäärin 130 kukkaa/kasvi (katso tämän julkaisun artikkeli ”Mansikan kasvu keväästä syksyyn” p. 14–18).

Mansikan kasvu kevästä syksyyn

Risto Tahvonen, Kalle Hoppula, Arto Ylämäki

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarbatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, risto.tahvonen@mtt.fi, kalle.hoppula@mtt.fi, arto.ylamaki@mtt.fi

Tässä tutkimuksessa kuvataan erittäin hyvätuottoisten mansikkakasvustojen rakennetta ja ominaisuuksia. Alkukaudesta istutettu mansikka muodosti kukkia ensimmäisen vuoden satokasvustoon 100 ja toisena vuotena 130 kpl/kasvi. Vastaavasti kukkavanojen määrä oli vuodesta riippuen 7–9 ja 14 kpl/kasvi. Mansikan juurakon yläosan halkaisija kaksinkertaistui istutusvuonna syys-lokakuussa ja toisen vuoden kasvustos-

sa elo-syyskuussa. Satoa tuottavilla mansikoilla lehtipinta-ala saavutti maksimitasonsa heinäkuussa, jolloin lehtialaindeksi (LAI) oli 2,0–3,4. Istutusvuonna maksimitaso (LAI 0,6) saavutettiin vasta elokuussa. Mansikan kaikkien osien kuiva-ainepitoisuus kasvoi voimakkaasti mentäessä kohti myöhäissyksyä. Juurakossa kuiva-ainepitoisuus nousi 12:sta 32 %:iin, lehdistä 22:sta 30 %:iin ja rönsyissä 18:sta 27 %:iin.

Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, mansikat, sato, lehti, pinta-ala, kuiva-aine, pitoisuus

Growth of strawberry from spring to autumn

The structure and characters of high productivity strawberry stands are described. Strawberry plants planted at the beginning of the previous growth season produced 100 flowers/plant in the following year and in the next season 130 flowers/plant. The clusters numbered 7–8/plant in the first yield season and 14/plant in the second yield season. The diameter of the upper part of the rootstalk duplicated in September–October in the year of planting and once more in Au-

gust–September in the second year. The leaf area of yield producing plants attained the maximum value in July (leaf area index (LAI) 2.8–3.4) but in the planting year not until August (LAI 0.6). The dry matter contents of different parts of strawberry showed a marked increase from summer to late autumn, in roots from 12% to 32%, in leaves from 22% to 39% and in runners from 18% to 27%.

Key words: horticultural plants, strawberry, flowering, yields, leaf area, dry matter

Johdanto

Mansikan kasvatuksesta niin käytännössä kuin tutkimuksessa on Suomesta ja Pohjoismaista vuosikymmenien kokemukset. Jotta sadosta muodostuisi hyvä jo istutusta seuraavana vuotena, on

- taimet istutettava alkukesästä
- käytettävä terveitä taimia
- maa oltava vapaa taudeista, tuholaisista ja kestorikkakasveista
- huolehdittava riittävästä maaperän ravinteista
- käytettävä erityisesti lumettomilla seu-
duilla talviharsoa.

Erityisesti viime vuosina on lisäksi kiinnitetty suurta huomiota oikean kastelutekniikan hallintaan. Runsastuottoisen kasvuston ominaisuuksien tunnistaminen onkin keskeinen seikka arvioitaessa mansikkapellon satopotentiaalia.

Mansikan kasvun ja kehityksen tarkastelemiseen kokonaisuutena voidaan käyttää erilaisia kasvumalleja. Mansikan kasvua ja kehitystä kuvaavia suureita ovat kukkien määrät, kukkavanat, lehdistön määrä ja maanalaisen juurakon koko. Erityisen oleellisia nämä luvut ovat, kun halutaan kuvata kasvien veden- ja ravinteidenottoa sekä ennustaa sadontuottokykyä. Tämänkaltaisia selvityksiä kasvumallien pohjaksi on Suomessa tehty kasvihuonekasveilla, mutta avomaapuutarhakasveilla näitä asioita ei ole kasvumallien kannalta tarkasteltu.

Tämän tutkimusosan tarkoituksena on kuvata mansikan kehitystä keväästä syksyyn sellaisissa kasvustoissa, joissa saatiin oloissamme mahdollisimman hyvä sato.

Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa käytettiin havainnointiin ja mittauksiin edellisessä kirjoituksessa ”Mansikan tarkennettu kastelu ja lannoitus” olevaa aineistoa. Kasvukauden alussa kasvien kukkavanojen ja kukkien lukumää-

rät laskettiin. Kaikista koejäsenistä ja lohkoista otettiin näytekasveja 4–6 kertaa kasvukauden aikana. Näytekasveista määritettiin lehtien painot, kuiva-aineet ja lehtipinta-alat, juurakon niskan halkaisija ja juurakon tuore- ja kuiva-aineet. Samoista aineistoista määritettiin myös ravinnepitoisuudet. Ravinnetulokset on esitetty eri kirjoituksissa.

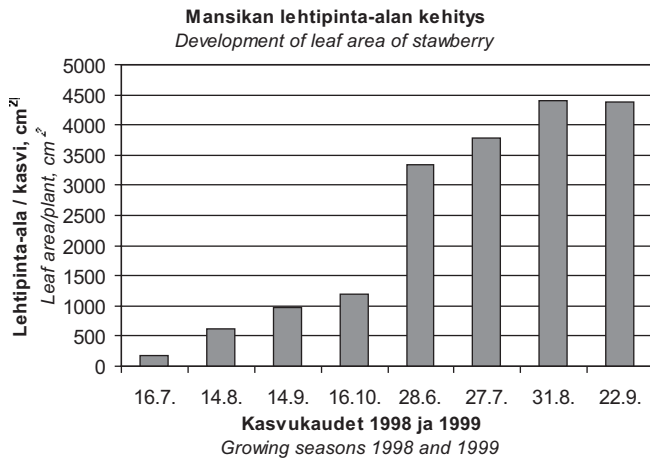
Hyvätuottoista mansikkakasvustoa kuvaavat ominaisuudet

Mansikan lehtipinta-ala kasvaa istutusvuonna tasaisesti koko kasvukauden ajan. Lokakuussa mansikan lehtipinta-ala on noin 1 200 cm²/kasvi, eli lehtien peittävyys on indeksiksi (LAI) muutettuna noin 0,6 (Kuva 1). Satovuosina lahtiala kohoaa jo sadonmuodostuksen aikana eli heinäkuussa 4 000–6 000 cm²:iin, jolloin LAI on 2–3,4 (Kuva 2). Ensimmäisen vuoden kasvuston lehdet säilyvät talven yli seuraavaan kevääseen harson alla vihreinä. Satokasvustoilla keväällä kehittyneet lehdet kellastuvat syksyä kohden mentäessä, mutta uusia lehtiä kehittyy elo-syyskuussa vanhojen lehtien alle. Nämä lehdet säilyvät vihreinä talven yli, mikäli talvivaurioita ei ole.

Juurakon tyven kasvu on loppukesästä voimakkaimmillaan. Samana vuonna istutetuilla taimilla juurakon halkaisija kaksinkertaistuu vasta syyskuun lopulla ja lokakuussa, mutta satoa tuottavilla kasveilla juurakon läpimitta paisuu jo elo-syyskuussa (Kuva 3).

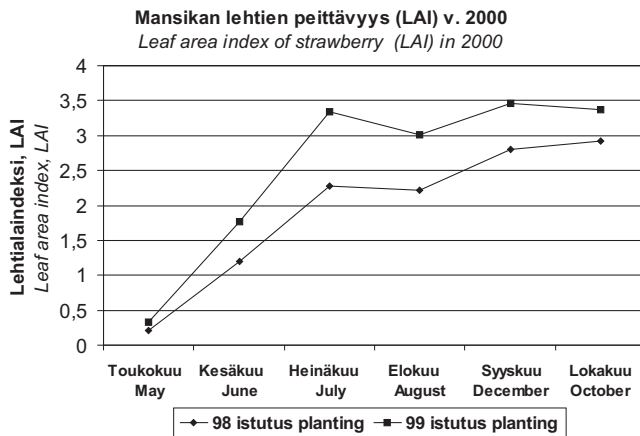
Ensimmäisenä satovuonna kasvustoon kehittyy vuodesta riippuen 7–9 kukkavanaa/kasvi, joissa on yhteensä 100 kukkaa/kasvi. Toisen satovuoden kasvustossa on jo keskimäärin 14 kukkavanaa ja 130 kukkaa/kasvi (Taulukko 1), joista suuri osa eli noin 80 % valmistuu marjoiksi.

Mansikan solukko tiivistyy talvea kohden mentäessä. Lokakuun puoliväliin men-



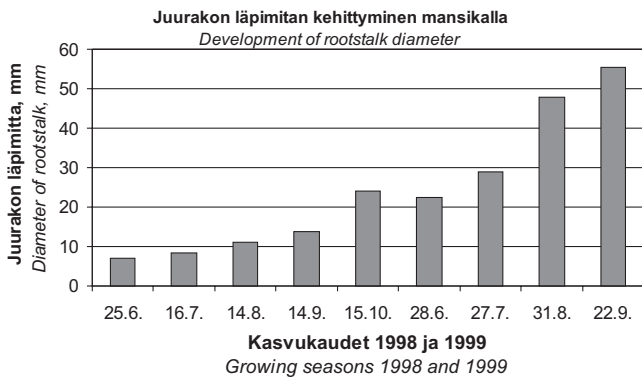
Kuva 1. Mansikan lehtipinta-alan kasvaminen istutuksesta toisen kasvukauden loppuun.

Figure 1. Growth of leaf area of strawberry from planting to end of second growing season.



Kuva 2. Mansikan lehtialan kehitys vuonna 2000 ensimmäisen ja toisen satokauden kasvustoissa.

Figure 2. Development of leaf area of strawberry in 2000 in plants of first and second year yield.



Kuva 3. Mansikan juurakon halkaisijan kasvaminen istutuksesta toisen kasvukauden loppuun.

Figure 3. Growth in diameter of rootstalk from planting to end of second growing season.

Taulukko 1. Vuonna 1998 ja 1999 istutettujen mansikoiden kukinta ja kukkavanojen määrät satovuosina.

Table 1. Number of flowers and clusters on strawberry plants in following years when seedlings were planted in 1998 and 1999.

	1999		2000	
Istutusvuosi <i>Year of planting</i>	Kukkia/kasvi <i>Flowers/plant</i>	Vanoja/kasvi <i>Clusters/plant</i>	Kukkia/kasvi <i>Flowers/plant</i>	Vanoja/kasvi <i>Clusters/plant</i>
1998	99,0	9,4	131,2	14,1
1999	-	-	97,8	7,5

nessä kuiva-aineprosentti kohoaa noin 30 %:iin, kun se kasvukauden alussa on eri kasvinosissa 12–22 % (Kuva 4).

Tulosten tarkastelu

Jos keskimääräinen mansikan marjakoko on 10 g, tarvitaan runsaaseen ja hyvälaatuiseen (20–40 tn/ha) satoon 2–4 miljoonaa satoa tuottavaa kukkaa hehtaaria kohden. Nyt tehdyissä laskennoissa oli 4,6–6,0 miljoonaa kukkaa/ha, joista siis valtaosa valmistui marjoiksi. Nykyinen Suomen mansikan keskisato, jossa on tosin satoa tuottamattomakin pellot mukana, tekisi edellisen laskukaavan mukaan vain 300 000 marjovaa kukkaa/ha.

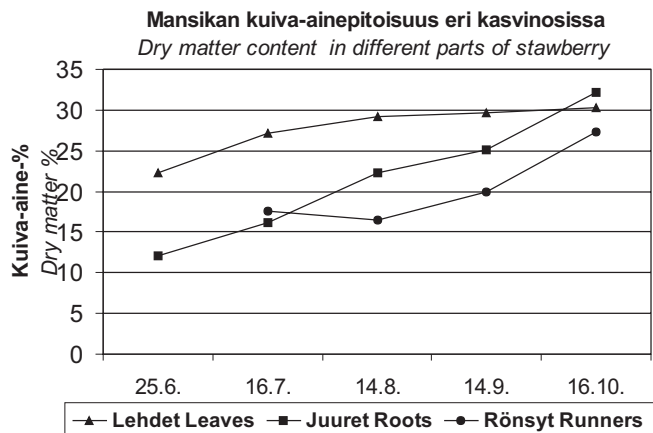
Hyvätuottoisessa kasvustossa on suuri lehtipinta-ala, 2–3 kertaa koko pellon pinta-ala. Kun mansikkalehdistö peittää luon-

nollisesti vain penkin kohdan on penkin lehtipinta-alaindeksi (LAI) vielä noin kolmanneksen tätä suurempi. Tällöin mansikkakasvuston lehtiala on käytännössä sama kuin kasvihuoneessa kasvavan kurkun ja tomaatin LAI. Tällainen kasvusto voi ottaa jo maasta vettä suorassa suhteessa auringon kokonaissäteilyyn, jolloin kasvusto jäähtyy voimakkaan transpiraation ansiosta myös helleaikana, mikä takaa samalla hyvän sadontuoton. Samoin tämä kasvusto peittää jo hyvin mustan muovikatteen, joka auringon paisteesta kuumenisi muutoin voimakkaasti ja aiheuttaisi marjoihin laatuviokoja.

Mansikan satotaimien tuotannossa on yhtenä tulevan sadon laatumittarina juuren niskan halkaisija, joka pitäisi olla yli 15 mm. Suurituottoisissa mansikkakasvustoissa paksuni juuren niska istutuksen jälkeen erityisesti myöhään syksyllä. Näyttäisikin siltä, että hyvän sadon edellytyksenä olisi halkaisijaltaan yli 20 mm:n juurakko. Toisena

Kuva 4. Mansikan eri osien kuiva-ainepitoisuuksien muutokset istutusvuonna 1998.

Figure 4. Changes in dry matter contents in different parts of strawberry in year of planting.



vuotena juurakko turpoaa jo 50 mm:iin, mikä saattaa aiheuttaa liian runsasta kukintaa, jolloin marjan laatu vastavasti heikkenee. Onkin todennäköistä, että jo kolmannen satovuoden kasvusto tuottaa laadultaan arveluttavaa marjasatoa. Tätä seikkaa vahvistaa useat käytännön viljelmien havainnot yli-ikäisistä kasvustoista. Usein näihin laatuongelmiin liittyy myös juuristojen talvi- ja juurilahovaurioita. Tämän perus-

teella mansikan järkevä kasvuston ikä on korkeintaan kolme satokautta. Kasvuston fyysisen rakenteen lisäksi myös tautien ja tuholaisten yleistyminen vanhoissa kasvustoissa puoltaa 2–3 satokauden viljelykiertoja. Runsaiden satojen ansiosta tämä on varmasti myös taloudellisesti sekä erityisesti kasvinsuojeluriskien hallinnan kannalta edullista.

Mansikan typen otto ja jakautuminen kasvissa

Kalle Hoppula¹⁾, Tapio Salo²⁾ & Janne Pulkkinen³⁾

¹⁾*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, kalle.hoppula@mtt.fi*

²⁾*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi*

³⁾*Kemira Agro Oy, PL 330, 00101 Helsinki, janne.pulkkinen@kemira.com*

Tavoitteena oli tutkia puutarhamansikan (*Fragaria x ananassa* Duch.) 'Bounty' typen ottoa ja jakautumista kasvissa sekä näissä esiintyviä mahdollisia eroja käytettäessä hajalevitettyä rakeista lannoitetta tai tihkukasteluletkujen kautta annettua kastelulannoitetta. Rakeista lannoitetta tai kastelulannoitetta saaneiden käsittelyjen välillä ei ilmennyt tilastollisesti merkitseviä eroja. Tutkimuksen aineistona oli sekä istutusvuoden marjomaton kasvusto että ensimmäisen satovuoden kasvusto.

Mansikka ottaa typpeä maasta koko kasvukauden ajan. Ensimmäisen satovuoden

kasvustossa typenotto on voimakkainta satokauden aikana, istutusvuoden kasvustossa puolestaan rönsynmuodostuksen ollessa voimakkaimmillaan elokuussa.

Ensimmäisen satovuoden kasvustossa käytetään alkukasvukaudesta ennen kukintaa otettu typpi pääasiassa lehtiin. Raakileenmuodostuksen ja satokauden aikana otettu typpi käytetään marjoihin, satokauden jälkeen otettu typpi rönsyihin. Istutusvuoden kasvustossa typpeä käytetään aluksi pääasiassa lehtiin, mutta elokuun ja syyskuun aikana rönsyihin.

Avainsanat: mansikat, ravinteet, ravinteiden otto, typpi, kastelu, lannoitus, kastelulannoitus, hajalevitys

Nitrogen uptake and allocation in strawberry

The objectives of this study were to determine nitrogen uptake and allocation in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) 'Bounty' and to find differences between plants fertilized by broadcasting and by fertigation through the trickle irrigation system. No significant differences were found between the fertilization methods. Field experiments covered a non-fruiting

population of the planting year and a population of the first fruiting year.

A plant takes up nitrogen throughout its period of growth. In the fruiting year population, nitrogen uptake is highest during the fruiting period and in the planting year non-fruiting population during the runner-producing period, in August and September.

In the fruiting year population nitrogen is allocated to vegetative growth before flowering. Between flowering and the end of the season, nitrogen is allocated to berries and after the season to runner production.

In the planting year non-fruiting population, nitrogen was first allocated to vegetative growth and after August to runner production.

Key words: strawberry, fertilizer application, nitrogen, nitrogen uptake, nitrogen allocation, fertigation, broadcast fertilization

Johdanto

Typpi on yksi tärkeimmistä mansikan ravinteista. Sen tiedetään lisäävän lehtien ja rönkyjen tuotantoa, kasvattavan marjakokoa ja liiallisena heikentävän marjojen säilyvyyttä (Breen & Martin 1981, Hansen 1995, Miner et al. 1997, Neuweiler 1997, Nestby 1998). Lisäksi typpi edistää mansikan juurakon haarautumista ja siten lisää muodostuvien kukkien ja kukkavanojen lukumäärää (Long 1939, Hansen 1995, Rindom & Hansen 1997).

Tässä tutkimuksessa pyrimme selvittämään mansikan typenoton ajallista vaihtelua sekä typen jakautumista eri kasvinsiini istutusvuoden kasvustossa sekä ensimmäisen satovuoden kasvustossa. Lisäksi tutkimuksessa verrattiin kastelulannoitusta ja perinteistä rakeista lannoitusta saaneiden taimien typpitaloutta.

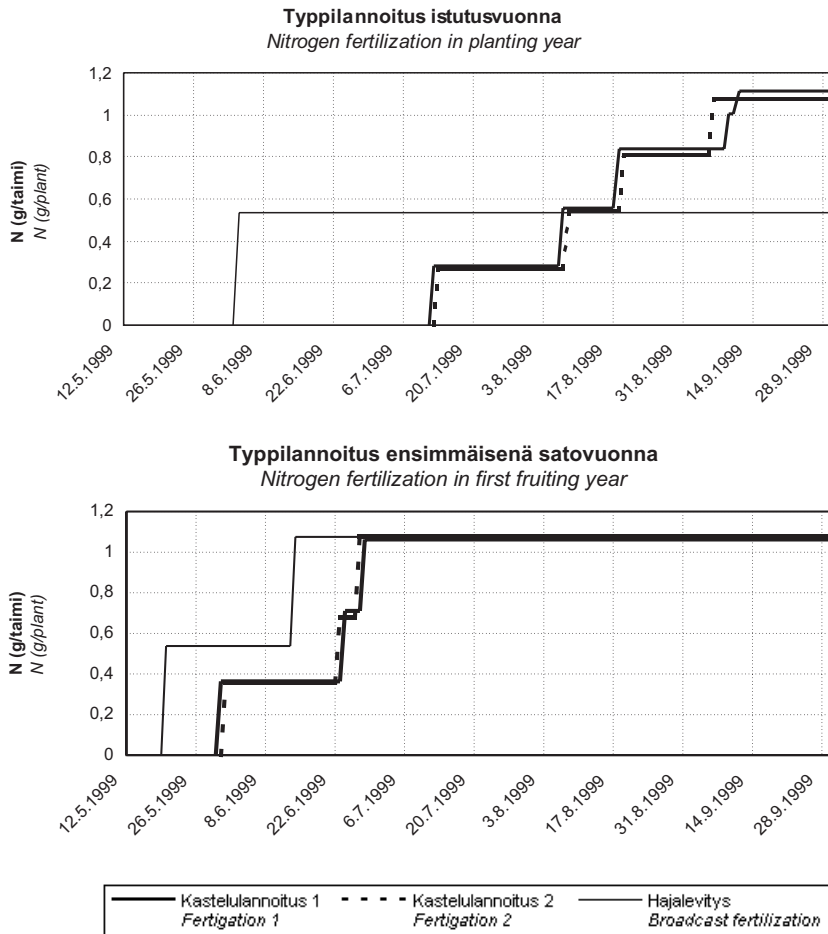
Aineisto ja menetelmät

Tutkimus tehtiin kasvukaudella 1999, jolloin Maatalouden tutkimuskeskuksella Piikkiössä oli tutkimusta varten käytettävissä edellisvuonna (23.6.1998) rönkytaimista istutettu ensimmäisen satovuoden marjova kasvusto sekä samana vuonna (1.7.1999) rönkytaimista istutettu edellisen kanssa identtinen marjomaton kasvusto. Lajikkeena tutkimuksessa oli 'Bounty'. Koko kokeessa oli yhteensä kuusi kerranetta, joista typpianalyysiä varten käytettiin

neljää. Näistä kahdessa maalaji oli multava karkea hieta ja kahdessa multava hieno hiekka.

Mansikantaimet istutettiin paririviin matalaan harjuun. Istutusitiheys oli 45 950 tainta/ha, ja katteena käytettiin mustaa muovia. Tutkimusalue kasteltiin tihkukasteluletkuilla, jotka olivat kunkin paririvin keskellä noin 5–8 cm:n syvyydessä. Sääolosuhteiltaan kasvukausi oli Piikkiössä lämmin ja vähäsateinen, minkä vuoksi kastelutarve oli runsas.

Koko kokeessa oli yhteensä kuusi eri lannoituskäsitteilyä, joista typpianalyysiä varten käytettiin kolmea. Käsitteilyssä 1 ja 2 typpilannoite annettiin tihkukastelulaitteiston kautta kastelulannoitteena. Käsitteilyssä 3 typpilannoite annettiin istutusvuoden kasvustolle hajalevityksenä ennen penkintekoa ja ensimmäisen satovuoden kasvustolle hajalevityksenä muovin päälle. Käsitteilyssä 1 lannoitteena käytettiin erittäin pienistä, veteen liukenemattomista lannoitepartikkeleista muodostuvaa suspensiota (koelannoite, Kemira Agro Oy) ja käsitteilyssä 2 vesiliukoista jauhetta (Kastelulannoituskeskus, Kemira Agro Oy). Kastelulannoituskäsitteilyssä tehtiin lannoitteesta emoliuokset, joita annosteltiin kasteluveteen lannoiteannostelijoilla. Käsitteilyssä 3 typpi annettiin rakeisena NPK-lannoitteena (Puutarhan kloorivapaa Y4, Kemira Agro Oy). Typpilannoitustaso oli noin 1,1 g N/taimi/kasvukausi, paitsi kiinteää lannoitetta saaneissa käsitteilyssä 3 istutusvuoden kasvustolla 0,55 g N/taimi/kasvukausi.

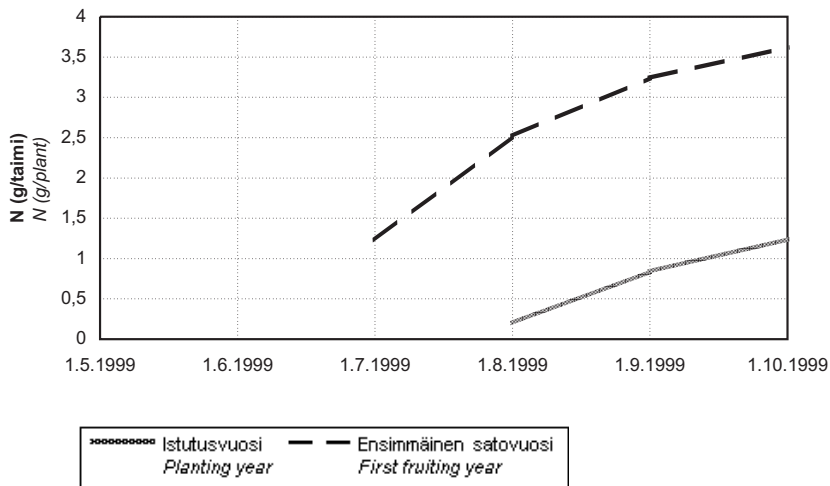


Kuva 1. Typpilannoituksen (g N/taimi) ajoittuminen istutusvuoden kasvustossa (ylempi kuva) sekä ensimmäisen satovuoden kasvustossa (alempi kuva).
Figure 1. Timing of nitrogen fertilization (g N/plant) in planting year non-fruiting population (upper figure) and first fruiting year population (lower figure).

Istutusvuoden kasvustolle typpilannoitus jaksotettiin kastelulannoituskäsittelyissä neljään eri lannoituskertaan istutuksen (1.7.1999) ja kasvukauden päättymisen välille (Kuva 1). Rakeista lannoitetta hajalevityksenä saaneissa käsittelyssä lannoitus tehtiin ennen istutusta peruslannoituksena. Istutusta seuraavan vuoden eli ensimmäisen satovuoden kasvustossa typpi annettiin kullekin käsittelylle kahdessa erässä. Rakeista lannoitetta hajalevityksenä saaneelle käsittelylle annettiin puolet lannoitteesta vegetatiivisen kasvun alettua 20.5.1999 ja puo-

let kukinnan huipun jälkeen 14.6.1999. Myös kastelulannoitetta saaneilla käsittelyillä lannoitus annettiin kahdessa erässä. Kolmasosa kokonaismäärästä annettiin vegetatiivisen kasvun alettua keväällä 31.5.1999 ja loput kaksi kolmasosaa raakileenmuodostusvaiheessa 23.–28.6.1999.

Istutusvuoden kasvustosta otettiin kasvinäytteitä noin kuukauden välein elokuun alusta saman vuoden lokakuun alkun. Ensimmäisen satovuoden kasvustosta näytteitä otettiin myös noin kuukauden välein kesäkuun lopusta syyskuun loppuun. Ker-



Kuva 2. Typen keskimääräinen kumulatiivinen kokonaisotto (g/taimi) istutusvuoden ja ensimmäisen satovuoden kasvustoissa.

Figure 2. Cumulative nitrogen uptake (g/plant) in planting year non-fruiting population and first crop year population.

ralla maasta nostettiin kustakin ruudusta yksi kokonainen taimi, josta eroteltiin lehdykät, lehtiruodit, rönsyt, marjat sekä juuret ja juurakko. Näistä mitattiin kasvinositain tuore- ja kuivapainot sekä typpipitoisuus Kjeldahl-menetelmällä. Ensimmäisen satovuoden kasvustosta rönsyt tuhottiin riviväliruiskutuksen yhteydessä 7.9.1999. Tämän vuoksi tuloksissa ilmoitetaan erikseen rönsyjen osalta sekä toteutunut tilanne että arvio tilanteesta, jossa rönsyt olisivat saaneet kasvaa vapaasti.

Tulosten tilastollinen analyysi tehtiin SAS 6.12 -ohjelmiston Mixed-ali ohjelmalla. Eri kasvinosien typpikertymien summa ilmoitetaan tuloksissa kasvin typen kokonaisottona. Typpipitoisuudella tarkoitetaan typen määrää prosentteina kuiva-aineesta ja typpikertymällä kasviosan kokonaistypipimäärää näytteenottohetkellä.

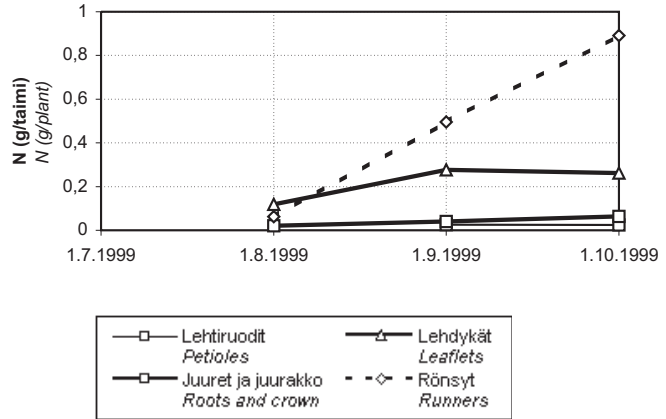
Tulokset

Kasvit ottivat typpeä läpi kasvukauden, mutta typenotto oli voimakkainta satokauden aikana heinäkuussa (Kuva 2). Istutus-

vuoden kasvustossa ei käsittelyjen välillä ilmennyt lainkaan tilastollisesti merkitseviä eroja. Ensimmäisen satovuoden kasvustosaakin ilmeni eroja ainoastaan satokauden alussa, jolloin suspensiolannoitetta saaneissa käsittelyissä oli typpeä enemmän kuin muissa käsittelyissä.

Ensimmäisen satovuoden kasvusto otti typpeä kasvukauden aikana 3,6 g/taimi, mikä on noin kolminkertainen määrä annettuun lannoitteeseen nähden. Istutusvuoden kasvusto puolestaan otti typpeä 1,2 g/taimi eli hieman enemmän kuin mitä sille lannoitteena annettiin. Kastelulannoituksella ei saatu tässä rakeisen lannoitteen hajoilevyyteen verrattaessa poikkeavia tuloksia. Vaikka istutusvuonna annettiin kastelulannoituskäsittelyissä typpeä kaksinkertainen määrä rakeista lannoitetta saaneeseen käsittelyyn verrattuna, ei merkitseviä eroja esiintynyt.

Istutusta (1.7.1999) seuraavan kuukauden aikana merkittävin typen kohde oli lehdykät (Kuva 3). Rönsynkasvun voimistuksessa elokuun alussa muuttuivat rönsyt kuitenkin tärkeimmäksi kohteeksi. Lehdyköihin kertyi silti typpeä elokuun ajan yhtä paljon kuin heinäkuussa. Lehtien kasvun pää-



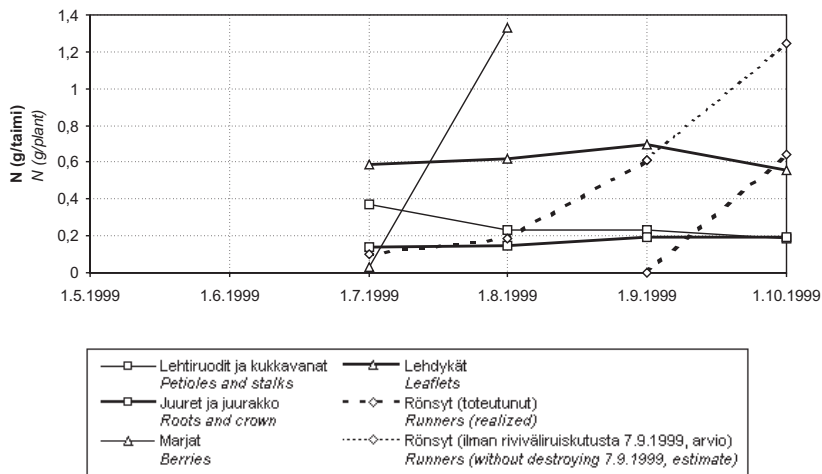
Kuva 3. Typen jakautuminen kasvosien välille istutusvuoden kasvustossa.

Figure 3. Nitrogen allocation in the planting year non-fruiting population.

tyttyä syyskuun alussa loppui myös typen kertyminen niihin. Sen sijaan rönnyt kasvoivat ja vastaanottivat typpeä voimakkaasti vielä syyskuunkin ajan. Juuriin ja juurakoon varastoitui pieniä määriä typpeä koko elo-syyskuun ajan. Kasvukaudella typpeä oli lehdyköissä yhteensä noin 0,3 g/taimi, lehtiruodeissa noin 0,03 g/taimi, juurissa ja juurakossa noin 0,06 g/taimi ja rönnyissä noin 0,9 g/taimi. Istutusvuoden kasvustossa ei ilmennyt eri käsittelyjen välisiä tilastollisia eroja.

Marjovassa mansikkakasvustossa on typen jakautumisessa kasvin eri osien kesken

erotettavissa kolme eri vaihetta (Kuva 4). Ensimmäiseksi, kasvukauden alun ja kukinnan välillä, typpi käytetään vegetatiiviseen kasvuun. Seuraavaksi eli raakileiden kehittymisen ja satokauden aikana typpi ohjataan marjoihin. Lopuksi satokauden päättymisestä kasvukauden loppuun typpi käytetään rönnyihin. Kuten istutusvuodenkin kasvustossa myös ensimmäisen satovuoden kasvustossa juuriin ja juurakoihin kerätään typpeä kasvukauden loppuvaiheessa. Kuolevat kukkavanat toimivat satokauden loppuvaiheessa typen lähteenä alkavalle rönnyjen kasvuun, mikä ilmenee tuloksissa lehti-



Kuva 4. Typen jakautuminen kasvosien välille ensimmäisen satovuoden kasvustossa.

Figure 4. Nitrogen allocation in the first fruiting year population.

ruotien ja kukkavanojen yhteistyyppikertymän voimakkaana pienenemisenä satokauden aikana.

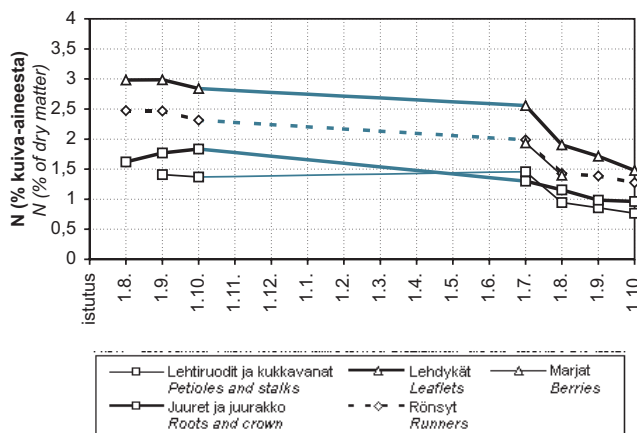
Tutkimuksen keskimääräisellä sato-
tasolla (615 g/taimi) kertyi marjoihin kuu-
kauden mittaisen satokauden aikana tyy-
peä keskimäärin noin 1,3 g/taimi. Vastaa-
vasti rönsyihin kertyi koko kasvukauden ai-
kana tyypeä keskimäärin noin 1,2 g/taimi.
Lehdyköissä tyyppikertymä oli suurimmil-
laan elokuun lopussa, noin 0,7 g/taimi.
Kukkavanoissa ja lehtiruodeissa yhteensä
oli tyypeä enimmillään satokauden alussa,
noin 0,4 g/taimi, mutta kukkavanojen
kuollessa määrä laski tästä lähes puolella.
Juurten ja juurakoiden tyyppikertymä oli
enimmillään kasvukauden lopussa, noin 0,2
g/taimi. Voimakkaimmin tyyppikertymä
vaihteli marjoissa ja rönsyissä. Marjojen
mukana poistui noin 50 % satokauden aika-
na kasvissa olleesta tyypestä ja rönsyjen mu-
kana jopa lähes 60 % kasvin loppukasvu-
kauden tyyppivarannoista.

Sadon mukana poistuva suuri tyyppi-
määrä näkyy selvästi verrattaessa istutus-
vuoden ja ensimmäisen satovuoden kasvus-
tojen tyyppipitoisuuksia (Kuva 5). Kas-
vinosasta riippuen saattaa tyyppipitoisuus
olla syksyllä ensimmäisen satovuoden kas-
vustossa vain puolet istutusvuoden kasvus-
ton tyyppipitoisuudesta.

Istutusvuoden kasvustossa eivät kas-
vinosien tyyppipitoisuudet merkittävästi

muuttuneet. Ainoa havaittu muutos oli ty-
pen siirtyminen ennen talvea muista kas-
vinosista juurakkoon. Ensimmäisen sato-
vuoden kasvustossa muutoksia alkoi kui-
tenkin ilmetä. Tyyppipitoisuus laski sato-
kauden aikana kaikissa kasvinosissa 25–35
% lukuun ottamatta juuria ja juurakoita.
Juurissa ja juurakoissakin laskua oli havait-
tavissa, mutta tyyppipitoisuuden lasku oli
niissä satokauden aikana vain noin 10 %
kuukaudessa.

Tyyppipitoisuuden lasku jatkui kaikissa
kasvinosissa vielä rönsynmuodostusvaihees-
sa satokauden jälkeen. Lehdyköissä ja lehti-
ruodeissa lasku oli elo–syyskuussa noin 10
% kuukaudessa. Rönsyissä tyyppipitoisuu-
den lasku pysähtyi elokuun ajaksi, mutta yl-
tyi jälleen syyskuussa noin 10 %:n kuu-
kausivauhtiin. Juurissa ja juurakoissa tyyppi-
pitoisuus laski päinvastoin elokuussa noin
15 %, mutta syyskuussa ei pitoisuudessa ta-
pahtunut juurikaan muutosta. Vaikuttaa-
kin siltä, että myös ensimmäisen satovuoden
kasvustossa kasvi on pyrkinyt syyskuun
aikana varastoimaan tyypeä tulevan kasvu-
kauden varalle maanalaisiin kasvinosiin
maapäällisten kasvinosien kustannuksella.
Tosin juurten ja juurakon sekä rönsynmuo-
dostuksen välinen kilpailu on ilmeisesti ol-
lut syyskuussa niin voimakasta, että tyyppi-
pitoisuuden nostamisen sijasta on ainoas-
taan tyyppipitoisuuden laskeminen onnis-
tuttu estämään.



Kuva 5. Eri kasvinosien tyyppipitoisuuksien (prosenttia kuiva-aineesta) kehittyminen istutuksesta lähtien seuraavan 15 kuukauden aikana.

Figure 5. Nitrogen content (per cent of dry matter) of different parts of plant during 15 months after planting.

Tulosten tarkastelu

Suurimmat typen kohteet kasvissa olivat rönnyt ja marjat. Ensimmäisen satovuoden kasvustossa koko kasvukaudella mansikan ottamasta tyypestä 36 % kulkeutui marjoihin ja 33 % rönsyihin. Näiden molempien tuotanto on kuitenkin riippuvaista tyypestä. Satotaso ja rönsyjen tuotanto riippuu typen lisäksi myös ympäristöolosuhteista ja lajikkeesta, joten näitä tuloksia ei voida yleistää suoraan muihin olosuhteisiin. Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että loppukasvukaudesta alkaen rönnyt sekä juuret ja juurakko kilpailevat tyypestä. Rönsyjen tuotannon vähentyminen saattaisi siten lisätä juuriin ja juurakkoon varastoitavan typen osuutta, mikä puolestaan on tärkeää syyskuisen kukintainduktion ja seuraavan kasvukauden kasvuunlähden onnistumiseksi. Juurten ja juurakon typpikertymän kasvattamiseksi ei typpilannoitetta voida enää antaa loppukasvukaudesta, koska tämä lisää myös vegetatiivista kasvua ja hidastaa siten kasvin valmistautumista talveen.

Typen otto ja sen poistuminen kasvustosta on erityisen voimakasta sadon muodostumisen aikana. Tässä tutkimuksessa poistui sadon mukana noin puolet kasvin tuolloin sisältämästä tyypestä. Kaikkien kasvinosien typpipitoisuudet laskivat satokauden aikana huomattavasti kasvin siirtäessä tyypeä marjoihin. Käytännön viljelyssä voidaan nyrkkisääntönä arvioida, että tyypeä poistuu marjojen mukana noin 0,2 % sadon tuorepainosta. Lienee kannattavinta antaa typpilannoite marjovalle kasvustolle vähintään kahdessa osassa. Kasvukauden alussa annettaisiin vegetatiiviselle kasvulle suunnattu kevätlannoitus, esimerkiksi noin 0,5

g tyypeä tainta kohden. Kukinnan perusteella viljelijä voi arvioida satotason ja antaa tämän perusteella raakileenmuodostuksen ja satokauden aikana lisätyypeä muutamassa erässä yhteensä 0,2 % arvioidun sadon määrästä. Esimerkiksi viljelijän arvioidessa satotasoksi 500 g/taimi annettaisiin tyypeä lisälannoituksena yhteensä 1 g/taimi.

Tässä tutkimuksessa ei ilmennyt eri lannoituskäsitteilyjen välisiä eroja. Tämä johtuu ainakin osittain tutkimusalueen maaperän luontaisesti korkeasta typpipitoisuudesta ja tyypeä vapauttavien pieneliöiden toiminnasta. Viljeltäessä mansikkaa vähämullaisessa maassa saattaisi eroja eri lannoituskäsitteilyjen välillä ilmetä. Kasvukaudella 2000 korjasimme samoista kasvustoista vielä sadon, ja tällöin hajalevityksenä rakeista lannoitetta saaneella, mutta tihkukastellulla käsitteyllä satotaso oli noin 10 % tihkukastelulannoitettuja käsitteilyjä suurempi. Tässä tutkimuksessa jäivätkin avoimeksi typpilannoituksen ajoituksen ja lannoituskertojen lukumäärän sekä lannoitteen liukenemisnopeuden vaikutukset mansikan kasvuun ja kehitykseen.

Aiempaa tutkimustietoa typen kulkeutumisesta mansikassa on vain vähän. Tutkimukset on poikkeuksetta tehty Suomea lämpimämissä ilmastoissa ja yleensä yksivuotisella viljelykierrolla tai kasvihuoneissa, joten niitä ei voida täysin luotettavasti verrata tähän tutkimukseen. Myös muissa tutkimuksissa on marjojen havaittu olevan voimakas typen kuljetuksen kohde, mikä aiheuttaa muiden kasvinosien typpipitoisuuden laskun (Archbold & MacKown 1992, Lieten & Misotten 1993, Stanisacljevic et al. 1997, Nestby 1998). Lannoituskertoja tihentämällä on satokauden aikaista typen hävikkiä lehdistä kuitenkin onnistuttu ehkäisemään (Nestby 1998).

- Archbold, D.D. & MacKown, C.T.** 1992. Controlled-release of fertilizer nitrogen by gel polymers in matted-row strawberry production. *Advances in Strawberry Production* 11: 32–35.
- Breen, P.J. & Martin, L.W.** 1981. Vegetative and reproductive growth responses of three strawberry cultivars to nitrogen. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106: 266–272.
- Hansen, P.** 1995. Effects of flower and fruit development and cultural factors on fruit composition in the strawberry. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and Plant Sciences* 45: 206–212.
- Lieten, F. & Misotten, C.** 1993. Nutrient uptake on strawberry plants grown on substrate. *Acta Horticulturae* 348: 299–306.
- Long, J.H.** 1939. The use of certain nutrient elements at the time of flower formation in the strawberry. *Proceedings of the Society of Horticultural Science* 37: 553–556.
- Miner, G.S., Poling, E.B., Carroll, D.E., Nelson, L. A.** 1997. Influence of fall nitrogen and spring nitrogen-potassium applications on yield and fruit quality of 'Chandler' strawberry. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 122(2): 290–295.
- Neuweiler, R.** 1997. Nitrogen fertilization in integrated outdoor strawberry production. *Acta Horticulturae* 439(2): 747–751.
- Nestby, R.** 1998. Effect of N-fertigation on fruit yield, leaf N and sugar content in fruits of two strawberry cultivars. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 73(4): 563–568
- Rindom, A. & Hansen, P.** 1997. Effects of fruit numbers and plant status on fruit size in the strawberry. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B. Soil and Plant Sciences* 45: 142–147.
- Stanisavljevic, M., Gavrilovic-Damjanovic, J., Mitrovic, O. & Mitrovic, V.** 1997. Dynamics and contents of minerals in some strawberry organs and tissues. *Acta Horticulturae* 439(2): 705–708.

Mansikan fosforin ja kaliumin otto

Tapio Salo¹⁾ & Janne Pulkkinen²⁾

¹⁾*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä,
31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi*

²⁾*Kemira Agro Oy, PL 330, 00101 Helsinki, janne.pulkkinen@kemira.com*

Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää mansikan fosforin ja kaliumin otto istutus- ja satovuoden kasvustoissa. Samalla verrattiin rakeisen lannoitteen hajalevityksen ja kastelulannoituksen vaikutusta ravinteiden ottoon ja pitoisuuksiin mansikassa. Kastelulannoituksen fosfori ja kalium annettiin joko perustamisvaiheessa tai jaettuna jokaiselle kasvuvuodelle.

Istutusvuonna taimet ottivat fosforia 85 mg/kasvi, kun rönsyt poistettiin, ja rönsyjen kasvaessa vapaasti 165–190 mg/kasvi. Taimet ottivat kaliumia vastaavasti 430 mg tai 845–950 mg. Satovuonna marjoissa poistui fosforia 150 mg/kasvi ja kaliumia 1 200 mg/kasvi. Ensimmäisen satovuoden syksyllä kasvusto sisälsi fosforia keskimäärin 200 mg/kasvi ja kaliumia 1 900 mg/kasvi.

Avainsanat: mansikat, fosfori, kalium, lannoitus, kastelulannoitus, hajalevitys

Phosphorus and potassium uptake in strawberry

The objective of this study was to determine phosphorus and potassium uptake in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) 'Bounty' and to test differences between broadcast fertilization and fertigation. Field experiments covered a young, non-fruiting population and a first fruiting year population.

In the year of planting, phosphorus uptake was 85 mg per plant without runners

but 165–190 mg per plant if runners were allowed to grow. Potassium uptake was 430 mg or 845–950 mg, respectively. In the first fruiting year, the phosphorus uptake of fruit was 150 mg and potassium uptake 1200 mg per plant. In the autumn of the first fruiting year, the average phosphorus content was 200 mg and the average potassium content 1900 mg per plant.

Key words: strawberry, phosphorus, potassium, fertilizer application, broadcast fertilization, fertigation

Johdanto

Mansikan fosforilannoitukseksi suositellaan kasvuston perustamisvaiheessa maan fosforiluvusta riippuen 10–60 kg/ha ja vastaavasti kaliumlannoitukseksi 30–220 kg/ha. Vuotuislannoitukseksi satoa tuottavalle kasvustolle on suositeltu viljavuusluvuista riippuen fosforia 5–25 kg/ha ja kaliumia 15–110 kg/ha (Kemira 2000 ja Viljavuuspalvelu 1997). Mansikan lehtianalyysin suositusarvot ovat 15–25 g kaliumia ja 2–5 g fosforia kuiva-ainekiloa kohden (Viljavuuspalvelu 1997). Suositukset perustuvat lähinnä 1980-luvulla tehtyihin kenttäkokeisiin ja Kemiran omaan koetoimintaan. Tutkimuksia, joissa esitettäisiin mansikan eri osien ottamat ravinnemäärät, marjoissa poistuvat ravinteet ja ravinnepitoisuuksien muutokset kasvukauden ja -vuosien välillä, on Suomessa tai muualla tehty hyvin vähän. Lannoitussuosituksien tarkentamiseksi ovat kasvuston ottamat ravinnemäärät kuitenkin olennaista tietoa.

Aineisto ja menetelmät

Vuosina 1998–1999 Piikkiössä tehtiin kahdella mansikkakasvustolla kenttäkokeet, joista mitattiin kasvustonäytteiden avulla kasvien kuiva-ainetuotanto, typen, fosforin ja kaliumin otto. Kuiva-ainetuotanto ja typenotto on käsitelty edellä olevissa raportin osissa (Tahvonen et al. 2001, Hoppula et al. 2001). Taimitiheys oli 45 950 kpl/ha ja lajikkeena 'Bounty'. Maalaji vaihteli kokeen sisällä multavasta karkeasta hiedasta multavaan hienoon hiekkaan.

Lannoituskäsittelyinä olivat hajalevitys, kastelulannoitus joko vesiliukoisena typpilannoitteena kahdella typpilannoitustasolla, Kemira Agro Oy:n koelannoitteena (suspensio) kahdella typpilannoitustasolla tai vesiliukoisena NPK-lannoitteena (Taulukko 1). Käytetyllä taimitiheydellä 1 g lannoitetta/taimi vastaa 46 kg:aa/ha. Koelannoite oli olomuodoltaan suspensio, joka muodostui hyvin pienistä veteen liukenemattomista lannoitepartikkeleista. Perustamisvuonna kastelulannoitukset annettiin kolmena kertana. Satovuoden PK-lannoitukset annettiin niin, että suspensioikäsitellyssä 33 % annettiin nopean kasvun alettua toukokuun puolivälin jälkeen ja 67 % raakileen

Taulukko 1. Kasvustojen saamat ravinnemäärät (g/kasvi) eri käsittelyissä.

Table 1. Fertilizer rates (g/plant) in different treatments.

	Typpi <i>Nitrogen</i>		Fosfori <i>Phosphorus</i>		Kalium <i>Potassium</i>	
	istutusvuosi <i>planting</i> <i>year</i>	satovuosi <i>fruiting</i> <i>year</i>	istutusvuosi <i>planting</i> <i>year</i>	satovuosi <i>fruiting</i> <i>year</i>	istutusvuosi <i>planting</i> <i>year</i>	satovuosi <i>fruiting</i> <i>year</i>
Suspensio N 50 <i>Suspension N 50</i>	1,1	1,1	0,4	0,4	2,1	2,0
Suspensio N 25 <i>Suspension N 25</i>	0,5	0,5	0,4	0,2	2,1	1,0
Vesiliukoinen N 50 <i>Water soluble N 50</i>	1,1	1,1	0,4	0,0	4,4	0,0
Vesiliukoinen N 25 <i>Water soluble N 25</i>	0,5	0,5	0,4	0,0	4,4	0,0
Vesiliukoinen NPK <i>Water soluble NPK</i>	0,8	1,8	0,6	1,2	2,0	3,5
Hajalevitys <i>Broadcast</i>	0,5	1,1	0,4	0,3	2,2	1,7

muodostumisvaiheessa, hajalevityksessä annettiin 50 % kasvun alkaessa ja 50 % kukinnan huipun jälkeen. Vesiliukoisessa NPK-käsittelyssä annettiin nopean kasvun alettua 40 % fosforista ja 10 % kaliumista, raakileen muodostumisvaiheessa 14 % fosforista ja 20 % kaliumista ja loput ravinteet marjojen muodostuessa heinäkuun kahdella ensimmäisellä viikolla. Fosfori- ja kaliumlannoituksen osalta tarkasteltavina eroina olivat:

- 1) lannoituksen jaksottaminen
 - a) kokonaan perustamisen yhteydessä (vesiliukoinen N-lannoitus)
 - b) kahdesti (suspensio ja hajalevitys) tai useammin (vesiliukoinen NPK) satoa tuottavana kasvukautena
- 2) lannoituksen sijainti
 - a) sijoitettu maahan perustamisen yhteydessä (vesiliukoinen N)
 - b) sijoitettu tihkuletkuilla maahan (suspensio, vesiliukoinen NPK)
 - c) hajalevitetty pintaan satovuonna

Kasvustonäytteet eroteltiin istutusvuonna lehtiin, rönsyihin ja juurakoihin. Satovuonna näytteet eroteltiin lehdyköihin, lehtiruoteihin ja kukkavanoihin, rönsyihin, juurakoihin ja lisäksi marjoihin, kun satoa esiintyi. Kuivatut ja jauhetut kasvustonäytteet poltettiin 480 °C:ssa ja tuhka uutettiin suolahappoon. Tämän jälkeen liuoksen fosforipitoisuus määritettiin spektrofotometrillä ja kaliumipitoisuus atomiabsorptiospektrofotometrillä. Ravinteiden pitoisuudet ilmoitetaan kuiva-ainegrammaa kohti.

Marjojen mukana poistuvan ravinnemäärän arvioimiseksi analysoitiin 14.7.1999 poimittujen marjojen ravinnepitoisuudet. Näiden pitoisuuksien arveltiin parhaiten vastaavan korjattavan sadon ravinnepitoisuuksia. Sadon mukana poistuva ravinnemäärä laskettiin kertomalla tämä pitoisuus marjojen kokonaiskuiva-ainesadolla.

Rönsyt poistettiin mekaanisesti syyskuun lopulla istutusvuonna 1998. Rönsyt tuhottiin 1998 istutetusta kasvustosta 7.9.1999. Vuoden 1999 istutuksessa rönsyjen annettiin kasvaa vapaasti, jotta voitiin arvioida niiden ravinteiden ottoa.

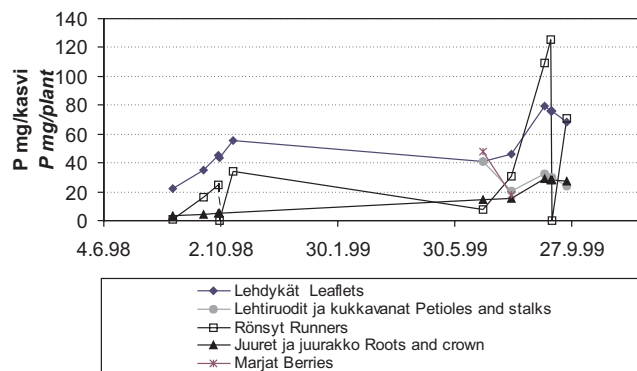
Kesällä 1998 istutetulta lohkolta otettiin maanäyte 0–20 cm:n syvyydestä viljavuusanalyysiä varten 15.10.1998. Näytteen avulla tarkistettiin lannoituskäsittelyjen vaikutukset maan viljavuuteen. Kaliumia varastolannoituksena saaneiden käsittelyjen kaliumluvut olivat 124 mg/l, hajalevitettyssä 110 mg/l ja muissa käsittelyissä 96–100 mg/l. Fosforipitoisuus ei eronnut käsittelyjen välillä. Se oli keskimäärin 48 mg/l.

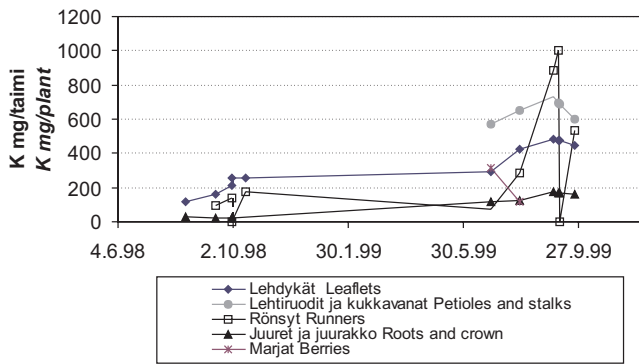
Istutusvuoden kasvuston fosforin- ja kaliuminotto

Kasvit ottivat fosforia ja kaliumia jatkuvasti kasvukausien aikana (Kuvat 1 ja 2). Rönsyjen poisto aiheutti ravinteidenottokäyrän

Kuva 1. Fosforin kertyminen mansikan eri osiin käsittelyssä suspensio N 50 kg/ha.

Figure 1. Phosphorus uptake in different plant organs in treatment with suspension N 50 kg/ha.





Kuva 2. Kaliumin kertyminen mansikan eri osiin käsittelyssä suspensio N 50 kg/ha.

Figure 2. Potassium uptake in different plant organs in treatment with suspension N 50 kg/ha.

alensemisen syyskuun 1999 lopulla. Talveh-
timisen aikana osa ravinteista luonnollisesti
poistui vanhojen lehtien ja rönsyjen muka-
na. Istutusvuoden ravinteidenotto kohdis-
tui aluksi lehtiin ja sen jälkeen myös rönsyi-
hin. Syyskuussa 1998 rönsyt poistettiin kas-
vustosta, ja tällöin kasvit ottivat fosforia ja
kaliumia lokakuuhun 1998 mennessä noin
90 ja 460 mg/kasvi. Ravinteista hieman yli
puolet oli lehdissä. Istutusvuoden 1999 lo-
kakuun näytteisiin rönsyt sisältyivät, ja sen
seurauksena fosforinotto oli 165–190 ja
vastaavasti kaliuminotto 840–950 mg/kas-
vi. Hehtaaria kohden laskettuna kasvit otti-
vat 7–8 kg fosforia ja 35–40 kg kaliumia, ja
näistä ravinteista lähes 80 % oli rönsyissä.
Istutusvuoden kasvustoissa lannoituskäsit-
telyt eivät vaikuttaneet fosforin ja kaliumin
ottoon.

Satovuoden kasvuston fosforin- ja kaliuminotto

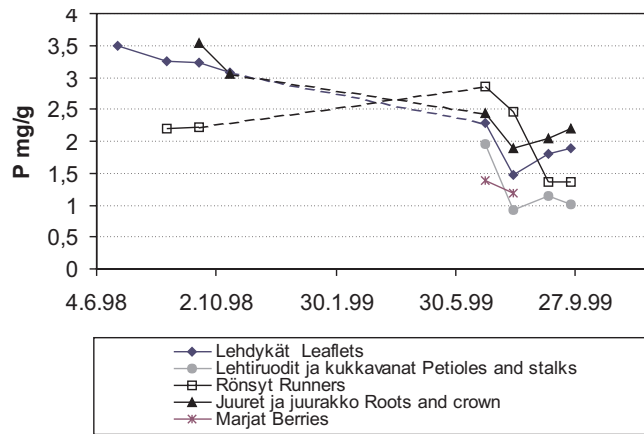
Kesäkuun lopussa raakileenmuodostusvai-
heessa oleva kasvusto sisälsi fosforia
150–180 mg/kasvi (Kuva 1) ja kaliumia 1
400–1 800 mg/kasvi (Kuva 2). Kasvukau-
den alussa kasvit ottivat fosforia 50 mg/kas-
vi ja kaliumia erittäin runsaasti, 900
mg/kasvi, verrattuna edellisen syksyn tilan-
teeseen. Ravinteet kohdistuivat lehtialan,

kukkavanojen ja marjojen muodostumi-
seen. Marjojen fosforipitoisuus sadonkor-
juun puolivälissä oli 1,8 mg/g ja kaliumpi-
toisuus 14,8 mg/g. Koska marjojen koko-
naiskuiva-ainetuotanto oli noin 80 g/kasvi,
poistui marjojen mukana fosforia keskimää-
rin 150 mg/kasvi ja kaliumia 1 200 mg/kas-
vi. Satokauden päättymisen jälkeen otetut
ravinteet kulkeutuivat rönsyihin. Loka-
kuussa kasvusto sisälsi fosforia 180–220
mg/kasvi ja kaliumia 1 700–2 100 mg/kas-
vi. Hehtaaria kohden laskettuna marjoissa
poistui fosforia noin 6 kg/ha ja kaliumia 56
kg/ha. Kasvuston sisältämät ravinnemäärät
olivat lokakuussa keskimäärin 8 kg/ha fos-
foria ja 71 kg/ha kaliumia. Yhdistettäessä
marjoissa poistuneet ravinteet ja lokakuun
ravinnemäärät ottivat kasvit fosforia 14
kg/ha ja kaliumia 127 kg/ha.

Satovuoden lopulla fosfori- ja kalium-
lannoitustasot aiheuttivat eroja kasvustojen
ravinteiden ottoon. Elokuun lopulla kor-
keamman typpitason suspensiolannoituk-
sen rönsyt sisälsivät enemmän fosforia ja ka-
liumia kuin alhaisemman suspension ja ve-
siliukoisen N 25 käsittelyn sekä vesiliukoisen
NPK käsittelyn saaneet rönsyt. Tämä
vaikutus havaittiin myös kasvustojen kui-
va-ainesadossa ja ravinteiden kokonaisotos-
sa. Elokuun aikana lannoitettu vesiliukoisen
NPK-käsittely tuotti kuitenkin syys-
kuussa suurimman kasvun ja otti eniten fos-
foria sekä kaliumia.

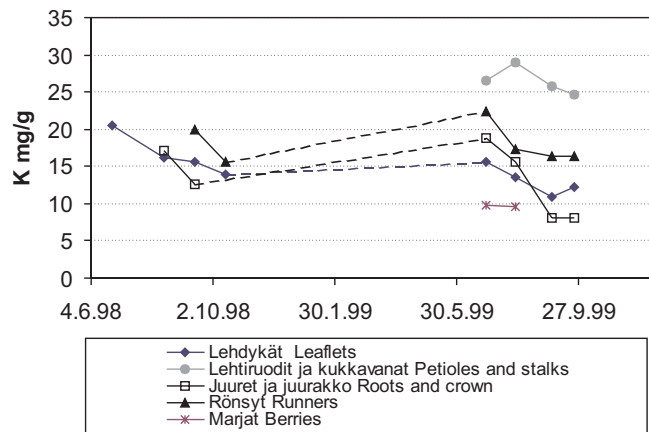
Kuva 3. Mansikan eri osien fosforipitoisuudet käsittelyssä suspensio N 50 kg/ha.

Figure 3. Phosphorus concentration in different plant organs in treatment with suspension N 50 kg/ha.



Kuva 4. Mansikan eri osien kaliumpitoisuudet käsittelyssä suspensio N 50 kg/ha.

Figure 4. Potassium concentration in different plant organs in treatment with suspension N 50 kg/ha.



Ravinnepitoisuudet alenivat kasvun edetessä

Istutusvuonna lehdyköiden fosforipitoisuus oli 2,5–3,2 mg/g (Kuva 3) ja kaliumpitoisuus 14–17 mg/g (Kuva 4). Vuonna 1998 ravinnepitoisuudet laskivat hieman taimien kasvaessa, mutta vuonna 1999 sitä vastoin lisääntyivät.

Satovuonna lehtien fosforipitoisuus väheni raakileen muodostusvaiheen 2,0–2,2 mg/sta/g marjan tuoton loppuvaiheen 1,4 mg/aan/g. Syksyä kohden pitoisuus nousi 1,6–1,8 mg/aan/g. Muissa kasvinosissa fosforipitoisuus laski toisen kasvuvuoden aikana noin 1 mg/g (Kuva 3). Lehtien kaliumpitoisuus väheni 16:sta 12 mg/aan/g. Lehti-

ruodit ja kukkavanat sisälsivät runsaasti kaliumia, 25–26 mg/g, joten niiden vaikutus lehtianalyysin tulokseen on suuri (Kuva 4). Ravinnepitoisuuksien laimeneminen selittyy aluksi runsaalla marjan tuotannolla ja sen jälkeen jatkuneella runsaalla rönsyjen kasvulla.

Eniten fosforia ja kaliumia perustamisvaiheessa saaneen käsittelyn rönsyjen fosfori- ja kaliumpitoisuudet sekä juurakon fosforipitoisuudet olivat muita käsittelyjä korkeampia satovuoden ensimmäisessä näytteessä eli raakileen muodostusvaiheessa. Sen sijaan marjojen kaliumpitoisuus oli alhaisempi kuin hajalevitetyssä käsittelyssä, joten kaliumin saatavuus oli paras satovuoden keväänä eniten kaliumia saaneessa kasvustossa.

Marjantuotannon loppuvaiheessa, hei-

näkuun lopulla, lehtien ja rönsyjen fosforipitoisuudet olivat laskeneet 0,4–0,7 mg/g. Vähiten laskua oli tapahtunut vesiliukoisessa NPK-käsittelyssä, jossa heinäkuun alussa annettiin fosforia kolmen eri kastelun aikana yhteensä 0,5 g/kasvi.

Tulosten tarkastelu

Erilaiset lannoituskäsittelyt eivät vaikuttaneet merkittävästi mansikan kasvuun, saatoon tai fosforin ja kaliumin ottoon. Fosforin ja kaliumin tarve saavutettiin kaikilla käytetyillä lannoitusmenetelmillä ja -tasoilta, mitä luonnollisesti auttoi maan hyvä fosforitaso ja tyydyttävä kaliumluokka.

Ensimmäisen vuoden ravinnetarve oli melko vähäinen, fosforia alle 10 kg/ha ja kaliumia alle 40 kg/ha. Satovuoden ravinnetarve oli jo selvästi korkeampi ja ravinteiden tarve nopeaa touko- ja kesäkuun aikana. Tässä vaiheessa fosforia tosin tarvittiin lisää ainoastaan 2 kg/ha edellisen syksyn tilanteeseen nähden, mutta kaliumia tarvittiin peräti 40 kg/ha. Ravinteidenotto jatkui

koko marjantuotannon ajan. Ravinteiden oton lisäksi muiden kasvinosien aikaisemmin ottamaa fosforia ja kaliumia käytettiin marjoihin. Marjojen tuotannon jälkeen muiden kasvinosien ravinteiden pitoisuudet ja määrät lisääntyivät, ja etenkin rönsyjen voimakas kasvu johti niiden ravinnesisällön suureen kasvuun.

Nykyiset lannoitus-suositukset riittivät tässä kokeessa korkeaan satotasoon. Ravinteiden poistuma marjoissa oli kokeen 24,5 tn/ha (615 g/kasvi) satotasolla 6 kg/ha fosforia ja 56 kg/ha kaliumia. Yhtä satotonnia kohti poistui marjoissa fosforia 0,24 kg ja kaliumia 2,3 kg.

Lehtien fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat sadonmuodostuksen loppuvaiheessa hieman Viljavuuspalvelun suositusarvoja alempana. Muiden maiden suosituksissa lehtien kaliumrajaksi on annettu 13–20 mg/g ja fosforirajaksi 2,0–3,0 mg/g (Jones et al. 1991, Robinson et al. 1997, Lieten 1999). Rönsyjen osuus vahvana ravinteiden ottokohteena on todennäköisesti vaikuttanut lehtien ravinnepitoisuuksien alhaisuuteen myös marjantuotannon jälkeen.

Kirjallisuus

Hoppula, K., Salo, T. & Pulkkinen, J. 2001. Mansikan typen otto ja jakautuminen kasvissa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 91. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 19–26. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-596-0.

Jones, Jr. J.B., Wolf, B. & Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. 1. Methods of plant analysis and interpretation. Georgia, USA. 213 p.

Kemira 2000. Marjojen ja omenan lannoitus sekä kasvinsuojelu. Kemira Oy. 40 p.

Lieten, P. 1999. Guidelines for nutrient solutions, peat substrate and leaf values of 'Elsanta' strawberries. Cost action 386. Integrated research in berries. Joint meeting WG4. INRA Versailles, 16th-17th De-

cember 1999. 7 p.

Robinson, J.B., Treeby, M.T. & Stephenson, R.A. 1997. Fruits, vines and nuts. In: Reuter, D.J. & Robinson, J.B. (eds.) Plant analysis: an interpretation manual. 2nd ed. Collingwood, Australia. p. 349–382.

Viljavuuspalvelu 1997. Viljavuustutkimuksen tulkin-
ta avomaan puutarhaviljelyssä. Viljavuuspalvelu
Oy. 20 p.

Tahvonen, R., Hoppula, K & Ylämäki, A. 2001. Mansikan tarkennettu lannoitus ja kastelu. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 91. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 7–13. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-596-0.

Rehevä mansikka tukahduttaa rikkakasveja

Petri Vanhala

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto,
31600 Jokioinen, petri.vanhala@mtt.fi*

Vesi, ravinteet ja kasvutila vaikuttavat rikkakasvien taimettumiseen ja kasvuun. Tihkukastelun ja erilaisten lannoitusten vaikutusta rikkakasveihin mustaan muovikatteen istutetussa mansikassa tutkittiin kahdessa kokeessa vuosina 1998–2000 ja 1999–2000. Lannoitustavalla tai -määrällä ei ollut mainittavaa vaikutusta rikkakasvien taimettumismääriin, mutta kylläkin kokoon: pintaan hajalevitetty lannoitus kasvatti suurempia rikkakasveja kuin tihkukastelun mukana mansikan juurille annettu

lannoitus. Pääosa rikkakasveista taimettui ensimmäisenä syksynä ja keväänä, myöhemmin taimettuminen oli vähäisempää. Pihatähtimöä ja ahosuolaheinää esiintyi kuitenkin merkittävästi myös myöhemmin. Torjunnan tulisi siis olla huolellista varsinkin ensimmäisenä syksynä ja keväänä; myöhemmin torjuntatarve on vähäisempi mansikan täyttäessä istutusaukot ja näin ehkäisessä uusien rikkakasvien taimettumista ja kasvua.

Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, rikkakasvit, mansikat, kastelu, kastelulannoitus, lannoitus

Weeds are suppressed by luxuriant strawberry

Weed emergence and growth are affected by water, nutrients and growth space. The effect of drip irrigation and different fertilization treatments on weeds was studied in strawberry planted in black plastic mulch in two experiments conducted in 1998–2000 and in 1999–2000. Neither fertilization method nor amount of fertilizer had a noteworthy effect on weed emergence. However, fertilizer broadcast on the soil surface produced bigger weeds than did fertilizer given in drip irrigation to strawberry roots.

Most weeds emerged during the first autumn and spring, later there was less emergence. The exceptions were *Stellaria media* and *Rumex acetosella*, which appeared in considerable amounts later, too. Consequently, weeds should be controlled carefully especially during the first autumn and spring; there is less need for control measures later as strawberry plants fill the planting holes and thus prevent weed emergence and growth.

Key words: horticultural plants, cultivation, weeds, strawberries, irrigation, fertigation, fertilizer application

Johdanto

Mansikkaviljelmä on rikkakasvien kannalta erilainen ympäristö kuin tavallinen pelto- tai puutarhaviljelmä. Yleisesti käytetty muovikate jättää vain vähän paikkoja rikkakasveille: mansikan istutusaukot, mahdolliset repeämät muovissa sekä muovikatteiden väliset käytävät. Vielä erilaisemmiksi olot muuttuvat, jos kastelu ja lannoitus annetaan tihkuletkuilla mansikan juurille eikä maan pintaan. Näiden olosuhteiden vaikutuksesta mansikan rikkakasveihin on kuitenkin vain vähän tutkittua tietoa. Tässä esiteltävällä tutkimuksella haettiin vastauksia edellä mainittuihin kysymyksiin.

Tällä tutkimuksella oli kaksi tavoitetta:

- 1) tutkia, miten lannoituksen levitystapa (tihkukastelu tai pintalevitys) ja lannoitustaso vaikuttavat mansikan rikkakasvien määrään ja painoihin
- 2) selvittää, miten rikkakasvien taimettumismäärät muuttuvat istutusvuodesta seuraaviin vuosiin.

Aineisto ja menetelmät

Mansikan rikkakasvien lukumääriä ja painoja tutkittiin Piikkiössä (MTT Puutarhantuotanto) kahdessa kenttäkokeessa. Koe 1 istutettiin 23.6.1998, koe 2 istutettiin 1.7.1999. Kokeiden maalaji vaihteli karkeasta hiedasta multavaan hienoon hiekaan.

Mansikat istutettiin mustaan muovikatteeseen. Kokeessa 1 pyöreän istutusaukon halkaisija oli 7 cm; kokeessa 2 istutusaukko oli nelikulmainen, 8 × 8 cm. Mansikat (lajike 'Bounty') istutettiin paririviin, noin 60 tainta/ruutu. Taimitiheys oli kolme tainta rivimetillä. Ruudun pituus oli kymmenen metriä ja riviväli 1,3 m harjun keskeltä keskelle. Kerranteita oli kuusi.

Koetekijöinä oli kuusi erilaista lannoituskäsittelyä: suspensio N 50, suspensio N 25, vesiliukoinen N 50, vesiliukoinen N 25, vesiliukoinen NPK ja hajalevitys. Lannoite-

käsittelyt on kuvattu tarkemmin edellä olevissa, mansikan lannoitusta ja ravinteiden ottoa käsittelevissä kirjoituksissa. Kaikissa lannoituskäsittelyissä mansikka kasteltiin tihkuletkukasteluna, ja hajalevitystä lukuun ottamatta lannoitteet annettiin kasteluveden mukana.

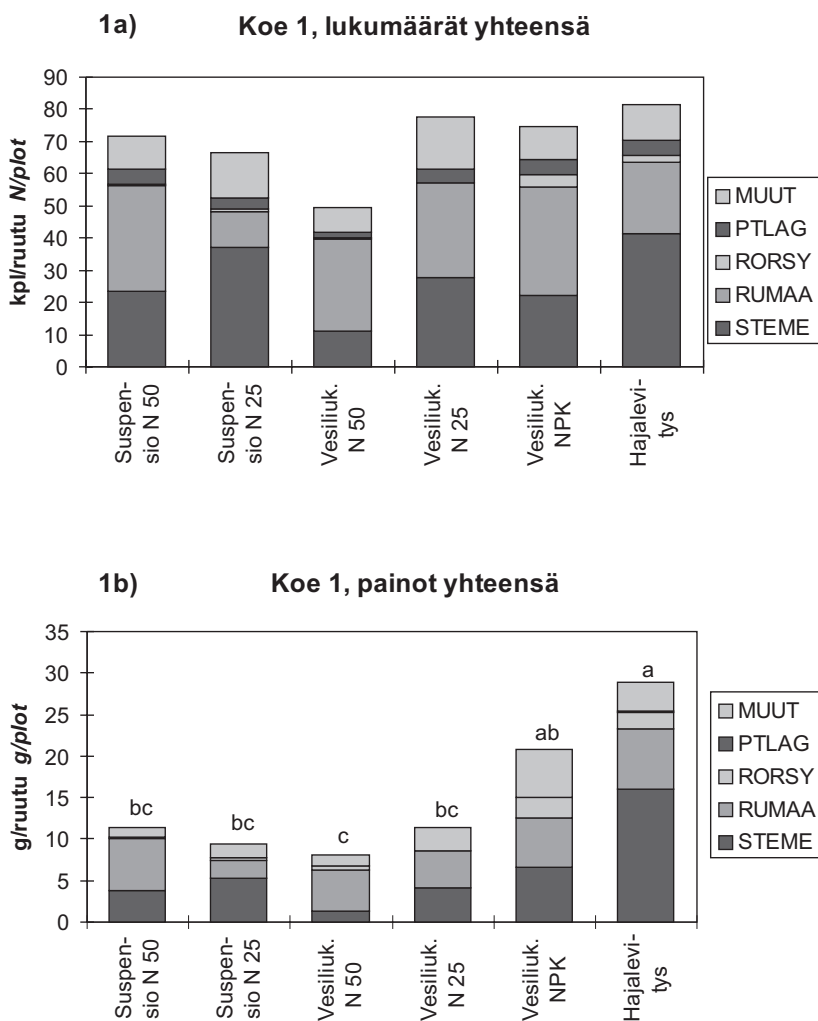
Koska istutusaukkojen pinta-ala oli pieni, kerättiin rikkakasvinäytteet koko ruudusta, lukuun ottamatta neljää istutusaukkoa kummastakin päästä ruutua (yhteensä siis kahdeksan). Istutusaukoista, joista mansikka oli kuollut tai joista oli otettu kasvustonäyte, kasvavia rikkakasveja ei sisällytetty tuloksiin. Jos koeruudussa oli em. systä hylättäviä istutusaukkoja, rikkakasvien määrä ja paino suhteutettiin vastaamaan täyttä näytemäärää, joka oli 52 istutusaukkoa/ruutu.

Näytteenotto toimi samalla rikkakasvien torjuntana. Rikkakasvinäytteiden otto ajoitettiin pääsääntöisesti torjuntatarpeen mukaan. Kaikki, myös pienet, rikkakasvit kerättiin. Tästä on poikkeuksena kokeen 1 näytteenotto heinäkuussa 1999, jolloin muiden kiireiden vuoksi kerättiin vain päällepäin näkyvät rikkakasvit. Lisäksi koe 1 oli jo kerran perattu ennen varsinaisen näytteenoton alkamista. Näytteistä laskettiin eri rikkakasvilajien yksilömäärät ja punnittiin kuivapainot.

Tulosten tilastollinen testaus tehtiin varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä. Merkitsevyytasona oli $p < 0,05$. Tilastollisia testejä varten tehtiin lukumäärille neliöjuurimuunnos ja painoille logaritimuunnos.

Lannoitteen hajalevitys kasvatti isompia rikkakasveja

Molemmissa kokeissa esiintyi runsaasti joi-takin samoja rikkakasveja, mutta lajistoissa oli myös eroja. Kokeessa 1 rikkakasvit olivat pääasiassa pihatähtimöä ja ahosuolaheinää. Mainittavassa määrin esiintyi myös nenät-



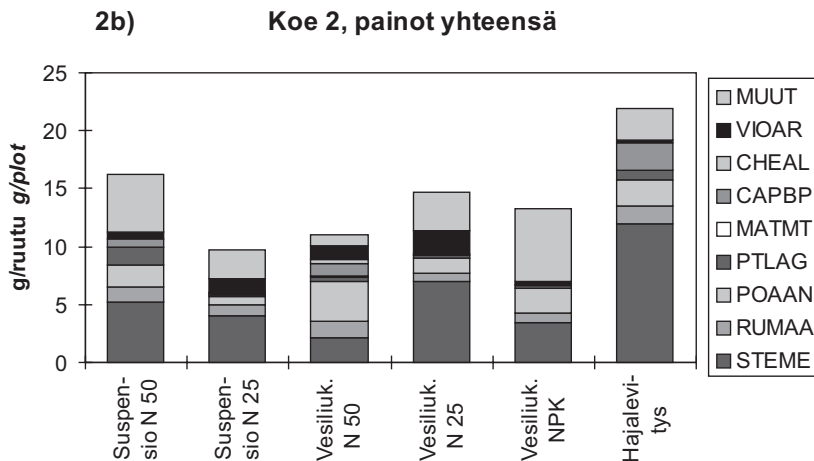
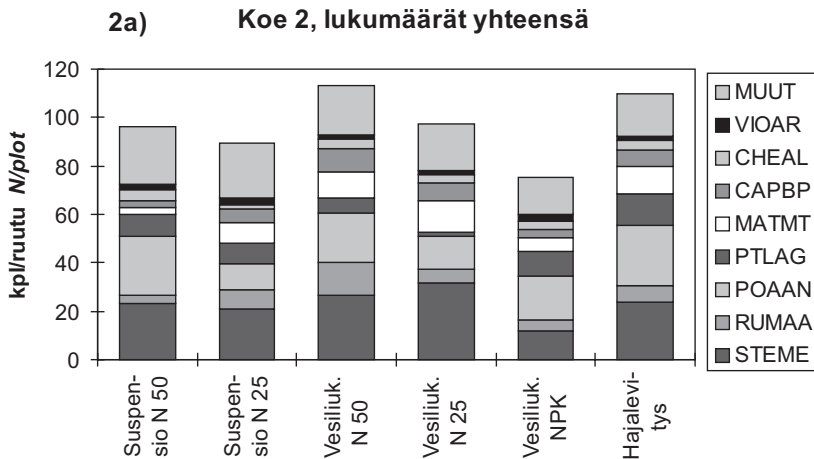
Kuva 1. Rikkakasvien lukumäärät (Kuva 1a) ja kuivapainot (Kuva 1b) lannoitekäsitteilyittäin kokeessa 1, kaikki näyteajankohdat yhteenlaskettuna. Rikkakasvilajit: STEME = pihatahtimö, RUMAA = ahosuolaheinä, RORSY = rikkänenätti, PTLAG = hopeahanhikki, MUUT = muut rikkakasvit.

Figure 1. Number (Figure 1a) and dry weight (Figure 1b) of weeds per plot by fertilizer treatment in Exp. 1., sum of all sampling times. Fertilizer treatments (from left to right): Suspension N 50, Suspension N 25, Water soluble N 50, Water soluble N 25, Water soluble NPK, Broadcast. Weed species: STEME = *Stellaria media*, RUMAA = *Rumex acetosella*, RORSY = *Rorippa sylvestris*, PTLAG = *Potentilla argentea*, MUUT = other weeds.

tiä ja hopeahanhikkia (Kuva 1). Kokeessa 2 rikkakasvillisuus oli monimuotoisempi (Kuva 2). Vaikka rikkakasvien määrät vaihtelivat jonkin verran eri lannoituskäsittelyjen välillä, oli satunnaisvaihtelu niin suurta, että erot eivät olleet tilastollisesti merkitse-

viä.

Rikkakasvien painoihin lannoitteiden levitystapa kuitenkin vaikutti. Lannoitteiden hajalevitys maan pinnalle kasvatti molemmissa kokeissa suurempia rikkakasveja kuin lannoitteen antaminen tihkukastelun



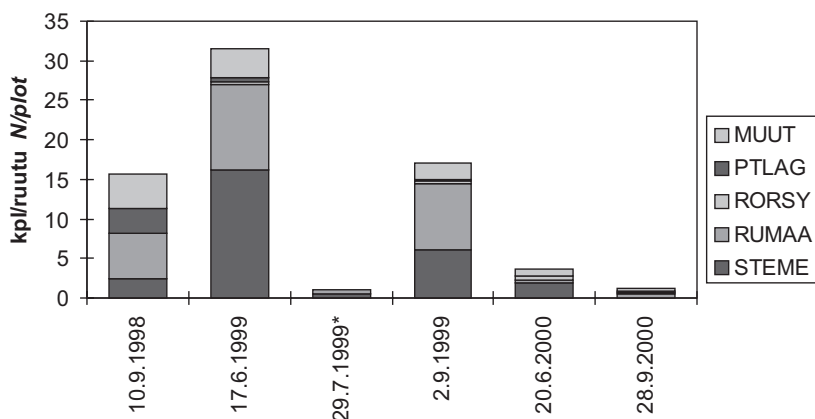
Kuva 2. Rikkakasvien lukumäärät (Kuva 2a) ja kuivapainot (Kuva 2b) lannoitekä-sittelyittäin kokeessa 2, kaikki näyteajankohdat yhteenlaskettuna. Rikkakasvila-jit: STEME = pihatähtimö, RUMAA = ahosuolaheinä, POAAN = kylänurmikka, PTLAG = hopeahanhikki, MATMT = pihasaunio, CAPBP = lutukka, CHEAL = jauhosavikka, VIOAR = pelto-orvokki, MUUT = muut rikkakasvit.

Figure 2. Number (Figure 2a) and dry weight (Figure 2b) of weeds per plot by fer-tilizer treatment in Exp.2., sum of all sampling times. Fertilizer treatments as in Figure 1. Weed species: STEME = *Stellaria media*, RUMAA = *Rumex acetosella*, POAAN = *Poa annua*, PTLAG = *Potentilla argentea*, MATMT = *Matricaria matricarioides*, CAPBP = *Capsella bursa-pastoris*, CHEAL = *Chenopodium al-bum*, VIOAR = *Viola arvensis*, MUUT = other weeds.

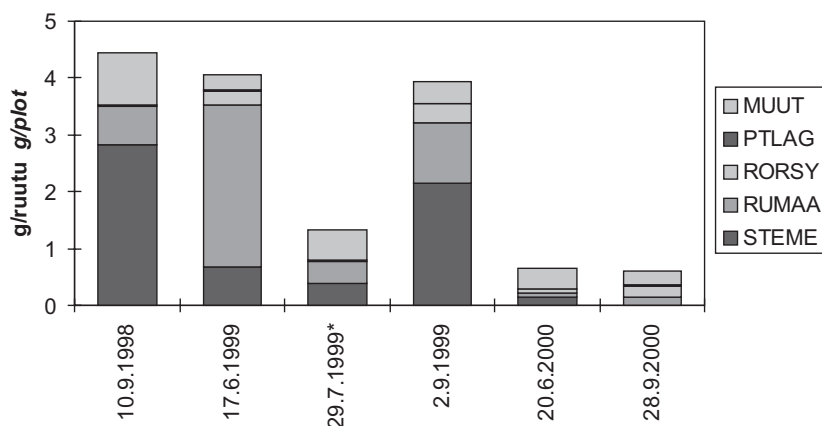
yhteydessä mansikan juurelle. Kokeessa 1 ero oli tilastollisesti merkitsevä (Kuva 1). Suuremmat lannoitemäärät eivät lisänneet rikkakasvien kokoa, kun lannoitus annet-

tiin tihkukastelun mukana. Saattaa jopa olla, että runsaammin lannoitettu mansikka tukahduttaa rikkakasveja tehokkaam-min. Kokeessa 1 toiseksi eniten painoivat

3a) Koe 1, lukumäärät näyteajankohdittain



3b) Koe 1, painot näyteajankohdittain



Kuva 3. Rikkakasvien lukumäärät (Kuva 3a) ja kuivapainot (Kuva 3b) näyteajankohdittain kokeessa 1, kaikkien lannoitekäsittelyjen keskiarvona. Rikkakasvilajit kuten kuvassa 1. * = heinäkuussa 1999 kerätty vain suuret rikkakasvit.

Figure 3. Number (Figure 3a) and dry weight (Figure 3b) of weeds by sampling time in Exp. 1., as mean of all fertilizer treatments. Weed species as in Figure 1.

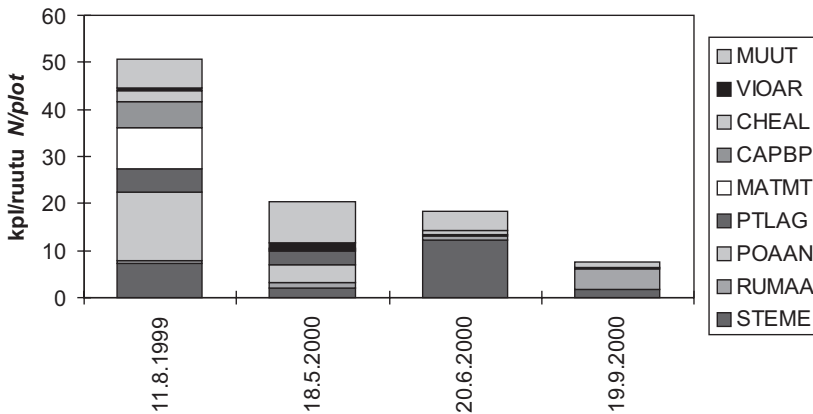
* = In July 1999 only large weed plants gathered.

vesiliukoisella NPK:lla lannoitettujen ruutujen rikkakasvit ja vähiten vesiliukoisella N:llä (50) lannoitettujen ruutujen rikkakasvit. Yksittäisten lajien osalta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

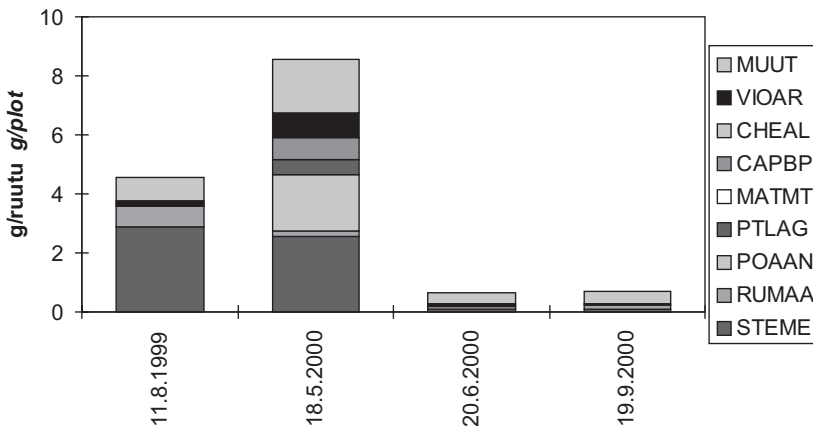
Taimettuminen laantui ensimmäisen syksyn ja kevään jälkeen

Taimettumisrytmin tarkastelussa yhdistet-

4a) Koe 2, lukumäärät näyteajankohdittain



4b) Koe 2, painot näyteajankohdittain



Kuva 4. Rikkakasvien lukumäärät (Kuva 4a) ja kuivapainot (Kuva 4b) näyteajankohdittain kokeessa 2, kaikkien lannoitekäsittelyjen keskiarvona. Rikkakasvilajit kuten kuvassa 2.

Figure 4. Number (Figure 4a) and dry weight (Figure 4b) of weeds by sampling time in Exp.2., as mean of all fertilizer treatments. Weed species as in Figure 2.

tiin kunkin näytekerran kaikkien lannoituskäsittelyjen rikkakasvihavainnot, koska käsittelyjen välillä oli hyvin vähän tilastollisesti merkitseviä eroja. Jotkin lajit taimettui- vat melko pian mansikan istutuksen jäl- keen, kun taas toisten lajien taimettuminen jatkui kolmannelle vuodelle saakka.

Kokeessa 1 hopeahanhikki taimettui lä- hinnä ensimmäisenä syksynä, pihatähtimöä

ja ahosuolaheinää taimettui myös myöhem- min (Kuva 3). Ahosuolaheinä on monivuo- tinen, ja samoista juurista on voinut kitken- nän jälkeen kasvaa uusia yksilöitä. Pihatäh- timö ja ahosuolaheinä hallitsivat myös pai- noissa. Istutusta seuraavana vuonna myös rikkänenätti oli suhteellisen kookasta.

Myös kokeessa 2 useimpien rikkakasvi- lajien taimettuminen laantui ensimmäisen

syksyn ja kevään jälkeen. Pihasaunio, lutukka ja jauhosavikka taimettuivat pääasiassa istutusvuonna, ja vain pienessä määrin seuraavana vuonna (Kuva 4). Hopeahanhikkia ja kylänurmikkaa taimettui sekä istutusvuonna että seuraavana keväänä, kun taas pelto-orvokki taimettui pääosin keväällä. Kevään näytteessä on mukana myös elokuun näytteenoton jälkeen taimetuneita, talvehtineita rikkakasveja. Vain pihatähtimön ja ahosuolaheinän taimettuminen painottui myöhemmäksi. Kokeen 2 ensimmäisen syksyn näytteessä painoa hallitsevat pihatähtimö ja ahosuolaheinä, muiden lajien rikkakasvit olivat vielä runsaasta lukumäärästään huolimatta pieniä. Keväällä paino jakautui useiden lajien kesken; huomion arvoista on lutukoiden kohtalaisen suuri osuus vähäisestä lukumäärästä huolimatta.

Ajan myötä vähenevään taimettumiseen on osittain syynä maan pintakerroksessa olevien itämisvalmiiden siementen väheneminen, osittain taas se, että hyvin kas-

vava mansikka täytti istutusaukon, jolloin rikkakasveille ei enää jäänyt taimettumis- ja kasvutilaa.

Johtopäätökset

Kastelulannoitus tukee osaltaan mansikan rikkakasvien hallintaa. Tihkukastelulannoitus kohdentaa hajalevitystä paremmin ravinteet mansikalle eikä rikkakasveille. Näin mansikka saa kilpailuetua, kun taas rikkakasvit kärsivät ravinteiden puutteesta.

Viljeltäessä mansikkaa muovikatteessa kannattaa rikkakasvit torjua huolella nuorena kasvustossa. Kun mansikan rikkakasvit torjutaan huolellisesti ensimmäisenä istutuksen jälkeisenä syksynä ja ensimmäisenä keväänä, on torjunnan tarve jatkossa vähäisempi mansikan täyttäessä istutusaukot ja näin ehkäistessä uusien rikkakasvien taimettumista ja kasvua.

Rikkakasvien taimettuminen istukassipulilla ja porkkanaharjussa

Petri Vanhala

*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarbatuotanto,
31600 Jokioinen, petri.vanhala@mtt.fi*

Rikkakasvien kemiallisen ja fyysikaalisen torjunnan onnistuminen riippuu rikkakasvien taimettumisajankohdasta, johon vaikuttavat mm. rikkakasvilajisto, sää ja maanpinnan muotoilu. Rikkakasvien taimettumista tutkittiin vuosina 1998–2000 tasamaalle istutetulla sipulilla sekä harjuun kylvetyllä porkkanalla. Taimettuneet rikkakasvit laskettiin ja poistettiin 1–4 päivän välein. Jotkin lajit, kuten jauhosavikka, taimettuivat kasvukauden alkuvaiheessa, minkä jälkeen taimettuminen laantui. Eräät lajit, esimerkiksi kylänurmikka, tai-

mettuivat pitkän ajan kuluessa. Sääolot vaikuttivat taimettumiseen ja rikkakasvien lajikoostumukseen. Esimerkiksi savijäkkärää taimettui runsaasti sateisina kesinä, mutta vähän kuivana ja lämpimänä kesänä. Rikkakasvien taimettuminen oli erilaista harjun eri osissa; jauhosavikka taimettui nopeammin ja runsaampana harjun päällä kuin sivuilla. Lajistosta ja käytettävissä olevista torjuntamenetelmistä riippuen rikkakasvien taimettumista voidaan pyrkiä joko aikaistamaan tai viivästäämään suhteessa viljelykasvin kehitykseen.

Avainsanat: puutarbakasvit, viljely, rikkakasvit, sipulit, porkkana, taimettuminen, sää

Emergence of weeds in set onion and in carrot ridge

The success of chemical and physical weed control depends on the time of weed emergence, which is determined by factors such as weed species, weather and soil profile. Weed emergence was studied during 1998–2000 in set onion in level soil and in carrot sown in ridges. Emerged weeds were counted and removed at 1–4 day intervals. Some species, e.g. *Chenopodium album*, emerged early in the growing season, but then emergence ceased. Other species, e.g. *Poa annua*, emerged during a long period. Weather conditions affected emergence

and weed species composition. Emergence of *Gnaphalium uliginosum*, for instance, was abundant in rainy summers, but minimal in a dry and warm summer. Weed emergence differed from one part of a ridge to another; *C. album* emerged faster and more abundantly on the top than on the sides of the ridge. Depending on weed species and the control methods available attempts should be made to shift weed emergence so that it occurs earlier or later in relation to crop development.

Key words: horticultural plants, cultivation, weeds, onions, carrot, emergence, weather

Johdanto

Rikkakasvien taimettumisen ajoittuminen vaikuttaa kemiallisen ja fyysikaalisen torjunnan onnistumiseen. Taimettumisen ajoittuminen riippuu mm. rikkakasvilajistosta, säästä ja maan ominaisuuksista. Taimettumisajankohdan ennakoiminen olisi avuksi rikkakasvien torjunnan suunnittelussa ja ajoittamisessa. Suuntaa-antava taimettumisen ennustaminen tietokoneohjelmalla on jo mahdollista (Forcella 1998), kunhan tutkimus tuottaa tietoa lajikohtaisista itämisvaatimuksista kyseisellä maantieteellisellä alueella. Ilman lajikohtaista tutkimustietoa ei luotettavia ennusteita voida tehdä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa joidenkin rikkakasvilajien taimettumisesta vihannesviljelyssä suomalaisissa oloissa.

Tutkimuksen tulokset tullaan julkaisemaan laajemmin toisaalla. Tässä kirjoituksessa esitetään joitakin poimintoja tuloksista.

Aineisto ja menetelmät

Rikkakasvien taimettumista tutkittiin vuosina 1998–2000 tasamaalle istutetulla sipulilla sekä harjuun kylvetyllä porkkanalla. Taimettuneet rikkakasvit laskettiin ja poistettiin 1–4 päivän välein.

MTT Puutarhatuotannon sipulikokeet sijaitsivat Piikkiössä ja porkkanakokeet Kokemäellä. Koekenttien maalaji oli multava tai runsasmultainen hieta. Rikkakasvien taimettumista havainnoitiin kastelulan-
noituskokeisiin sijoitetuilta ruiskuttamattomilta aloilta, useimmissa kokeissa kahdeltatoista havaintoruudulta.

Sipuli istutettiin tasamaalle 25 cm:n rivivälein. Rikkakasvien havaintoruudut olivat sipulikokeissa 0,25 m × 1,0 m.

Porkkana kylvettiin paririviin 49 cm leveään harjun päälle. Havainnointikehikko myötäili pinnanmuotoja. Havaintoruutujen koko oli 0,5 m × 0,5 m, mikä oli vielä jaettu kolmeen 20 – 10 – 20 cm leveään

osaan; keskimäinen 10 cm käsitti harjun päällä kylvöpyörän tiivistämän osan. Harjun toinen ("eteläinen") sivu oli kaakkoon päin, toinen ("pohjoinen") sivu luoteeseen päin.

Taimettuneet rikkakasvit tunnistettiin lajilleen, laskettiin ja poistettiin 1–4 päivän välein.

Sekä ilman että maan lämpötilaa ja sademääriä sekä maan kosteutta seurattiin.

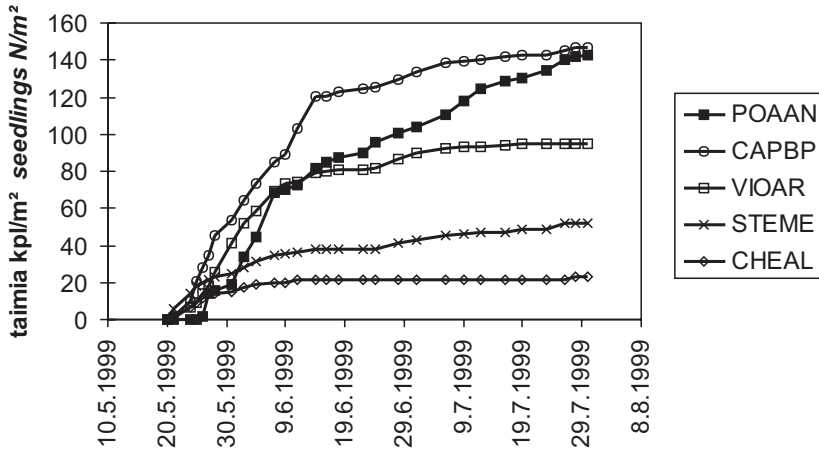
Jatkuvasti taimettuvat lajit ongelmallisia

Koealueiden runsaimmin taimettuneet lajit olivat Piikkiössä kylänurmikka, lutukka, orvokki, pihatähtimö ja savikka, Kokemäellä puolestaan savikka, taskuruoho, saunio, orvokki ja savijäkkärä.

Jotkin lajit, esimerkiksi jauhosavikka (Kuvat 1 ja 2), taimettuivat kasvukauden alussa, minkä jälkeen taimettuminen laantui. Tällaiset lajit voidaan yleensä pitää kurissa yhdellä, hyvin ajoitetulla torjuntakeralla. Torjunta voi kuitenkin olla ongelmallista, jos taimettuminen ajoittuu vaiheeseen, jolloin viljelykasvi ei kestä torjuntäkäsittelyä.

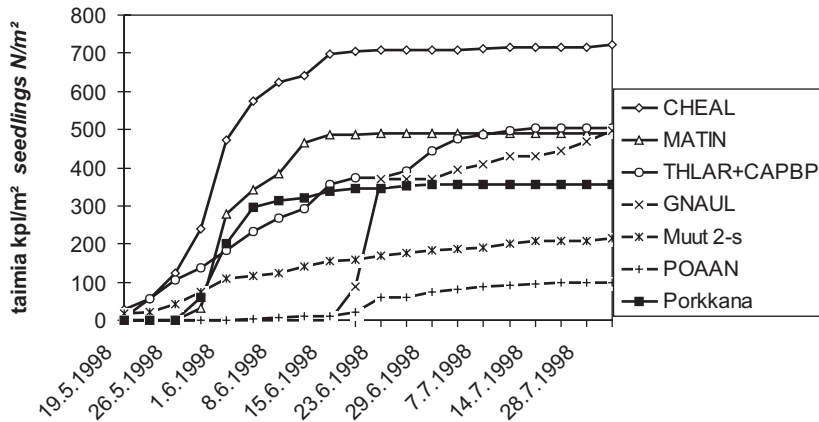
Eräät lajit puolestaan taimettuivat pitkän ajan kuluessa. Esimerkiksi kylänurmikan aktiivinen taimettumisaika oli niin pitkä, ettei varsinaisesta terävästä taimettumishuipusta voida puhua (Kuva 1). Kylänurmikan tekeekin ongelmalliseksi sen kyky taimettua läpi kesän ja tuottaa nopeasti siemeniä.

Kasvukaudet poikkesivat toisistaan lämpötiloiltaan ja sademääriltään: kesät 1998 ja 2000 olivat viileitä ja kosteita, kun taas kesä 1999 oli kuiva ja lämmin. Sääolot vaikuttivat taimettumiseen ja ja rikkakasvien lajikoostumukseen. Esimerkiksi savijäkkärää taimettui vain vähän kuivana ja lämpimänä kesänä 1999, mutta runsaasti sateisina kesinä 1998 ja 2000. Vuonna 1998 savijäkkärän taimettuminen oli runsasta viileän ja sateisen jakson aikana (Kuva 3).



Kuva 1. Joidenkin rikkakasvien kumulatiivinen taimettuminen istukassipulilla Piikkiössä 1999. Rikkakasvilajit: POAAN = kylänurmikka, CAPBP = lutukka (sisältää mahdollisesti myös muita ristikukkaislajeja), VIOAR = pelto-orvokki, STEME = pihantähtimö, CHEAL = jauhosavikka.

Figure 1. Cumulative emergence of some weeds in set onion at Piikkiö in 1999. Weed species: POAAN = *Poa annua*, CAPBP = *Capsella bursa-pastoris* (may include other cruciferous weeds), VIOAR = *Viola arvensis*, STEME = *Stellaria media*, CHEAL = *Chenopodium album*.

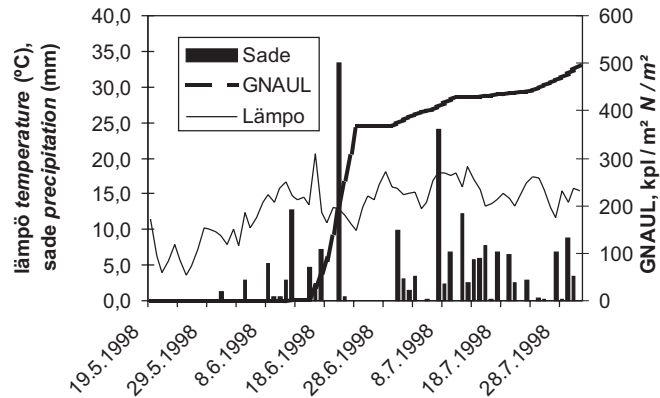


Kuva 2. Joidenkin rikkakasvien sekä porkkanan kumulatiivinen taimettuminen porkkanaharjun päällä Kokemäellä vuonna 1998. Rikkakasvilajit: CHEAL = jauhosavikka, MATIN = saunakukka, THLAR + CAPBP = taskuruoho ja lutukka, GNAUL = savijäkkärä, Muut 2-s = muut kaksisirkkaiset rikkakasvit, POAAN = kylänurmikka, Porkkana = porkkana.

Figure 2. Cumulative emergence of some weeds and carrot on top of carrot ridge at Kokemäki in 1998. Weed species: CHEAL = *Chenopodium album*, MATIN = *Matricaria inodora*, THLAR + CAPBP = *Thlaspi arvense* and *Capsella bursa-pastoris*, GNAUL = *Gnaphalium uliginosum*, Muut 2-s = other dicot weeds, POAAN = *Poa annua*, Porkkana = carrot.

Kuva 3. Ilman lämpötila, sademäärä ja savijäkkärän kumulatiivinen taimettuminen porkkanaharjun päällä Kokemäellä vuonna 1998. GNAUL = savijäkkärä.

Figure 3. Air temperature, precipitation and cumulative emergence of *Gnaphalium uliginosum* on top of carrot ridge at Kokemäki in 1998. Sade = precipitation, Lämpö = air temperature, GNAUL = *Gnaphalium uliginosum*.

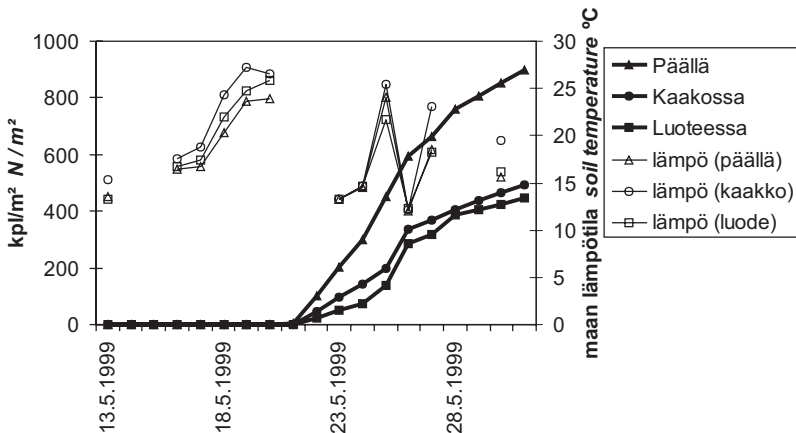


Taimettuminen erilaista harjun päällä ja sivuilla

Maan pinnan muotoilu vaikuttaa taimettumisen määrään ja taimettumisrytmiin. Rikkakasvien taimettuminen oli erilaista harjun eri osissa. Esimerkiksi jauhosavikka taimettui nopeammin ja runsaampana harjun

päällä kuin sivuilla (Kuva 4). Taimettuminen oli hieman runsaampaa harjun lämpimämmällä kaakkoissivuilla kuin viileämmällä luoteissivuilla.

Runsain taimettuminen harjun päällä ei kuitenkaan selity lämpötilaeroilla, vaan syynä lienevät edullisemmat kosteusolot. Kylvön yhteydessä tiivistetyssä maassa kosteus on paremmin rikkakasvien siementen ulottuvilla.



Kuva 4. Pintamaan lämpötila keskipäivän tietämillä sekä jauhosavikan kumulatiivinen taimettuminen porkkanaharjussa toukokuussa 1999. Merkintöjen selitykset: Päällä = savikka harjun päällä, Kaakossa = savikka harjun kaakkoissivulla, Luoteessa = savikka harjun luoteissivulla, lämpö (päällä, kaakko, luode) = maan lämpötila harjun päällä sekä kaakkois- ja luoteissivuilla.

Figure 4. Temperature of top soil around noon and cumulative emergence of *Chenopodium album* in carrot ridge in May 1999. Legend: Päällä = *C. album* on top of ridge, Kaakossa = *C. album* on south-eastern side of ridge, Luoteessa = *C. album* on north-western side of ridge, lämpö (päällä, kaakko, luode) = soil temperature on top, and in south-eastern and north-western parts, respectively.

Johtopäätökset

Rikkakasvien taimettumisen ajoittuminen riippuu mm. pellon rikkakasvilajistosta, kasvukauden sääoloista ja maanpinnan muotoilusta sekä maan tiivistämisestä. Taimettumiseen voidaan vaikuttaa aktiivisesti mm. jyräämällä. Lohkon lajisto tulisi tuntea, jotta tiedettäisiin mihin aikaan taimettuvia lajeja pellolla esiintyy. Kun lajisto tunnetaan, voidaan taimettumisen ajoittumista ennakoida sääolojen perusteella. Tavoitteena on mahdollisimman hyvä torjuntatulos kertakäsittelyllä. Ajoituksen merkitys korostuu, kun käytetään pelkäs-

tään lehtivaikutteisia rikkakasvihävitteitä tai esimerkiksi liekitystä rikkakasvien torjuntakeinona.

Lajistosta ja käytettävissä olevasta torjuntamenetelmästä riippuen voidaan rikkakasvien taimettumista pyrkiä joko aikaistamaan tai viivästäämään suhteessa viljelykasvin kehitykseen. Ensimmäinen vaihtoehto on rikkakasvien taimettumisen aikaistaminen; tällöin pyritään saamaan rikkakasvit pääosin taimettumaan ja tuhottua esimerkiksi ennen porkkanan taimettumista. Toinen mahdollisuus on pyrkiä suhteellisen no-

Keräkaalin, sipulin ja porkkanan kastelu ja lannoitus

Terhi Suojala¹⁾, Tapio Salo²⁾, Marja Kallela¹⁾,
Janne Pulkkinen³⁾ & Timo Kaukoranta⁴⁾

¹⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarbatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, terhi.suojala@mtt.fi, marja.kallela@mtt.fi

²⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi

³⁾Kemira Agro Oy, PL 330, 00101 Helsinki, janne.pulkkinen@kemira.com

⁴⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, timo.kaukoranta@mtt.fi

Nykyaikaisen viljelytekniikan tavoitteena on tuottaa laadukasta satoa vähäisin ympäristörasituksin. Tässä tutkimuksessa tutkittiin sellaisia viljelymenetelmiä, joissa lannoitus ja kastelu toteutetaan kasvien todellisten tarpeiden mukaan. Kahtena vuonna tutkittiin kenttäkokeissa kastelun mukana annetun lannoituksen käyttökelpoisuutta. Kolmantena vuonna selvitettiin hidasliukoisen typpilannoitteen hyötyjä. Tulos-

ten mukaan kastelulannoitus ramppi- tai valutuskasteluna ei paranna sadontuottoa verrattuna lannoitteiden hajalevitykseen. Havaitimme myös, että maan liian alhainen ravinnepitoisuus viljelyn alussa heikentää kasvua. Sadontuoton kannalta keskeistä on kasvien veden saannin turvaaminen. Tämä voidaan varmistaa seuraamalla maan kosteutta esimerkiksi tensiometreillä.

Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, kastelu, kastelulannoitus, keräkaali, lannoitus, sipulit, porkkana

Fertilization and irrigation of white cabbage, onion and carrot

Modern cultivation technology aims to produce a high yield of good quality with minimal impact on the environment. The objective of this study was to develop cultivation methods in which fertilization and irrigation are adjusted according to the plant's actual demand. In the first two years, the benefits of fertigation were examined, and in the third year, usage of slow-release nitro-

gen fertilizer was assessed. Fertigation did not result in a better yield than the traditional method of fertilization. A low nutrient content in the soil early in the growing season retarded growth. Critical for yield production is a sufficient water supply to plants, which can be controlled by monitoring soil water content by tensiometer or other measurements.

Key words: horticultural plants, cultivation, cabbage, carrot, fertigation, fertilizer application, onion

Johdanto

Tutkimushankkeen kenttäkokeilla oli kaksi päätavoitetta. Niissä pyrittiin tuottamaan aineistoa kasvusta, sadon valmistumisesta sekä ravinteiden ja veden käytöstä mallien pohjaksi. Toisaalta haluttiin kehittää sellaisia viljelymenetelmiä, joissa lannoitus ja kastelu vastaavat kasvien todellista ravinteiden ja veden tarvetta.

Viljelytekniikan kehittämisen päämäärinä olivat:

- tehokas lannoituksen hyväksikäyttö eli käytetyillä ravinnekiloilla korkea sato ja vähän maahan käyttämättä jääviä ravinteita
- korkea ja laadukas sato
- kasvien vesistressin välttäminen
- kastelutarpeen määrittämiseen soveltuvan tekniikan testaaminen.

Alkuvaiheessa tutkittiin kastelun mukana annetun lannoituksen käyttökelpoisuutta vihannesviljelyssä ramppi- tai valutuskasteluna toteutettuna. Lisäksi selvitettiin lannoituksen oikeaa ajoitusta. Viimeisenä koevuonna tutkittiin hidasliukoisen typpilannoitteen vaikutusta sadontuottoon, jolloin tavoitteena oli jaettua lannoitusta vastaava hyötysuhde vähemmällä lannoituskerroilla. Kastelutarvetta määritettiin

seuraamalla maan kosteutta eri syvyyksiltä tensiometreillä.

Kokeiden kulku

Koepaikat ja kasvit

Koekasvit olivat yleisimmin Suomessa viljeltyjä vihanneksia, porkkana (lajike 'Panther'), keräkaali (syyslajike 'Castello' ja talvilajike 'Lennox') ja sipuli (lajike 'Sturon'). Keräkaali- ja sipulikokeet tehtiin Piikkiössä ja porkkanakokeet Kokemäellä MTT:n vihanneškoepaikalla (Taulukko 1). Koekenttien maalaji oli multava tai runsasmultainen hietä. Koevuosien sääolot on esitelty taulukossa 2.

Käsittelyt

Lannoituskäsittelyt on esitelty taulukossa 3. Vuosina 1998 ja 1999 verrattiin kastelulannoitusta ja rakeisten lannoitteiden hajalevitystä. Lisäksi kastelulannoitus toteutettiin joko täysin vesiliukoisilla kastelulannoitteilla tai Kemira Agron kehittämällä koelannoitteella. Siinä pienikokoiset lannoiterakeet pysyvät suspensiona liukenematta veteen. Kaikissa käsittelyissä

Taulukko 1. Kenttäkokeiden viljelytiedot.

Table 1. Experimental data.

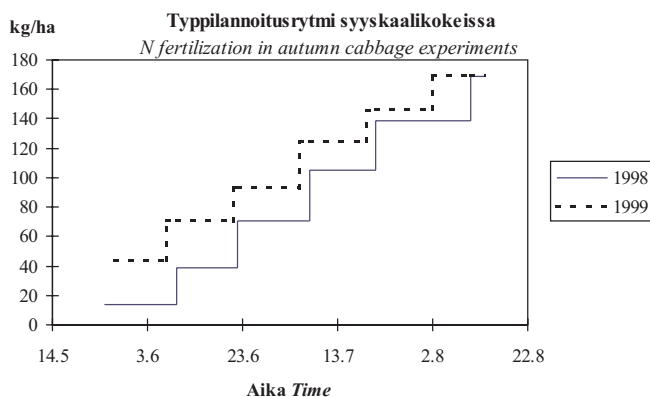
Kasvi <i>Plant</i>	Vuosi <i>Year</i>	Esikasvi <i>Precrop</i>	Istutus/kylvö <i>Planting date</i>	Kasvutiheys (kpl/ha) <i>Density (plants ha⁻¹)</i>	Sadonkorjuupäivät <i>Harvest dates</i>			
					1	2	3	4
Syyskaali <i>Autumn cabbage</i>	1998	kaura <i>oats</i>	20.5.	33 000	25.8.	10.9.	23.9.	
	1999	kaura <i>oats</i>	25.-26.5.	33 000	10.8.	25.8.	8.9.	
	2000	kaura <i>oats</i>	24.-25.5.	33 000	23.8.	6.9.	20.9.	
Talvikaali <i>Winter cabbage</i>	1998	kaura <i>oats</i>	19.-20.5.	33 000	10.9.	23.9.	7.10.	21.10.
	1999	kaura <i>oats</i>	25.5.	33 000	9.9.	22.9.	5.10.	19.10.
	2000	kaura <i>oats</i>	24.-25.5.	33 000	13.9.	27.9.	11.10.	23.10.
Porkkana <i>Carrot</i>	1998	kesanto <i>fallow</i>	12.5.	695 000	10.9.	23.9.	7.10.	21.10.
	1999	herne <i>pea</i>	14.5.	605 000	8.-9.9.	22.9.	6.10.	20.10.
	2000	herne <i>pea</i>	9.5.	733 000	12.9.	26.9.	10.10.	25.10.
Sipuli <i>Onion</i>	1998	kaura <i>oats</i>	13.-15.5.	427 000	5.8.	19.8.	2.9.	16.9.
	1999	kaura <i>oats</i>	10.-11.5.	427 000	4.8.	18.8.	1.9.	15.9.
	2000	kaura <i>oats</i>	10.-11.5.	427 000	16.8.	30.8.	13.9.	

Taulukko 3. Lannoituskäsittelyt eri vuosina.
Table 3. Fertilization treatments in different years.

Käsittely Treatment	Vuosi Year 1998	1999	2000
	Syyskaali <i>Autumn cabbage</i> NPK 170-40-170	NPK 170-35-140	NPK 170-35-150
1	Hajalevitys (Puutarhan Y-lannos, kalkkisalpietari 2 kertaa) <i>broadcast fertilization</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>
2	Kastelunannoitus 1 (Hortigrow NPK1) <i>fertigation 1</i>	Kuten v. 1998, mutta määrät painottuivat alkukesään <i>as in 1998, but earlier application</i>	Puutarhan kestopannos <i>slow-release nitrogen fertilizer</i>
3	Kastelunannoitus 2 (koelannoite) <i>fertigation 2</i>	Kuten v. 1998, mutta määrät painottuivat alkukesään <i>as in 1998, but earlier application</i>	-
4	Kastelunannoitus 3 (koelannoite, N 2/3 edellisestä) <i>fertigation 3 (N 2/3 of fert. 1 and 2)</i>	Kuten käsittely 2 v. 1998 <i>as treatment 2 in 1998</i>	-
	Talvikaali <i>Winter cabbage</i> NPK 240-45-180	NPK 240-40-160	NPK 240-40-170
1	Hajalevitys (Puutarhan Y-lannos, kalkkisalpietari 3 kertaa) <i>broadcast fertilization</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>
2	Kastelunannoitus (Hortigrow NPK1) <i>fertigation</i>	Kuten v. 1998, mutta määrät painottuivat alkukesään <i>as in 1998, but earlier application</i>	Puutarhan kestopannos, kalkkisalpietari kerran <i>slow-release nitrogen fertilizer</i>
	Sipuli <i>Onion</i> NPK 80-22-85	NPK 80-20-85	NPK 80-30-120
1	Hajalevitys (Kloorivapaa Y-lannos, kalkkisalpietari kerran) <i>broadcast fertilization</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>
2	Kastelunannoitus 1 (Hortigrow NPK1) <i>fertigation 1</i>	Kuten v. 1998, mutta määrät painottuivat alkukesään <i>as in 1998, but earlier application</i>	Puutarhan kestopannos <i>slow-release nitrogen fertilizer</i>
3	Kastelunannoitus 2 (koelannoite) <i>fertigation 2</i>	Kuten v. 1998, mutta määrät painottuivat alkukesään <i>as in 1998, but earlier application</i>	Varhaisviljelyn Y-lannos, kalkkisalpietari kerran <i>slow-release nitrogen fertilizer</i>
	Porkkana <i>Carrot</i> NPK 80-40-175	NPK 80-30-170	NPK 80-40-150
1	Hajalevitys (Puutarhan Y-lannos, kalkkisalpietari kerran) <i>broadcast fertilization</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>
2	Kastelunannoitus 1 (Oma Täyslannos) <i>fertigation 1</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>	-
3	Kastelunannoitus 2 (koelannoite) <i>fertigation 2</i>	Kuten v. 1998 <i>as in 1998</i>	-

Kuva 1. Syyskaalin typpilannoituksen rytmittyminen kastelunhoitokäsittelyissä vuosina 1998 ja 1999.

Figure 1. Rhythm of nitrogen application in fertigation of autumn cabbage in 1998 and 1999.



tensiometreillä. Keräkaalikokeessa vuonna 2000 kosteutta seurattiin 15, 30 ja 50 cm:n syvyyksiltä.

Tuore- ja kuivamassan kertymää seurattiin kasvukaudella kahden viikon välein otetuista kasvustonäytteistä. Seuranta aloitettiin noin kuukausi keräkaalin ja sipulin istutuksesta ja kaksi kuukautta porkkanan kylvöstä. Sipulikokeessa seurattiin kasvuston tuleentumista kolme kertaa viikossa sen jälkeen, kun ensimmäiset kasvit alkoivat tuleentua. Sato korjattiin 3–4 erässä kahden viikon välein, jolloin voitiin seurata sadon määrän ja laadun muuttumista sato-kauden aikana. Sadonkorjuuruutujen koko oli kaalikokeissa 12 m², porkkanakokeessa 7–10 m² ja sipulikokeessa 4,8 m². Sipulisato kuivattiin koneellisesti varastossa, jossa tuotteen lämpötilaksi oli asetettu 26 astetta. Sadon määrä mitattiin kuivauksen jälkeen.

Satotulokset käsiteltiin varianssianalyysillä, jossa kiinteinä muuttujina olivat lannoituskäsittely, sadonkorjuuaika ja näiden välinen yhdysvaikutus. Tulokset on esitetty lannoituskäsittelyittäin korjuuaikojen keskiarvona ja korjuuaioittain lannoituskäsittelyiden keskiarvona, sillä lannoituksen ja ajan välinen yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä yhdessäkään tapauksessa.

Kastelutarve suuri vuonna 1999

Vuodet 1998 ja 2000 olivat runsassateisia, eivätkä koalueet kuivuneet kertaakaan kastelurajalle -0,5 baariin, jolloin kasvien veden oton oletettiin vaikeutuvan. Sen sijaan lämpimänä ja kuivana vuonna 1999 tarvittiin runsaasti kastelua pitämään maan riittävän kosteana. Syyskaalia kasteltiin yhteensä 258 mm, talvikaalia 267 mm ja sipulia 118 mm. Porkkanan kastelumäärä oli elokuun alkuun mennessä 120 mm, mutta sen jälkeen veden puute esti kastelun ennen syksyn sateita.

Koska sateet olivat vuonna 1999 vähäisiä ja kastelumäärät kohtuullisen pieniä, kastelun ja sateen yhteismäärä vastaa melko hyvin kasvien veden kulutusta. Taulukossa 4 on esitetty veden kulutus kuukausittain. Vertaamalla veden kulutusta laskennalliseen potentiaaliseen haihduntaan arvioitiin, kuinka suuri osa potentiaalisesta haihdunnasta tulee täyttyä sateiden ja kastelun antamasta vesimäärästä kasvukauden eri vaiheissa. Tätä osuutta kutsutaan kasvikerroimeksi (Taulukko 4). Kastelutarpeen määrittämistä on käsitelty tarkemmin aikaisemmissa lehtiartikkeleissa (Kaukoranta & Salo 1999, Suojala et al. 2000).

Taulukko 4. Vihannesten veden kulutus vuonna 1999 ja kasvikerroimet kasvukauden aikana. Kasvikerroin tarkoittaa sitä osuutta potentiaalisesta haihdunnasta, jonka sateiden ja kastelun tulee kattaa.

Table 4. Water usage of vegetables in 1999 and crop coefficients during growing season. Crop coefficient is the proportion of potential evapotranspiration covered by precipitation and irrigation.

Kuukausi <i>Month</i>	Kastelun ja sateen yhteismäärä v. 1999 (mm) <i>Total amount of irrigation and precipitation (mm)</i>			Kasvikerroin <i>Crop coefficient</i>		
	Sipuli <i>Onion</i>	Keräkaali <i>White cabbage</i>	Porkkana <i>Carrot</i>	Sipuli <i>Onion</i>	Keräkaali <i>White cabbage</i>	Porkkana <i>Carrot</i>
Kesäkuu <i>June</i>	36	93	142	0,4	0,6-0,8	0,5
Heinäkuu <i>July</i>	87	120	64	0,6	1,0	0,5-0,6
Elokuu <i>August</i>	40	99	58	0,5	1,0	0,7-0,8
Syyskuu <i>September</i>		43	43		1,0	0,8

Kastelulannoituksesta

ei hyötyä

Syyskaali

Vuonna 1998 lannoitteiden hajalevitys tuotti selvästi parhaan satotuloksen, keskimäärin lähes 100 000 kg/ha (Taulukko 5). Kastelulannoitus samoilla ravinnemäärillä tuotti vajaat 20 000 kg/ha heikomman satotuloksen, ja typpimäärän pienentäminen kolmanneksella heikensi satoa edelleen. Neljän viikon korjuukauden aikana sadon määrä lisääntyi lähes 20 000 kg/ha.

Vuonna 1999 lannoituskäsittelyt eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, vaikka hajalevitys tuottikin hieman suuremman sadon. Kastelulannoituksen rytmitys arvioidun typenottorytmin mukaan tai alkukasvukauden painottuneena ei siis vaikuttanut satoon. Korjuukauden aikana sato kasvoi yli 30 000 kg/ha.

Myöskään vuonna 2000 lannoituskäsittelyt eivät eronneet toisistaan. Sadon kasvu jäi korjuukaudella vähäisemmäksi kuin edellisinä vuosina, tosin sato oli jo ensimmäisellä korjuukerralla suurempi kuin edellisinä vuosina.

Talvikaali

Talvikaalin satoon lannoituskäsittelyt eivät selvästi vaikuttaneet. Vuosina 1998 ja 1999 kastelulannoitus tuotti hieman heikomman sadon kuin hajalevityksenä annettu lannoitus. Ero oli enimmillään 10 % vuonna 1999. Käsittelyitä ei voitu vertailla tilastollisesti koejärjestelyn vuoksi. Satovaihtelun vuoksi havaitut erot eivät välttämättä ole kovin merkityksellisiä. Sadonkorjuukaudella sadon määrä kasvoi lokakuun alkupuolelle asti ja vuonna 2000 jopa lokakuun lopulle asti. Korkein sato saatiin lämpimänä kasvukautena 1999.

Sipuli

Lannoitus vaikutti sipulin tuleentumiseen ensimmäisenä koevuonna. Tuolloin rakeisia lannoitteita saaneet sipulit olivat kehityksessään edellä muilla tavoilla lannoitettuja kasveja koko kesän ja tuleantuivat muita nopeammin. Muina koevuosina tuleentumisessa ei havaittu eroja.

Sipulin satoon lannoituskäsittely vaikutti vain vuonna 1998, jolloin koelannoitteella lannoitettujen kasvien sato oli heikoin. Sadonkorjuun ajoittuminen vaikutti selvästi enemmän: vuosina 1998 ja 1999 sadon kasvu jatkui kolmanteen sadonkorjuukertaan eli syyskuun alkuun asti. Vuonna 2000 kasvu oli vähäisempää, sillä sipulit tuleantuivat nopeasti ja lehtien vihreys hävisi pian.

Taulukko 5. Koekasvien kokonaissato (kg/ha) eri lannoituskäsittelyissä ja eri korjuuaikoina. Haja = hajalevitys, kast. = kastelulannoitus, kesto = keistolannos, varh. = varhaisviljelyn Y-lannos.

Table 5. Total yield (kg/ha) of experimental plants in different fertilisations and at different harvests. Broad = broadcast fertilization, fert. = fertigation, slow = slow-release nitrogen, early = special fertilizer for early crops.

Vuosi Year	1998	1999	2000			
<i>Syyskaali Autumn cabbage</i>						
Lannoitus Fertilization	haja broad kast. 1 fert. 1 kast. 2 fert. 2 kast. 3 fert. 3	99 500 81 900 84 700 71 800	haja broad kast. 1 fert. 1 kast. 2 fert. 2 kast. 3 fert. 3	90 600 82 300 84 200 80 000	haja broad kesto slow	97 600 94 400
Sadonkorjuu Harvest	25.8. 10.9. 23.9.	75 400 85 000 93 000	10.8. 25.8. 8.9.	68 000 85 400 99 300	23.8. 6.9. 20.9.	88 700 98 800 100 400
<i>Talvikaali Winter cabbage</i>						
Lannoitus Fertilization	haja broad kast. fert.	76 600 71 800	haja broad kast. fert.	107 300 96 000	haja broad kesto slow	69 100 65 000
Sadonkorjuu Harvest	10.9. 23.9. 7.10. 21.10.	63 700 74 700 76 700 81 700	9.9. 22.9. 5.10. 19.10.	91 900 90 700 110 300 113 700	13.9. 27.9. 11.10. 23.10.	60 500 62 700 66 900 78 100
<i>Sipuli Onion</i>						
Lannoitus Fertilization	haja broad kast. 1 fert. 1 kast. 2 fert. 2	39 900 39 200 32 600	haja broad kast. 1 fert. 1 kast. 2 fert. 2	45 200 44 100 47 000	haja broad kesto slow varh. early	42 200 44 600 40 600
Sadonkorjuu Harvest	5.8. 19.8. 2.9. 16.9.	29 100 36 300 42 000 41 500	4.8. 18.8. 1.9. 15.9.	39 500 43 600 49 300 49 400	16.8. 30.8. 13.9.	40 500 42 600 44 300
<i>Porkkana Carrot</i>						
Lannoitus Fertilization	haja broad kast. 1 fert. 1 kast. 2 fert. 2	65 100 63 600 66 500	haja broad kast. 1 fert. 1 kast. 2 fert. 2	61 600 57 200 56 300		
Sadonkorjuu Harvest	10.9. 23.9. 7.10. 21.10.	56 500 62 300 67 300 74 300	8.-9.9. 22.9. 6.10. 20.10.	47 000 51 600 66 100 68 700	12.9. 26.9. 10.10. 25.10.	69 800 83 600 95 900 102 600

Porkkana

Vuonna 1998 lannoituskäsittelyiden välillä ei ollut eroja sadontuotossa, mutta vuonna 1999 hajalevitys tuotti hieman paremman sadon kuin kastelulannoitus. Vuonna 1998 sadon kasvu jatkui viimeiseen korjuupäivään asti. Seuraavana vuonna sadon määrä lisääntyi kolmanteen korjuuseen eli lokakuun alkupuolelle asti. Sadon lisäksi korjuu-

kaudella oli samansuuruista riippumatta lannoituskäsittelystä. Vuonna 2000 koeksessa ei ollut mukana lannoituskäsittelyitä, vaan siinä seurattiin ainoastaan sadon kasvua syksyllä. Sadon määrä lisääntyi tilastollisesti merkitsevästi kolmanteen korjuukertaan eli lokakuun 10. päivään asti. Sato oli vuonna 2000 selvästi suurempi kuin edellisinä vuosina.

Tulosten tarkastelu

Satotavoitteet ylitettiin

Koekasvit tuottivat satoa hyvin kaikkina vuosina, ja lannoituksen perusteena olleet satotavoitteet ylitettiin. Kasvit pystyivät käyttämään tehokkaasti annetut lannoitteet vaihtelevista sääoloista huolimatta. Ravinteiden ottoa on käsitelty tämän julkaisun seuraavassa artikkelissa (Salo et al. 2001).

Kastelulannoitus ei lisännyt satoa verrattuna nykyisin käytettävään perus- ja lisälannoitukseen. Vuonna 1998 keräkaalin ja sipulin kastelulannoitus tuotti jopa selvästi heikomman tuloksen kuin hajalevitys. Tämän arvellaan johtuvan alhaisesta ravinnepitoisuudesta kasvukauden alussa, jolloin kasvien juuristo on vielä pieni. Vuonna 1999 keräkaalin ja sipulin kastelulannoitusta painotettiin kasvukauden alkupuolelle. Tällöin sato oli yhtä suuri lannoituksesta riippumatta. Kokeessa oli mukana myös edellisen vuoden tapaan kasvin typen oton perusteella ajoitettu kastelulannoituskäsittely, jonka tuottama sato ei tänä vuonna poikennut alkukesään painottuvasta lannoituskäsittelystä. Lämmin kasvukausi saattoi olla syynä siihen, että juuriston ravinteidenotto oli tehokkaampaa maan pienemmästä ravinnepitoisuudesta huolimatta. Käytettäessä alhaista peruslannoitusta juurten lähetyville sijoitettava starttilannoitus todennäköisesti parantaisi alkukehitystä. Tämä on havaittu esimerkiksi englantilaisissa tutkimuksissa (Brewster et al. 1991).

Vesiliukoisten kastelulannoitteiden ja koelannoitteiden välillä ei havaittu eroja. Ainoastaan vuonna 1998 sipulisato jäi heikoimmaksi koelannoitetta saaneessa käsittelyssä. Ero ei vaikuta kuitenkaan kovin selvältä, koska molemmiin tavoin kastelulannoitetut kasvit kehittyivät kasvustomittausten perusteella samaan tahtiin koko kasvukauden ajan.

Porkkana on lukuisissa aikaisemmissa tutkimuksissa osoittautunut tehokkaaksi

ravinteiden ottajaksi, jonka satoon lannoituskäsittelyt eivät herkästi vaikuta (Salo 1999). Keräkaali reagoi runsaasti ravinteita vaativana kasvina erityisesti lannoitusmääriin (Salo 1999). Tämä havaittiin myös vuonna 1998, jolloin kokeessa ollut pienempi typpilannoitus tuotti selvästi heikomman sadon. Sipuli tyytyy usein myös alhaisiin lannoitusmääriin huolimatta kasvin heikokkosista juuristosta (Suojala et al. 1998).

Lisää satokiloja kasvukauden lopulla

Sadon kasvua seurattiin korjuukaudella, joka alkoi tyypillistä korjuuaikaa aikaisemmin ja jatkui tavanomaista myöhempään. Sadonlisäys oli korjuukaudella 9–46 % varhaisimman korjuun satomäärästä. Pienimmät sadonlisäykset mitattiin neljän viikon aikana vuoden 2000 syyskaali- ja sipulikokeissa. Muissa kokeissa sadonlisäys oli yli 20 %. Tulokset perustuvat kokonaissadon määrään, joka kuvaa todellista kasvua paremmin kuin kauppakelpoinen sato. Toisaalta kauppakelpoisen sadon osuus ei merkittävästi vaihdellut lannoitusten välillä tai korjuukauden aikana.

Veden saanti ratkaisee hellekesinä

Vuosien väliset satoerot eivät olleet syyskaali- ja sipulikokeissa kovin suuria. Yhtenä keskeisenä syynä tasaiseen sadon tuottoon eri vuosina lienee riittävä veden saatavuus. Vuosina 1998 ja 2000 kasvit eivät runsaiden luonnonsateiden vuoksi kärsineet veden puutteesta. Helteisenä ja kuivana vuonna 1999 kastelu maan kosteuden seurannan mukaan riitti turvaamaan kasvien veden saannin. Kastelun merkitystä vuonna 1999 kuvaavat sipulin satotulokset koalueen viereiseltä, ilman kastelua jätetyltä kaistalta. Kastelemattoman sipulin sato oli syyskuun alussa 28 000 kg/ha, kun koalueelta saatiin samaan aikaan satoa keskimäärin 49 000 kg/ha.

Talvikaali 'Lennox' tuotti lämpimänä kasvukautena 1999 selvästi korkeamman

sadon, keskimäärin 100 000 kg/ha, kuin muina vuosina, jolloin satotaso jäi noin 70 000 kg:aan hehtaarilla. Pitkän kasvuajan vaativana vihanneksena talvikaali todennäköisesti hyötyy kasvukauden lämmöstä enemmän kuin nopeammin kehittyvät kaalilajikkeet ja muut lajit. Porkkanasato oli selvästi korkein vuonna 2000, jolloin vettä oli riittävästi saatavana. Vuonna 1999 kasteluveden puute esti kastelun elo-syyskuussa, joten porkkana ei saavuttanut täyttä satopotentiaaliaan.

Maan kosteutta mittaamalla vesitalous hallintaan

Maan kosteuden seuranta tensiometreillä osoittautui helpoksi ja toimivaksi tavaksi arvioida kastelutarvetta. Kosteuden mittauksen vaihtoehto on haihduntatietojen ja kasvukertoimien hyväksikäyttö. Kosteusseuranta tuottaa samalla tietoa maan ominaisuuksista: miten nopeasti lohkon maalaji kuivuu keväällä, miten syvälle kastelu vai-

uttaa ja kuinka pitkään kastelu riittää. Kosteusmittauksia on syytä tehdä eri syvyyksistä (esimerkiksi 15 ja 30 cm) ja muutamasta kohtaa lohkoa, varsinkin jos lohko on ominaisuuksiltaan vaihteleva.

Johtopäätökset

Tulosten perusteella keräkaalin, porkkanan ja sipulin kastelulannoitus ramppikasteluna ei paranna kasvien sadontuottoa verrattuna nykyiseen lannoituskäytäntöön. Maan liian alhainen ravinnepitoisuus kasvukauden alkuvaiheessa heikentää kasvua. Lannoituksen hyötysuhteen kannalta optimi saattaisi olla hieman nykykäytäntöä pienempi typpilannoitus perustamisen yhteydessä ja tarpeen mukaisesti annettu lisälannoitus. Sadontuoton kannalta keskeistä on kasvien veden saannin turvaaminen. Maan kosteuden seuranta tensiometreillä on käyttökelppoinen menetelmä kastelutarpeen määrittämiseen.

Kirjallisuus

Brewster, J.L., Rowse, H.R. & Bosch, A.D. 1991. The effects of subseed placement of liquid N and P fertilizer on the growth and development of bulb onions over a range of plant densities using primed and non-primed seed. *Journal of Horticultural Science* 66: 551–557.

Kaukoranta, T. & Salo, T. 1999. Kastelu vedenkulutuksen mukaan. *Puutarha & kauppa* 3(47plus): 8–9.

Salo, T. 1999. Effects of band placement and nitrogen rate on dry matter accumulation, yield and nitrogen uptake of cabbage, carrot and onion. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 157–232.

Salo, T., Suojala, T., Kallela, M. & Pulkkinen, J. 2001. Vihannesten ravinteiden otto. In: Tahvonen, R. et al. (eds.). *Kasvukauden oloihin sopeutuva puutarhaviljely*. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 91. Jokiainen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 54–61. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-596-0.

Suojala, T., Salo, T. & Pessala, R. 1998. Effects of fertilisation and irrigation practices on yield, maturity and storability of onions. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 477–489.

–, **Kaukoranta, T., Salo, T. & Kallela, M.** 2000. Vihannesten kastelutarvetta voidaan arvioida. *Koetoiminta ja käytäntö* 2/2000: 8.

Vihannesten ravinteiden otto

Tapio Salo¹⁾, Terhi Suojala²⁾, Marja Kallela²⁾ & Janne Pulkkinen³⁾

¹⁾*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi*

²⁾*Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarbatuotanto, 21500 Piikkiö, terhi.suojala@mtt.fi, marja.kallela@mtt.fi*

³⁾*Kemira Agro Oy, PL 330, 00101 Helsinki, janne.pulkkinen@kemira.com*

Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää keräkaalin, porkkanan ja sipulin typen, fosforin ja kaliumin otto sekä ravinteiden otto-rytmi. Samalla verrattiin hajalevityksen ja kastelulannoituksen vaikutusta ravinteiden ottoon. Kenttäkokeet tehtiin Piikkiössä ja Kokemäellä vuosina 1998 ja 1999.

Kaalikasvusto otti 2,5–4,5 kg typpeä, 0,4–0,6 kg fosforia ja 3,5–6,0 kg kaliumia satotonna kohden. Vaihtelu johtui lähinnä talvikaalin suuresta ulkolehtien määrästä kerään verrattuna. Porkkanakasvusto sisälsi satotonna kohden 2,0 kg typpeä, 0,3 kg fosforia ja 4,5–5,0 kg kaliumia. Sipuli otti satotonna kohden 2–3 kg typpeä, 0,3–0,5 kg fosforia ja 2–2,5 kg kaliumia. Kun sipulin kasvu ja sato olivat alhaiset, ravinteiden tarve satotonna kohden lisääntyi.

Kaalien typenottonopeus oli nopeimman kasvun vaiheessa 3–5 kg/ha/vrk, sipulin 2–3 kg/ha/vrk ja porkkanan 2 kg/ha/vrk. Fosforinottonopeus oli kaikilla kasveilla suurimmillaan 0,4–0,5 kg/ha/vrk. Kaliuminottonopeus nousi sipulin 3 kg:sta/ha/vrk kaalien ja porkkanan jopa 6 kg:aan/ha/vrk.

Vuonna 1998 aiheutti ravinteiden anto kasvin ottorytmin mukaan ilmeisesti ravinteiden puutetta pienen kaalintaimen ja sipulin läheisyydessä. Vuonna 1999 ravinteidenantorytmiä aikaistettiin, jolloin eroja ei enää juurikaan ilmennyt. Kastelulannoitus, jossa ravinteet jaettiin kasvukaudella kahden viikon välein, ei kuitenkaan ollut edullisempi kuin tavanomainen ravinteiden hajalevitys.

Avainsanat: puutarbakasvit, viljely, lannoitus, kastelu, lannoitteet, ravinteet, typpi, fosfori, kalium, keräkaali, sipulit, porkkana

Nutrient uptake by vegetables

The objective of this study was to determine the nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) uptake and uptake rates of cabbage, carrot and onion. Broadcast and fertigation methods of application were compared in field experiments at Piikkiö

and Kokemäki in 1998–1999.

Total N uptake was 2.5–4.5 kg, P uptake 0.4–0.6 kg and K uptake 3.4–6.1 kg per ton of edible yield of cabbage. The variation was mainly due to the high nutrient content in crop residues of winter cabbage.

Carrot roots and shoots contained 2.2 kg N, 0.3 kg P and 4.3–5.0 kg K per ton of root yield. Onion bulbs and foliage contained 2.1–2.9 kg N, 0.3–0.5 kg P and 1.8–2.4 kg K per ton of bulb yield. When onion growth and bulb yield were low, nutrient demand per ton of bulb yield increased.

The rate of N uptake was 3–5 kg/ha/d for cabbage, 2–3 kg/ha/d for onion and 2 kg/ha/d for carrot, when the rate of dry matter accumulation was at a maximum. The highest rates of P uptake in all crops were

0.4–0.5 kg/ha/d. The highest rate of K uptake was only 3 kg/ha/d for onion, but up to 6 kg/ha/d for cabbage and carrot.

Fertigation, in which nutrients were applied at two-week intervals according to the expected plant demand, decreased the nutrient uptake and growth of young cabbage and onion plants in 1998. In 1999, more nutrients were applied at early stages of growth, and this led to equal growth and nutrient uptake between the treatments.

Key words: fertilizer application, fertigation, nitrogen, phosphorus, potassium, cabbage, carrot, onion

Johdanto

Vihannekset ottavat runsaasti typpeä, fosforia ja kaliumia, ja ravinteidenotto ajoittuu kasvilajista riippuen eri ajankohtiin. Typen ottomääriä ja -nopeutta on tutkittu Suomessakin runsaasti (mm. Salo 1999), mutta kasvin kasvunopeuden ja typen maasta vapautumisen vuosittainen vaihtelu vaikeuttaa tulosten yleistämistä. Fosforin ja kaliumin tarvetta ei ole tutkittu yhtä intensiivisesti kuin typen tarvetta. Fosforin asema vesistöjen kuormittajana on kuitenkin keskeinen, ja jatkuvasti tiukentuvat fosforilannoitusrajat lisäävät kasvien fosforitarpeeseen ja ottonopeuteen liittyvän tiedon merkitystä. Vihannesten tarvitsemat kaliummäärät voivat olla hyvin suuria, ja viljelijän säätäessä lannoitustaan pääasiassa typen ja fosforin mukaan saattaa kaliumlannoitus jäädä liian alhaiseksi.

Tässä tutkimuksessa tuotettiin kenttäkokeilla tietoa ravinteiden otosta mallinushankkeen käyttöön. Samalla testattiin myös sellaisten kastelulannoitusmenetelmien, joissa ravinteet annettiin kasvin oletetun ravinnetarpeen mukaan, mahdollisuuksia tehostaa ravinteiden hyväksikäyttöä.

Aineisto ja menetelmät

Keräkaalin syyslajikkeen (Castello) ja talvilajikkeen (Lennox) sekä sipulin (Sturon) kenttäkokeet sijaitsivat Piikkiössä ja porkkanan (Panther) kenttäkokeet Kokemäellä vuosina 1998–1999 (Suojala et al. 2001). Koekenttien maalajina oli runsasmultainen hietä. Maan mineraalityypimäärät olivat keväällä 0–60 cm:n kerroksessa 20–40 kg/ha. Maan fosfori- ja kaliumluvut olivat tyydyttäviä tai hyviä, joten vallitsevien suositusten mukaiset lannoitustasot olivat myös kohtuulliset (Suojala et al. 2001; tau-lukko 3, Viljavuuspalvelu 1997).

Lannoitus annettiin

- 1) hajalevityksenä, joka muokattiin viiden sentin pintakerrokseen
- 2) maan pintaan kastelurampin kautta lannoiteliuksena
- 3) suspensiona.

Suspensio oli Kemiran koelannoite, joka muodostui erittäin pienistä veteen liukenemattomista lannoitepartikkeleista. Yhden lannoitesadetuksen aikana vettä annettiin 9–20 mm. Lannoiteliusten pituisuudet vaihtelivat kastelu- ja lannoitustarpeen mukaan seuraavasti: 190–380 mg/l typpeä, 50–100 mg/l fosforia ja 200–400

mg/l kaliumia. Kastelulannoitus annettiin kasvien odotetun ravinteiden ottorytmin mukaan (Dragland 1992, Riley & Gutormsen 1993, Salo 1999) joka toinen viikko. Koska kastelulannoitetut kaali ja sipuli kasvoivat kasvukauden 1998 alussa hajalevitettyjä heikommin, ravinteiden antorytmiä aikaistettiin (Suojala et al. 2001). Hajalevityksessä typpi jaettiin suositusten mukaan kahteen tai neljään lannoituskertaan. Hajalevityksen fosfori ja kalium annettiin kokonaisuudessaan keväällä ennen kylvöä tai istutusta.

Ravinteiden ottoa seurattiin kuukauden välein otetuista kasvustonäytteistä. Kasvustonäytteet eroteltiin kasvilajista riippuen kerään ja ulkolehtiin, naattiin ja sipuliosaan tai lehtiin ja juureen. Näytteet kuivattiin 70 °C:ssa ja jauhettiin analyysejä varten. Typpipitoisuus analysoitiin makro-Kjeldahl-menetelmällä. Fosfori- ja kaliumnäytteet kuivapoltettiin ja tuhka uutettiin suolahappoon, jonka jälkeen fosfori määritettiin spektrofotometrillä ja kalium atomiabsorptiospektrofotometrillä.

Maan liukoisen typen määrää seurattiin kasvukaudella nopeimman kasvun aikaan otetusta näytteestä ja sadonkorjuun jälkeen otetusta näytteestä. Kasvukauden näyte otettiin 5 cm:n välein 40 cm:n syvyyteen ja sadonkorjuunäyte 20 cm:n välein 60 cm:n syvyyteen. Maan fosfori- ja kaliumpitoisuudet määritettiin kasvukauden ja syksyn 1998 näytteistä.

Kasvien eri osien ravinnepitoisuudet ja ravinteiden otot käsiteltiin näytteenottoajankohdittain sekamallilla (Mixed), jossa kiinteänä muuttujana oli lannoituskäsittely. Näytteenottoajankohtien vaikutusta tutkittiin asettamalla näytteenottoajan kohta toistomuuttujaksi.

Sadot ja ravinteiden otot korkeita

Koekasvien sadot olivat korkeita molempina koevuosina (Suojala et al. 2001). Sekä sa-

teisenä vuonna 1998 että vähäsateisena vuonna 1999 oli kaikkien lannoitusmenetelmien ravinteiden tarjonta kasveille hyvä. Vuoden 1998 runsaat sateet eivät aiheuttaneet typen huuhtoutumista, koska syyskaalin, talvikaalin, porkkanan ja sipulin typen otot olivat vastaavasti keskimäärin 43, 76, 107 ja 37 kg/ha korkeampia kuin typpilannoitus. Vuonna 1999 luonnonsateet olivat riittämättömät hyvään satoon, mutta kastelu takasi riittävän yhteyttämissen ja ravinteiden käyttökelpoisuuden maassa.

Kasvit ottivat runsaasti ravinteita kaikkina koevuosina (Taulukko 1). Syyskaali otti typpeä koevuosina 44 tai 76 kg/ha enemmän kuin oli lannoitettu, fosforia yhtä paljon ja kaliumia 130 tai 200 kg/ha enemmän kuin oli lannoitettu. Porkkana otti typpeä molempina vuosina 107 kg/ha enemmän kuin oli lannoitettu, fosforia 7–8 kg/ha vähemmän kuin oli lannoitteessa ja kaliumia 279 tai 182 kg/ha enemmän kuin oli lannoitettu. Sipuli otti typpeä koevuosina 36 tai 87 kg/ha enemmän kuin oli lannoitettu, fosforia 2–3 kg/ha vähemmän ja kaliumia 25 tai 47 kg/ha enemmän kuin oli lannoitettu.

Lämmin ja aurinkoinen kesä nopeutti ravinteiden ottoa

Lämmin ja aurinkoinen kasvukausi 1999 nopeutti kaikkien muiden koekasvien paitsi porkkanan kasvua ja ravinteiden ottoa (Kuvat 1–3). Esimerkiksi syyskaali oli ottanut typpeä heinäkuun puolivälissä vuonna 1999 176 kg/ha, mutta vuonna 1998 vain 105 kg/ha. Talvikaalilla vuoden 1999 nopeampi ravinteiden otto johti samoihin kokonaismääriin kuin 1998, mutta tyypeistä ja fosforista selvästi suurempi osuus oli kerässä kuin ulkolehdissä. Sipulin kasvu ja ravinteiden otto olivat selvästi suurempia vuonna 1999 kuin vuonna 1998. Molempina vuosi-

Taulukko 1. Ravinteiden kokonaisotto, ravinnetarve satotonnia kohden ja satojätteiden osuus kokonaisotosta.

Table 1. Nutrient uptake, relationship between nutrient uptake and edible yield and nutrients in leaves as percentage of total uptake excluding fibrous roots.

	Vuosi Year	Ravinteiden otto Nutrient uptake kg/ha			Ravinteita satotonnia kohden Nutrient kg/ton of yield			Ravinteista satojätteissä Nutrient in leaves %		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Syyskaali <i>Autumn cabbage</i>	1998	214	36	302	2,6	0,4	3,6	30	25	20
	1999	246	39	338	2,5	0,4	3,4	30	26	27
Talvikaali <i>Winter cabbage</i>	1998	330	45	446	4,5	0,6	6,1	46	42	45
	1999	316	50	508	3,2	0,5	5,1	35	33	41
Porkkana <i>Carrot</i>	1998	187	31	449	2,1	0,3	5,0	25	12	24
	1999	187	24	352	2,3	0,3	4,3	21	13	19
Sipuli <i>Onion</i>	1998	101	17	86	2,1	0,3	1,8	17	9	5
	1999	167	28	137	2,9	0,5	2,4	10	6	8

na sipulin sisältämät ravinemäärät olivat suurimmillaan heinäkuun lopulla. Sen jälkeen ne laskivat lehdistön alkaessa hajaantua. Porkkana aloitti ravinteiden oton muita koekasveja selvästi myöhemmin, mutta heinäkuun puolivälin jälkeen ravinteiden otto jatkui tasaisesti syyskuun loppuun.

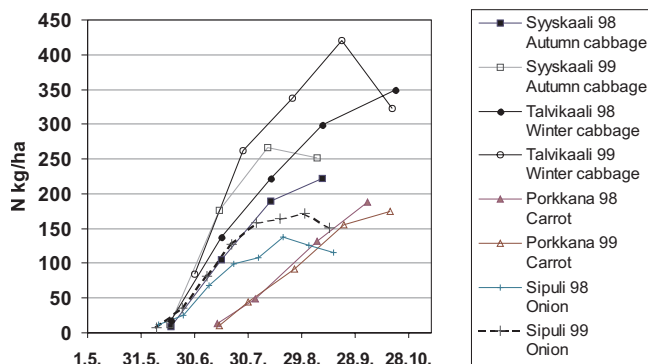
Kastelulannoitus ei tehostanut ravinteiden käyttöä

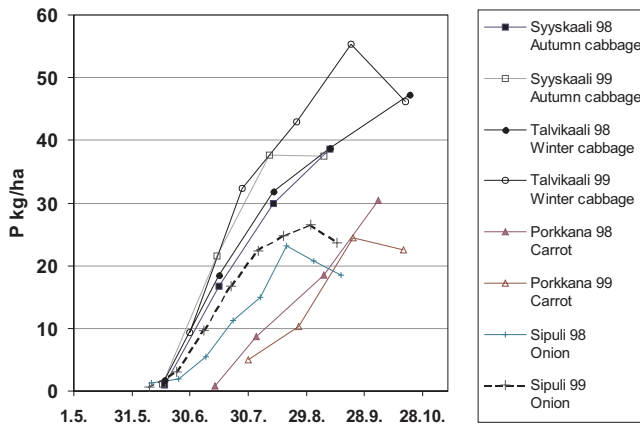
Syyskaali

Hajalevitys tuotti vuonna 1998 korkeamman ravinteidenoton kuin kastelulannoitukset (Kuva 4). Maan liukoinen typpi oli alhainen, 24–36 kg/ha, jo heinäkuun lopulla. Sadonkorjuun jälkeen maan liukoisen typpien määrä oli vain 12–15 kg/ha.

Vaikka ravinteiden lisäyksen rytmiä aikaistettiin vuonna 1999, kaalit ottivat hei-

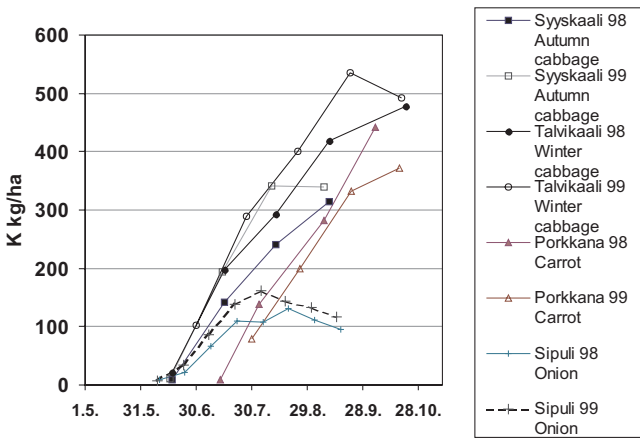
Kuva 1. Koekasvien typenotto hajalevityksessä 1998–1999.
Figure 1. Nitrogen uptake in broadcast treatments in 1998–1999.





Kuva 2. Koekasvien fosforinotto hajalevityksessä 1998–1999.

Figure 2. Phosphorus uptake in broadcast treatments in 1998–1999.



Kuva 3. Koekasvien kaliuminotto hajalevityksessä 1998–1999.

Figure 3. Potassium uptake in broadcast treatments in 1998–1999.

näkuun lopulla ravinteita edelleen 20–30 % vähemmän kastelulannoituksissa kuin hajalevityksissä. Tämän jälkeen erot kuitenkin tasoittuivat (Kuva 5).

Talvikaali

Talvikaalin ravinteidenotossa ei kumpanakaan vuonna ollut suuria eroja käsittelyjen välillä. Kasvit ottivat typpeä lähes saman määrän kumpanakin vuonna, mutta sato oli selvästi korkeampi 1999. Typestä olikin viimeänä vuonna 1998 lähes puolet kasvulehdissä mutta lämpimänä vuonna 1998 vain 35 % (Taulukko 1).

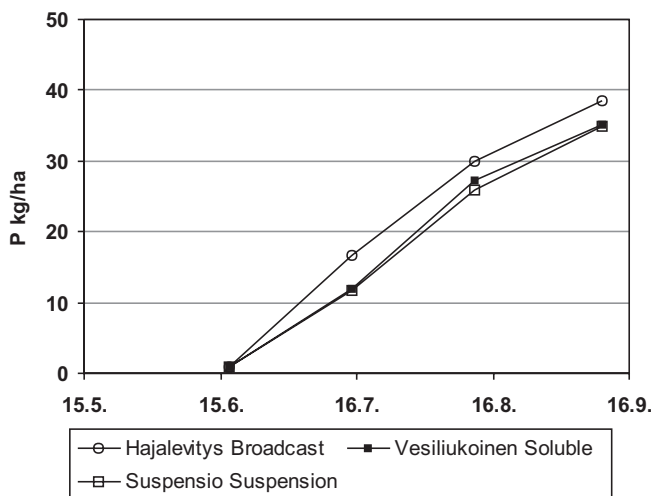
Porkkana

Vuonna 1998 ei käsittelyillä ollut vaikutusta porkkanan ravinteidenottoon. Maan liukaisen typen määrä oli alle 20 kg/ha sekä elokuun lopulla että sadonkorjuun jälkeen.

Vuonna 1999 ei käsittelyillä myöskään ollut vaikutusta porkkanan ravinteidenottoon. Elokuun alussa maan liukaisen typen määrä oli 72 kg/ha, joten kasvulle tarpeellista typpeä oli saatavilla runsaasti. Kastelulannoitetuissa käsittelyissä liukaisen typen määrä oli sadonkorjuun jälkeen edelleen korkea, 74–97 kg/ha, verrattuna hajalevityksen 29 kg/ha. Suuri vaihtelu kerranteiden välillä viittaa kastelulannoitetun typen kulkeutumiseen pintavalunnan mukana.

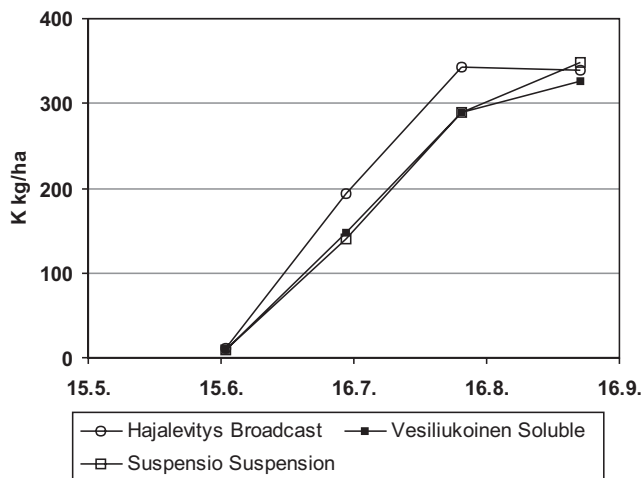
Kuva 4. Lannoituskäsittelyjen vaikutus syyskaalin fosforinottoon 1998.

Figure 4. Effect of fertilization on phosphorus uptake by autumn cabbage in 1998.



Kuva 5. Lannoituskäsittelyjen vaikutus syyskaalin kaliuminottoon 1999.

Figure 5. Effect of fertilization on potassium uptake by autumn cabbage in 1999.



Sipuli

Hajalevityksestä määritettiin korkeampia ravinteidenottoja heinäkuussa 1998 verrattuna kastelulannoitukseen (Kuva 6). Erot tasantuivat sadonkorjuuseen mennessä. Maan liukoisen typen määrä oli kesäkuun 1998 lopussa lähes 100 kg/ha. Määrä laski sadonkorjuun loppuun mennessä 30–40 kg:aan/ha.

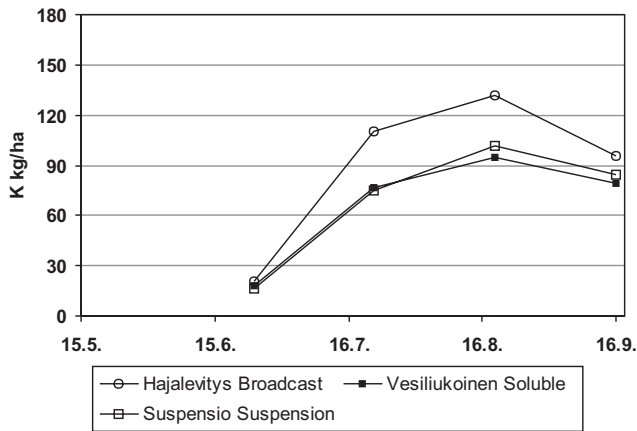
Vuonna 1999 tuotti kastelulannoitusrytmin aikaistaminen samanlaisen ravin-

teidenoton eri käsittelyjen välille. Maan liukoisen typen määrä oli 24.6. noin 60 kg/ha. Sadonkorjuun jälkeen maan liukoisen typen määrä oli hiukan korkeampi hajalevityksen jälkeen, 30 kg/ha, verrattuna koelannoitukseen, 21 kg/ha.

Tulosten tarkastelu

Ravinnetarve

Koekasvien tarvitsemat typpimäärät olivat



Kuva 6. Lannoituskäsittelyjen vaikutus sipulin kaliuminottoon 1998.

Figure 6. Effect of fertilization on potassium uptake by onion in 1998.

samaa tasoa kuin aikaisemmissa suomalaisissa tutkimuksissa (Salo 1999). Syyskaali tosin siirsi tyyppä ulkolehtien sijasta enemmän kerään, jolloin typen tarve satotonna kohden oli pienempi kuin edellisissä tutkimuksissa. Fosforin tarve oli melko odotettu ja vastasi hyvin lannoitus-suositusten fosforitasoja. Jos arvioidaan 50 tn:n sadon/ha tuottavan syyskaalikasvuston ottavan 20 kg/ha fosforia, vastaa se korkeassa viljavuusluokassa vuosittaista lannoitusta ja huonossa viljavuusluokassa 20 % lannoitus-suosituksesta (Viljavuuspalvelu 1997). Kaliumin tarve oli sitä vastoin sipulia lukuun ottamatta yllättävän korkea. Kenttäkokeiden korkeilla satotasolla oli kaliuminotto yli 300 kg/ha. Tästä määrästä poistuu kolme neljäsosaa syyskaalilla ja porkkanalla sadon mukana ja talvikaalilla noin puolet. Käytännössä todennäköisellä 50 tn:n satotasolla/ha syyskaali tarvitsee kasvustoonsa kaliumia noin 175 kg/ha, talvikaali 250 kg/ha ja porkkana noin 200 kg/ha. Korkean kaliumluokan maissa tämä merkitsee 150–200 kg/ha tasoa olevien kaliumreservien tarvetta maasta, ja huonon kaliumluokan maissa lannoitus-suositus vastaa kasvin tarvetta (Viljavuuspalvelu 1997).

Ravinteiden ottorytmi

Ravinteiden ottorytmi vastasi melko tarkasti kasvunopeutta. Nopean kasvun vaiheessa, heinä–elokuussa, kaalien typenotto oli 3–5 kg/ha vuorokaudessa, fosforinotto 0,5 kg/ha/vrk ja kaliumin 4–6 kg/ha/vrk. Sipulinkin ravinteidenottonopeus oli korkea heinäkuussa: tyyppä 2–3 kg/ha/vrk, fosforia 0,4–0,5 kg/ha/vrk ja kaliumia 3–4 kg/ha/vrk. Porkkanan ravinteiden otto oli nopeimmillaan elo–syyskuussa, jolloin ravinnetarve oli tyyppä 2 kg/ha/vrk, fosforia 0,4 kg/ha/vrk ja kaliumia 4–6 kg/ha/vrk.

Kastelulannoitukset

Ravinteiden jakaminen tasaisesti, oletetun kasvun mukaan, ei antanut hyviä tuloksia. Kasvit pikemminkin kärsivät ravinteiden puutetta kasvukauden alussa. Pienen taimen juuristolle olisikin taattava riittävä ravinnepitoisuus, jos lannoitus jaetaan useaan osaan. Starttilannoituksen avulla voidaan taimen lähelle taata riittävä ravinnepitoisuus ja samalla siirtää osa lannoituksesta myöhäisemmäksi. Vaikka kokeen maalajilla ei typen huuhtoutumista merkittävästi tapahtunutkaan, on huuhtoutuminen karkeammilla mailla kuitenkin merkittävä uhka typen käyttökelpoisuudelle.

Kirjallisuus

Dragland, S. 1992. Nitrogen og dyppgjødning til kepaløk. *Faginfo* 12: 14–26.

Riley, H. & Guttormsen, G. 1993. N requirements of cabbage crops grown on contrasting soils. II: Model verification and predictions. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 8: 99–113.

Salo, T. 1999. Effects of band placement and nitrogen rate on dry matter accumulation, yield and nitrogen uptake of cabbage, carrot and onion. *Agricultural and food science in Finland* 2: 157–232.

Suojala, T., Salo, T., Kallela, M., Pulkkinen, J. & Kaukoranta, T. 2001. Keräkaalin, sipulin ja porkkanan kastelu ja lannoitus. In: Tahvonen, K. et al. (eds.). Kasvukauden oloihin sopeutuva puutarhaviljely. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 91. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 45–53. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-596-0.

Viljavuuspalvelu 1997. Viljavuustutkimuksen tulkin-
ta avomaan puutarhaviljelyssä. Viljavuuspalvelu
Oy. 20 p.

Lannoitustavan ja sadonkorjuuajan vaikutus vihannesten varastokestävyyteen ja laatuun

Terhi Suojala & Marja Kallela

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarbatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, terhi.suojala@mtt.fi, marja.kallela@mtt.fi

Kasvukauden aikaiset tekijät, kuten lannoitus ja sadonkorjuun ajoittuminen, vaikuttavat vihannesten laatuun ja säilyvyyteen. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, miten kastelulannoitus ja nykykäytännön mukainen lannoitteiden hajalevitys vaikuttavat keräkaalin, sipulin ja porkkanan laatuun. Lisäksi tutkittiin varastokestävyyden ja laadun muutoksia kasvukauden lopulla. Lannoituskäsittelyiden vaikutus osoittautui hyvin

pieneksi verrattuna sadonkorjuuajan merkitykseen. Aikainen sadonkorjuu lisäsi porkkanan varastohävikkiä ja liian aikainen tai myöhäinen korjuu sipulin hävikkiä. Keräkaalin säilyvyyteen ei korjuuajalla havaittu selvää vaikutusta. Keräkaalin ja porkkanan sokeripitoisuudet ja keräkaalin C-vitamiinipitoisuus olivat alimpia varhaisen korjuun sadossa.

Avainsanat: puutarbakasvit, viljely, keräkaali, lannoitus, porkkana, sadonkorjuu, sipulit, sokerit, varastointi, vitamiinit

The effect of fertilization practices and harvest time on the storability and quality of vegetables

Preharvest factors such as fertilization and harvest time affect the quality and storability of vegetables. This study compared fertigation and broadcast application of fertilizers in relation to the quality of white cabbage, onion and carrot. Changes in storability and quality at the end of the growing season were also studied. The fertilization treatments turned out to have

only a minor effect compared with that of harvest time. Too early a harvest increased the storage loss of carrot, and too early and too late a harvest were unfavourable for the post-harvest quality of onion. Harvest time had no clear effect on the storage loss of cabbage. The sugar and vitamin C contents of cabbage and the sugar content of carrot were lowest in the yield of an early harvest.

Key words: cabbage, carrot, fertilizer application, harvest, onion, storage, sugars, vitamins

Johdanto

Viljelytekniikalla voidaan vaikuttaa paitsi kasvien sadontuottoon myös laatutekijöihin. Erilaiset lannoitusmenetelmät ja -määrät saattavat joissakin oloissa muuttaa kasvin kemiallista koostumusta ja ravitsemuksellista laatua (Evers 1998). Lisäksi lannoitus ja kastelu voivat vaikuttaa vihannesten varastokestävyysominaisuuksiin, vaikka kenttäkokeissa vaikutusta ei usein ole havaittu (Suojala & Pessala 1996). Tässä tutkimuksessa haluttiinkin selvittää, vaikuttaako kastelulannoitus keräkaalin, porkkanan ja sipulin varastokestävyysominaisuuksiin ja laatuun verrattuna nykykäytännön mukaiseen rakeisten lannoitteiden hajalevitykseen.

Sadon laatu ja varastokestävyys muuttuvat kasvien oman kehityksen ja säätekeijöiden ohjaamina kasvukauden loppupuolella (Suojala 1999). Tutkimuksessa selvitettiin siten myös laadun ja varastokestävyysominaisuuksien muutoksia eri aikoina korjatussa sadossa.

Toteutus

Materiaali varastointikokeisiin ja laatu-analyysiin saatiin mallinnustutkimuksen kenttäkokeista, jotka on esitelty edellä (Suojala et al. 2001). Kokeissa käytettiin vuosien 1998 ja 1999 satoa. Keräkaali ('Castello'), porkkana ('Panther') ja sipuli ('Sturon') varastoitiin Piikkiössä MTT:n puutarhatuotannon varastossa. Varastointilämpötila oli 0–1 °C (asetusarvo 0,5 °C). Keräkaalin varastohävikki analysoitiin tammikuussa, porkkanan ja sipulin hävikki tammii–helmikuussa ja huhti–toukokuussa. Keräkaalin kokonaishävikki laskettiin painohävikin ja kauppakunnostushävikin summana. Sipulit ja porkkanat lajiteltiin myyntikelpoisiin ja eri syistä pilaantuneisiin. Naatteineen varastoiduista sipuleista poistettiin samalla kuivat lehdet ja irtonaiset kuoret. Porkkanan varastohävikki laskettiin prosentteina varastoon viedystä pai-

nosta, ja sipuleiden hävikki prosentteina varastointin jälkeisestä, kauppakunnostetusta painosta. Varsinaisen kylmävarastointin jälkeen sipulit vietiin kaupparekastaavyysskokeeseen 17 °C:n lämpötilaan neljäksi viikoksi.

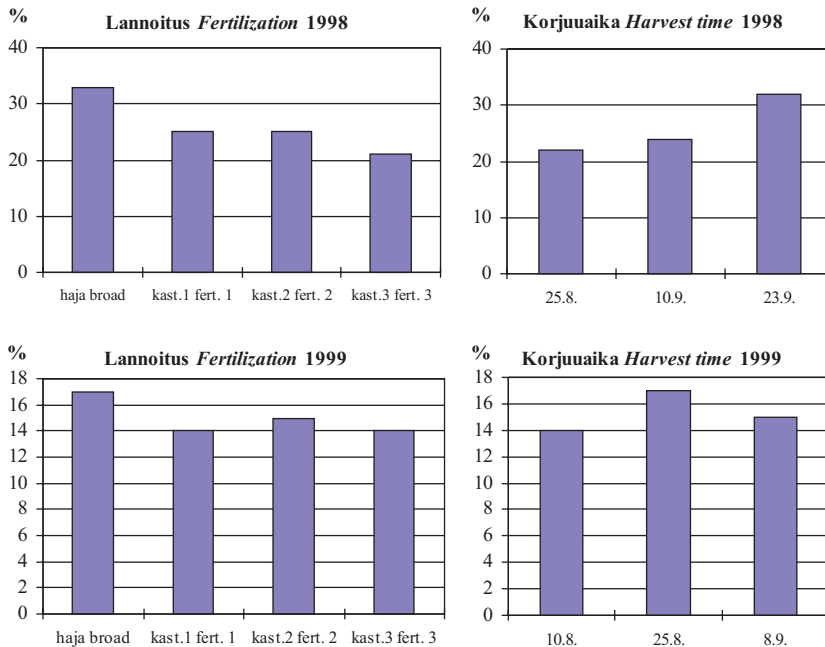
Laatumuuttujista analysoitiin keräkaalin ja porkkanan liukoisten sokereiden (fruktoosi, glukoosi ja sakkaroosi) pitoisuudet sadonkorjuun yhteydessä otetuista näytteistä, jotka säilytettiin pakastettuina analyysiin asti. Keräkaalista analysoitiin lisäksi C-vitamiinipitoisuus ja porkkanasta alfa- ja beetakaroteenipitoisuudet. Lannoituskäsittelyiden vaikutusta tutkittiin lajikkeelle tyypillisen korjuuajan sadosta, joksi valittiin keräkaalin toinen ja porkkanan kolmas sadonkorjuu. Korjuuvaiheen merkitystä tutkittiin hajalevityksenä lannoitetussa käsittelyssä, josta otettiin näytteitä kulkakin korjuukerralta. Analyysit tehtiin MTT:n elintarvikekemian laboratoriossa.

Varastokestävyysominaisuuksien ja kemiallisiin analyysiin liittyvät tulokset esitetään jatkossa keskiarvoina lannoituskäsittelyittäin ja sadonkorjuuajoittain, koska tekijöiden väliset yhdysvaikutukset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Sipulin ja porkkanan varastointikokeissa tulokset esitetään kahden varastointiajan keskiarvona. Varastointiajan ja lannoituksen tai sadonkorjuuajan väliset yhdysvaikutukset olivat joissakin tapauksissa merkitseviä, koska hävikki oli alkutalvella pieni. Tulosten tulkintaan varastointiaikojen keskiarvon käyttäminen ei kuitenkaan vaikuta.

Lannoituksella pieni, sadonkorjuuajalla huomattava vaikutus

Varastokestävyys

Erot keräkaalin varastokestävyysominaisuuksissa olivat vähäisiä (Kuva 1). Lannoituskäsittelyt eivät selvästi vaikuttaneet varastokestävyysominaisuuksiin.



Kuva 1. Lannoitustavan ja sadonkorjuuajan vaikutus keräkaalin ('Castello') varastohävikkiin. Haja = hajalevitys, kast. = kastelulannoitus.

Figure 1. Effect of fertilization and harvest time on storage loss of white cabbage ('Castello'). Broad = broadcast fertilization, fert. = fertilization.

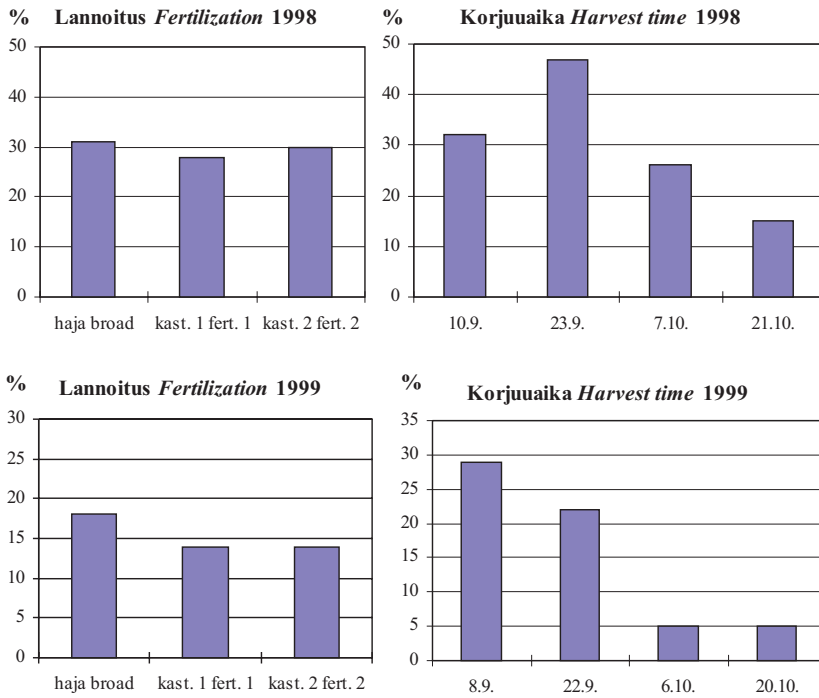
Vaikka hajalannoituksen saaneiden kaalien hävikki oli suurin, pienentää suuri vaihtelu näytteiden välillä eron merkitsevyyttä. Myöhäinen sadonkorjuu aiheutti vuonna 1998 hieman aiempaa suuremman kokonaishävikin, mutta seuraavana vuonna korjuuaika ei vaikuttanut hävikkiin. Pääasiallinen varastotuhojen aiheuttaja oli harmaa-home. Vuoden 1999 sato säilyi paremmin kuin vuoden 1998 kaalit.

Myöskään porkkanan varastohävikkiin lannoituskäsittelyt eivät vaikuttaneet kumpanakaan koevuonna (Kuva 2). Kokonaishävikki oli kahden varastointiajan keskiarvona vuonna 1998 noin 30 % ja vuoden 1999 sadossa noin 15 %. Ensimmäisen koevuoden sadon tärkein pilaaja oli mustamätä, mutta erityisesti toisen sadonkorjuun porkkanoissa esiintyi myös harmaa-hometta. Jälkimmäisenä vuonna varastohävikki aiheutui lähinnä harmaa-

meesta.

Toisin kuin lannoituskäsittelyt, sadonkorjuun ajoittuminen vaikutti selvästi porkkanan säilyvyyteen. Vuoden 1998 sadossa suurin hävikki oli toisessa ja pienin viimeisessä sadonkorjuussa. Seuraavana vuonna kaksi ensimmäistä sadonkorjuuta olivat säilyvydeltään selvästi huonoimpia.

Sipulin varastointikokeissa lannoituskäsittelyiden vaikutus varasto- ja kauppa-kestävyyteen oli varsin vähäinen (Kuva 3). Vuoden 1998 sadossa varastoinnin aikainen kokonaishävikki oli suurin hajalannoitetuissa ja pienin kastelulannoitetuissa sipuleissa. Kylmävarastoinnin aikaisesta hävikistä suurin osa aiheutui juurten muodostumisesta sipuleihin varsinkin varastoinnin loppuvaiheessa, sillä varaston ilman kosteus oli liian korkea. Kauppa-kestävyyskokeissa sipuleita pilasivat versominen ja "nahistuminen". Varastotauteja esiintyi hyvin



Kuva 2. Lannoitustavan ja sadonkorjuuajan vaikutus porkkanan ('Panther') varastohävikkiin. Haja = hajalevitys, kast. = kastelulannoitus.

Figure 2. Effect of fertilization and harvest time on storage loss of carrot ('Panther'). Broad = broadcast fertilization, fert. = fertigation.

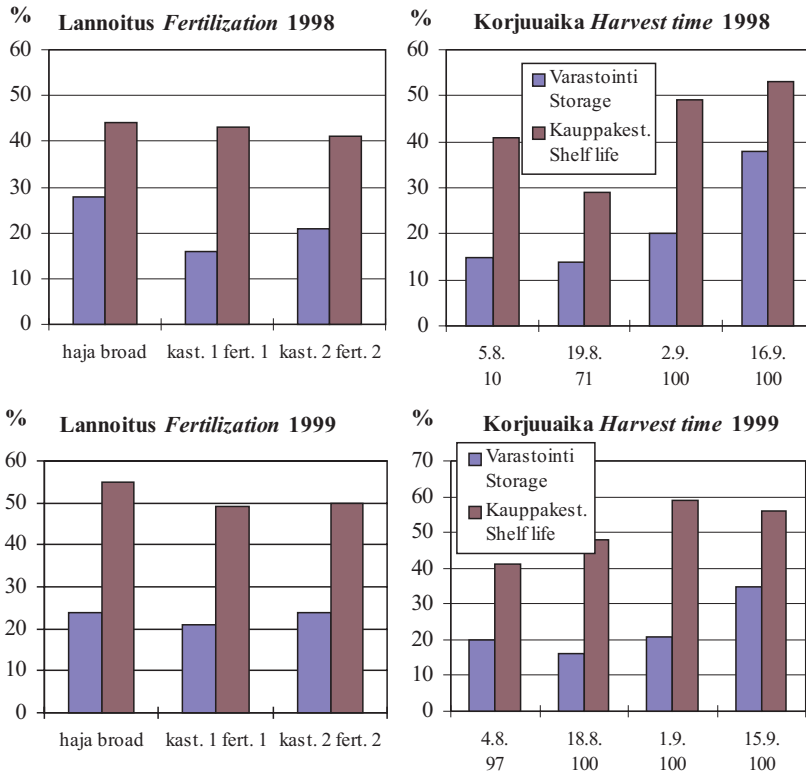
vähän, mutta fysiologista vioitusta, sipulisuomujen lasittumista, havaittiin etenkin kahden viimeisen korjuun sadossa. Vuoden 1999 sadossa lannoituskäsittelyt eivät lainkaan vaikuttaneet säilyvyyteen. Hävikkiä aiheuttivat juurten muodostumisen lisäksi varastotaudit, nahistuminen ja kauppakestävyyskokeessa versominen, joka oli kuitenkin vähäisempää kuin edellisenä vuonna.

Lannoitusta huomattavasti suurempi merkitys oli sadonkorjuun ajoittumisella. Molempina vuosina huonoin varasto- ja kauppakestävyys oli myöhäisimmän sadonkorjuun sadossa, joka oli korjattu useita viikkoja täyden tuleentumisen jälkeen. Toisaalta myös varhainen sadonkorjuu heikensi laatua lisäämällä sipuleiden versomisalttiutta kauppakestävyyskokeessa. Tämä havaittiin erityisesti vuoden 1998 ensimmäisessä sadossa, jota korjattaessa vasta 10 % sipuleista oli tuleentunut.

Sokeri- ja vitamiinianalyysit

Lannoituskäsittelyt eivät vaikuttaneet kerräkaalin sokeri- ja C-vitamiinipitoisuuksiin (Taulukko 1). Sen sijaan eri korjuupäivien sadossa oli joitakin eroja: varhain korjatun sadon sokeripitoisuus oli alhaisempi. Myös C-vitamiinipitoisuus oli pienin ensimmäisen sadonkorjuun kaaleissa, tosin vuonna 1998 erot eivät olleet kovin luotettavia mitaustulosten suuren vaihtelun vuoksi.

Myöskään porkkanan sokeripitoisuuden tai koostumukseen lannoituskäsittelyt eivät suuresti vaikuttaneet kumpanakaan koevuonna (Taulukko 2). Sokereiden kokonaismäärä oli samaa luokkaa lannoituksesta riippumatta, sen sijaan hajalevityksellä lannoitetuissa porkkanoissa sakkaroosin osuus oli vuonna 1998 hieman suurempi ja vuonna 1999 hieman pienempi kuin kastelulannoitetuissa porkkanoissa.



Kuva 3. Lannoitustavan ja sadonkorjuuajan vaikutus sipulin ('Sturon') varastohävikkiin. Korjuupäivän alle on merkitty tuleentumisaste (%) korjuuhetkellä. Haja = hajalevitys, kast. = kastelulannoitus.

Figure 3. Effect of fertilization and harvest time on storage loss of onion ('Sturon'). Figures under the harvest date refer to maturity stage (%) at harvest. Broad = broadcast fertilization, fert. = fertigation.

Taulukko 1. Lannoituksen ja sadonkorjuuajan vaikutus syyskaalin sokeri- ja C-vitamiinipitoisuu-
teen. Haja = hajalevitys, kast. = kastelulannoitus.

Table 1. Effects of fertilization and harvest time on sugar and vitamin C contents of autumn cab-
bage. Broad = broadcast fertilization, fert. = fertigation.

1998	Sokerit yht. Total sugars %	C-vitamiini Vitamin C mg/100g	1999	Sokerit yht. Total sugars %	C-vitamiini Vitamin C mg/100 g
Lannoitus (näytteet 10.9.) Fertilization (samples 10.9.)			Lannoitus (näytteet 27.8.) Fertilization (samples 27.8.)		
haja broad	4,1	26,0	haja broad	5,8	33,3
kast. 1 fert. 1	4,1	30,3	kast. 1 fert. 1	5,4	34,8
kast. 2 fert. 2	4,1	25,4	kast. 2 fert. 2	5,3	33,6
kast. 3 fert. 3	4,0	22,7	kast. 3 fert. 3	5,5	35,6
Korjuupäivä (näytteet hajalannoitusruuduista) Harvest date (samples from broadcast fertilization)			Korjuupäivä (näytteet hajalannoitusruuduista) Harvest date (samples from broadcast fertilization)		
25.8.	3,8	15,4	11.8.	4,8	29,4
10.9.	4,1	26,0	27.8.	5,8	33,3
23.9.	4,5	19,6	8.9.	5,5	36,4

Taulukko 2. Lannoituksen ja sadonkorjuuajan vaikutus porkkanan sokeri- ja karoteenipitoisuu-
teen. Haja = hajalevitys, kast. = kastelulannoitus.

Table 2. Effects of fertilization and harvest time on sugar and carotene contents of carrot. Broad =
broadcast fertilization, fert. = fertigation.

1998	Sokerit yht. Total sugars %	α -karoteeni α carotene mg/100 g	β -karoteeni β carotene mg/100 g	karot. yht. total carotenes mg/100 g	1999	Sokerit yht. total sugars %
Lannoitus (näytteet 7.10.) Fertilization (samples 7.10.)					Lannoitus (näytteet 6.10.) Fertilization (samples 6.10.)	
haja broad	7,2	1,6	3,6	5,2	haja broad	5,6
kast. 1 fert. 1	6,5	2,0	4,7	6,8	kast. 1 fert. 1	6,2
kast. 2 fert. 2	6,5	2,3	5,0	7,4	kast. 2 fert. 2	6,4
Korjuupäivä (näytteet hajalannoitusruuduista) Harvest date (samples from broadcast fertilization)					Korjuupäivä (näytteet hajalannoitus- ruuduista) Harvest date (samples from broadcast fertiliz.)	
10.9.	4,8				8.-9.9.	5,8
23.-24.9.	5,4				22.9.	7,1
7.10.	7,2				6.10.	5,6
21.10.	6,4				20.10.	6,7

Sadonkorjuun ajoittuminen vaikutti sokereiden määrään erityisesti vuonna 1998, jolloin korkein sokeriopitoisuus mitattiin 7. lokakuuta korjatussa sadossa. Pitoisuus oli molempina vuosina alhaisin ensimmäisen korjuun sadossa. Myös sakkaroosin osuus sokereiden kokonaismäärästä nousi sadonkorjuun siirtyessä myöhempään. Sokereiden kokonaismäärässä ei ollut kovin suuria eroja vuosien välillä, mutta sakkaroosin osuus oli suurempi viileämpänä kasvukautena 1998.

Karoteenipitoisuutta analysoitiin loka-kuun alussa korjatusta sadosta. Toistaiseksi saatavilla on vasta vuoden 1998 tulokset, joissa havaittiin pieniä eroja lannoituskäsittelyiden välillä erityisesti beetakaroteenin määrässä. Beetakaroteenipitoisuus oli alhaisin hajalevityksellä lannoitetuissa porkkanoissa ja korkeampi kastelulannoitetuissa porkkanoissa. Myös alfakaroteenipitoisuus ja karoteenien yhteismäärä olivat alimmat hajalevityksellä lannoitetussa sadossa, mutta erot eivät olleet aineiston pienuuden vuoksi tilastollisesti kovin selviä.

Tulosten tarkastelu

Lannoituskäsittelyiden vaikutus varastokestävyyteen osoittautui merkityksettömäksi verrattuna sadonkorjuuajan vaikutukseen. Tulos oli odotettu, sillä useimpina vuosina käsittelyt eivät vaikuttaneet myöskään kasvuun tai sadon määrään. Näin kasvien kehitys eteni melko samaan tahtiin kaikissa käsittelyissä, ja kasvien rakenne ja kemiallinen koostumus olivat todennäköisesti melko samanlaiset lannoituksesta riippumatta.

Porkkanan karoteenipitoisuus oli laatu-
muuttujista ainoa, johon lannoituskäsittelyt vaikuttivat: kastelulannoitus tuotti karoteenipitoisempia porkkanoita kuin rakeisten lannoitteiden hajalevitys. Tulos on päinvastainen kuin Eversin (1989) tutkimuksessa, jossa pelkkä kastelulannoitus ilman peruslannoitusta tuotti alhaisen karoteenipitoisuuden. Tuloksia on käytettävissä vasta yhdeltä koevuodelta, mutta karoteenipitoisuus ja sen myötä porkkanan väri saattavat olla ominaisuuksia, joihin lannoitustavalla voidaan vaikuttaa. Kasvukauden sääolojen ja viljelypaikan merkitys lienee kuitenkin suurempi (Evers 1989, Skrede et al. 1997).

Sadonkorjuun ajoittuminen vaikutti selvästi varastokestävyyteen porkkana- ja sipulikokeissa. Porkkanan syyskuinen sadonkorjuu aiheutti selvästi suuremman hävikin kuin myöhäisempi korjuu, mikä vahvistaa aikaisempia tuloksia (Suojala 1999). Sekä mustamädan määrä vuonna 1998 että harmaahomeen määrä vuonna 1999 oli pienempi lokakuun sadossa. Sipulikokeissa erityisesti myöhäinen sadonkorjuu osoittautui epäedulliseksi. Varsinkin sateisena vuonna 1998 viivästynyt sadonkorjuu aiheutti suuren varastohävikin ja heikomman ulkoisen laadun. Toisaalta sääoloiltaan normaalimpana vuonna korjuuta voi odottaa useita viikkoja täyden tuleentumisen yli ilman merkittäviä varastotappioita, mitä osoittavat vuoden 1999 tulokset ja myös aikaisemmat Piikkiössä tehdyt kokeet (Suojala 1998). Paitsi viivästynyt korjuu myös varhainen nosto lisää sipuleiden versomisalttiutta varastoinnin jälkeen.

Keräkaalin varastohävikkiin sadonkorjuu aika ei vaikuttanut yhtä selvästi kuin muiden kasvien säilyvyyteen. Ensimmäisenä koevuonna hävikki oli suurin viimeisellä korjuukerralla, mihin saattaa olla osansa kasvukauden sateisuudella. Erityisesti porkkanan ja keräkaalin varastohävikki oli selvästi suurempi kostean kesän 1998 kuin lämpimän kasvukauden 1999 jälkeen. Myös sipulissa vuonna 1998 esiintyneen fysiologisen vioituksen, lasittumisen, arvelaan liittyneen kesän sateisuuteen, sillä norjalaisten tietojen mukaan kosteat olot en-

nen sadonkorjuuta lisäävät voitusriskiä (Solberg 1995). Myös sadonkorjuun viivästyminen lisää lasittumisriskiä (Solberg 1995).

Mitatuista laatumuuttujista porkkanan ja keräkaalin sokeripitoisuus nousi hieman korjuun siirtyessä myöhempään. Myös C-vitamiinipitoisuus näytti olleen alempi varhain korjatuissa keräkaaleissa. Vuosien välillä esiintyy tyypillisesti vaihtelua kasvien koostumuksessa, mutta vaihtelun syiden selvittäminen vaatisi pitkäaikaista aineistoa.

Johtopäätökset

Lannoituskäsitelyillä ei ollut kokeissa yleensä lainkaan vaikutusta vihannesten varastokestävyyteen tai muihin mitattuihin laatuominaisuuksiin. Huomattavasti tärkeämpi tekijä laadun kannalta oli vihannesten sadonkorjuun ajoittuminen, joka vaikutti niin kemialliseen koostumukseen kuin varastokestävyyteen. Porkkanan varhainen sadonkorjuu lisää varastotautien riskiä huomattavasti. Sipulin turvallinen korjuukausi alkaa ennen täyttä tuleentumista ja jatkuu muutamia viikkoja tuleentumisen jälkeen. Sateisina kesinä sipulin optimaalinen korjuukausi on lyhyempi ja varastotappiot suurempia. Keräkaalin säilyvyyteen korjuun ajoittuminen ei vaikuta yhtä selvästi.

Kirjallisuus

Evers, A.-M. 1989. Effects of different fertilization practices on the carotene content of carrot. *Journal of Agricultural Science in Finland* 61: 7–14.

– 1998. Kasvien sisäiseen laatuun vaikuttavat tekijät. In: Suojala, T. & Pessala, R. (toim.). Laatuvi-
hannesten hyvät viljelymenetelmät. Tutkimusohjelman loppuraportti. Maatalouden tutkimuskeskuk-
sen julkaisuja. Sarja A 43. Jokioinen: Maatalouden

tutkimuskeskus. p. 73–76. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-525-1.

Skrede, G., Nilsson, A., Baardseth, P., Rosenfeld, H.J., Enersen, G. & Slinde, E. 1997. Evaluation of carrot varieties for production of deep fried carrot chips – III. Carotenoids. *Food Research Interna-*

tional 30: 73–81.

Solberg, S.Ø. 1995. Glassaktige og læraktige skjell i kepaløk - et resultat av flerige uheldige forhold. *Faginfo* 8/1995: 78–87.

Suojala, T. 1998. Liian varhainen sadonkorjuu haitaksi sipulin säilyvyydelle. *Puutarha&kauppa* 2(20): 8.

– 1999. Effect of harvest time on the storage performance of carrot. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 74: 484–492.

– **& Pessala, R.** 1996. Kasvu- ja sadonkorjuuolojen vaikutus avomaanvihannesten varastokestävyyteen. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 10. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 34 p. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-473-5.

–, **Salo, T., Kallela, M., Pulkkinen, J. & Kaukoranta, T.** 2001. Keräkaalin, sipulin ja porkkanan kastelu ja lannoitus. In: Tahvonen, R. et al. (eds.). Kasvu-kauden oloihin sopeutuva puutarhaviljely. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 91. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 45–53. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-596-0.

Tietokoneohjelma lannoituksen ja kastelun suunnitteluun ja lämpösumman käyttöön

Timo Kaukoranta & Jorma Väisänen

Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarbatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, timo.kaukoranta@mtt.fi, jorma.vaisanen@mtt.fi

Tavoitteenamme on ollut kehittää ohjelma, joka tukee viljelytekniikan suunnittelua ja kasvukauden aikaista tarkennettua päätöksentekoa. Ohjelma ei pyri korvaamaan kaupallisesti tai muuten tuotettuja säätietopalveluja tai säätietoa hyödyntäviä ennustepalveluja. Pikemminkin ohjelma täydentää ja osittain jopa tukee keskitetysti tuotettujen

verkkopalvelujen hyödyntämistä. Ohjelma on kehitetty porkkanan, keräkaalin, sipulin, mansikan ja omenan viljelyn tueksi. Siinä käsitellään kolmea viljelytekniikan osaa: lannoitus, kastelu sekä lämpösummaan perustuva tuholaisien ja viljelykasvin kehityksen ennustaminen. Näitä osia tarkastellaan dynaamisesti koko kasvukauden ajalta.

Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, lannoitus, kastelu, lämpösumma, kehitys, porkkana, keräkaali, sipulit, mansikat, omenat

Expert system for planning fertilization and irrigation and for predicting crop and pest development on vegetables, strawberry and apple

The aim was to develop a computer program to support the dynamic day-to-day planning and decision making over a season. This program, which is complementary to commercial or other weather and pest prediction services, enhances the utilization of data available from centralized services, but it is independent of any particular

source of weather data. Three main areas of cultivation technique are covered: fertilization / fertigation, irrigation and the prediction of crop and pest development. The program contains currently parameter values for carrot, white cabbage, onion, strawberry, and to some extent for apple.

Key words: horticultural plants, cultivation, fertilizer application, irrigation, heat sum, development, decision support system, carrot, white cabbage, onion, strawberry, apple

Johdanto

Tavoitteenamme on ollut kehittää ohjelma, joka tukee viljelytekniikan suunnittelua ja kasvukauden aikaista tarkennettua päätöksentekoa. Ohjelma ei pyri korvaamaan kaupallisesti tai muuten tuotettuja säätietopalveluja tai säätietoa hyödyntäviä ennustepalveluja. Pikemminkin ohjelma täydentää ja osittain jopa tukee keskitetysti tuotettujen verkkopalvelujen hyödyntämistä.

Ohjelma on kehitetty porkkanan, keräkaalin, sipulin, mansikan ja omenan viljelyn tueksi. Siinä käsitellään kolmea viljelytekniikan osaa: lannoitusta, kastelua sekä lämpösummaan perustuvaa tuholaiden ja viljelykasvin kehityksen ennustamista. Näitä osia tarkastellaan dynaamisesti koko kasvukauden ajalta.

Sovellusalueen mukaan tämän ohjelman tyyppi on päätöksenteon tukijärjestelmä tai asiantuntijajärjestelmä. Ohjelmassa pyritään siis yhdistämään käyttäjälle vieraat teoreettiset tiedon käsittelytavat ja nopeasti käytettävä, helppo käyttöliittymä.

Ohjelmaa kehitettäessä lähdettiin siitä, että se on pääasiassa etukäteissuunnittelun väline, jota ei ole tarkoitus käyttää päivittäin. Suunnittelun aikajänne voi olla muutamasta päivästä koko kasvukauteen. Ohjelma käyttää päivittäisiä säätietoja, mutta niitä ei tarvitse asettaa ohjelmaan aikajaksoilta, jotka eivät käyttäjää kiinnosta. Ohjelman voi ottaa esille silloin, kun lannoitus, kastelu tai kehityksen ennustaminen on ajankohtaista, ja korjata lähtötiedot ajan tasalle muutamalla mittauksella.

Ohjelman tiettyjen osien käyttö edellyttää nykyisellään vuorokausitason mittaus-tietoja säästä, eli esimerkiksi sademäärästä ja ylimmästä lämpötilasta, tai siitä valmiiksi laskettuja tunnuslukuja, kuten lämpösumma ja potentiaalinen haihdunta. Ohjelmaa ei ole kuitenkaan sidottu mihinkään tiettyyn mittaus- tai tiedonvälitysjärjestelmään. Sitomattomuuden etu on, että säätietoja tarvitaan varsin vähän, ne on teknisesti helppo asettaa ohjelmaan ja käyttäjä voi hankkia niitä kesän mittaan monella ta-

valla: mitata itse, hakea kaupallisista säätietopalveluista tai vaikka katsoa sääennusteista.

Haitta on, että ohjelmaan ei voi siirtää automaattisesti automaattisen sääaseman tai vastaavan mittalaitteen tietoja. Jos tilalla käytetään automaattista sään mittausjärjestelmää, sen pitäisi tuottaa itsestään vuorokauden tai pidemmän jakson yhteenvedot. Kastelun suunnittelussa tarvitaan vuorokauden potentiaalinen haihdunta tai ylin lämpötila; lämpösumman käytössä tarvitaan valmis lämpösumma tiettyyn päivään saakka tai päivittäiset alimmat ja ylimmät lämpötilat.

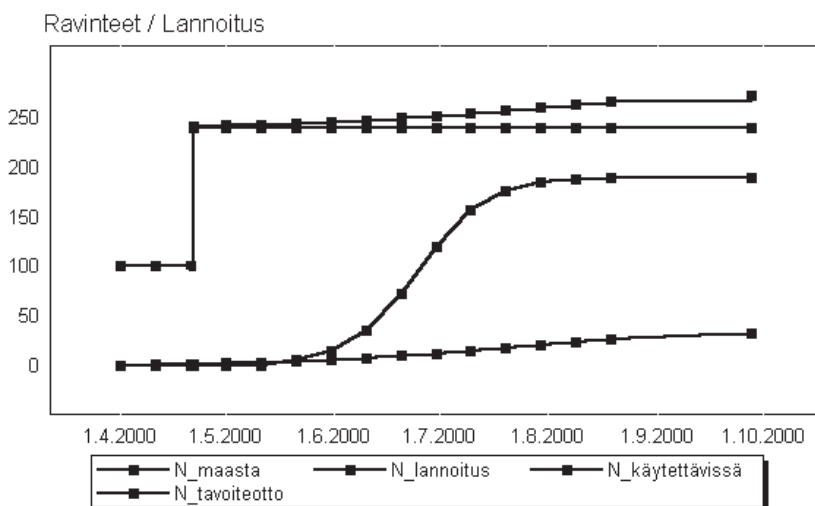
Lannoitus ravinnetarpeen mukaan

Ohjelman ravinne-osalla voi tutkia tavoitesatoon tarvittavaa ravinteiden määrää ja eri lähteistä saatavien ravinteiden määrää maassa. Ohjelma ei kuitenkaan suoraan pyri hakemaan lannoitetta, jota käyttämällä ravinnetarve tulisi taloudellisimmin ka-
tettua.

Ohjelma laskee kasvilajin ja tavoitesadon perusteella ravinteiden tarpeen. Typen tarve lasketaan olettaen kasvuston ottavan tyypeä ajan suhteen s-muotoisen käyrän mukaisesti. Typen ottokäyrän korkeus (tyypeä kg/ha) määräytyy satotavoitteen mukaan. Käyrän mittakaava aika-akselin suhteen määräytyy tavoitellun kasvuajan mukaan. Ohjelma näyttää kaaviossa lasketun kasvuston typen oton (kg/ha) sekä maahan eri lähteistä tulevan liukoisen typen määrän (kg/ha). Kaavio antaa arvion typen käytöstä ja saatavuudesta kasvukauden kuluessa (Kuva 1).

Muiden ravinteiden tarvetta ei arvioida dynaamisesti. Niiden osalta lasketaan tavoite- tai toteutuneen sadon mukaan kasvukauden kokonaistarve, jota voi verrata maan arvioituun ravinnemäärään.

Typen ja muiden ravinteiden lähteinä otetaan huomioon keväällä maassa oleva



Kuva 1. Näkymä ohjelmasta. Ennustettu kasvuston typen otto ($N_{\text{tavoiteotto}}$) kasvukauden kuluessa ja kasvuston käyttöön tuleva typpi (N_{maasta} , $N_{\text{lannoitus}}$).

Figure 1. View of program. Predicted nitrogen uptake ($N_{\text{tavoiteotto}}$) over a season and nitrogen available for crop from soil (N_{maasta}) and fertilizer ($N_{\text{lannoitus}}$).

pieni liukoisen typen varasto, lannoitteet, maan orgaaninen aines sekä edellisen vuoden kasvinjätteet. Normaali-liukoisten lannoitteiden ravinteiden katsotaan tulevan käytettäväksi heti lannoituksen jälkeen.

Ohjelmassa nähdään todennäköinen ravinteiden määrä maassa. Kaikki ravinteet eivät kuitenkaan ole välittömästi kasvien käytössä. Sen lisäksi, että ravinteista osa pidättyy maahan, osa ei ole ehtinyt liikkua juuria ympäröivästä maasta lähelle juuria, josta juuret ne ottavat. Maan ravinnemäärän hetkellinen tavoite täytyy siis asettaa jonkun verran korkeammalle kuin arvioitu ravinteiden otto, jotta suuri sato voidaan saavuttaa. Typen osalta näin ei kuitenkaan tarvitse olla kasvukauden lopussa.

Kastelu maan kosteuden mukaan

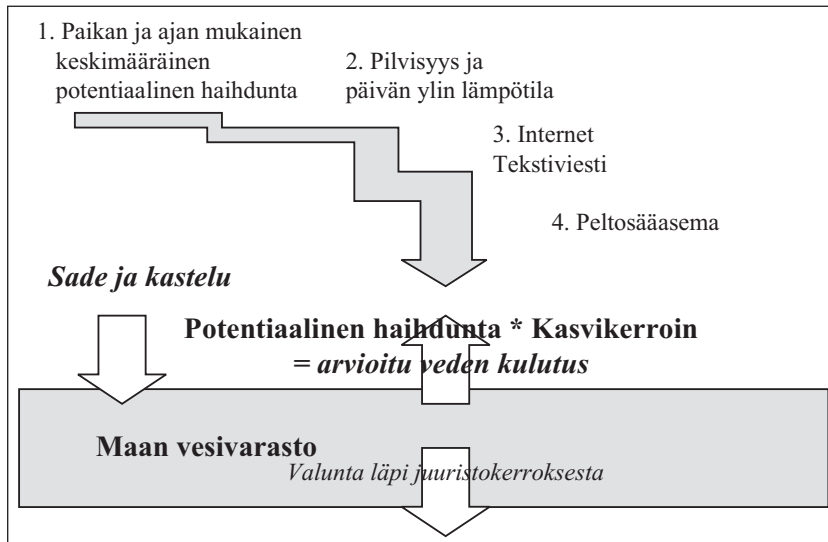
Ohjelman kasteluosan tarkoitus on tukea

kastelun suunnittelua ennen kasvukautta ja kasvukauden aikana sekä ohjata mittaamaan maan kosteutta oikeaan aikaan. Ohjelma ei voi kokonaan korvata maan kosteuden mittaamista, mutta se osoittaa kosteuden muutosten suuruusluokan maassa.

Ohjelmassa seurataan ja ennustetaan päivittäin, miten maan kosteus (tilavuuskosteus, vesimäärä mm, maalajiin perustuva maan imu) muuttuu. Tämän perusteella käyttäjä voi arvioida:

- milloin tarvitaan seuraavan kerran kastelua, jotta muokkauskerroksessa olisi jatkuvasti kasveille helposti käyttökelpoista vettä
- kuinka paljon kasteluvettä tarvitaan ja sopii muokkauskerrokseen.

Tässä helposti käyttökelpoiseksi katsotaan vesi, jonka kasvit saavat otettua maasta alle 0,5 barin imulla. Ohjelma laskee haihdunnan kertoen potentiaalisen evapotranspiraation kasvikerroimella. Kasvikerroin (vastaa termiä crop coefficient) kuvaa kasvuston ja maanpinnan yhteistä kykyä



Kuva 2. Kastelutarpeen laskennallinen arviointi perustuu potentiaaliseen haihduntaan, kasvuston kokoon ja maan ominaisuuksiin. Potentiaalinen haihdunta voidaan hakea monesta lähteestä (kohdat 1–4 kuvassa). Mikrotietokoneohjelma on laskin, jolla tiedot yhdistetään.

Figure 2. The irrigation need is computed from potential evapotranspiration (PET), canopy size and soil characteristics. Estimated PET can be obtained from several sources. Sources are indicated by numbers 1 to 4. The computer program integrates the data for extraction of essential information.

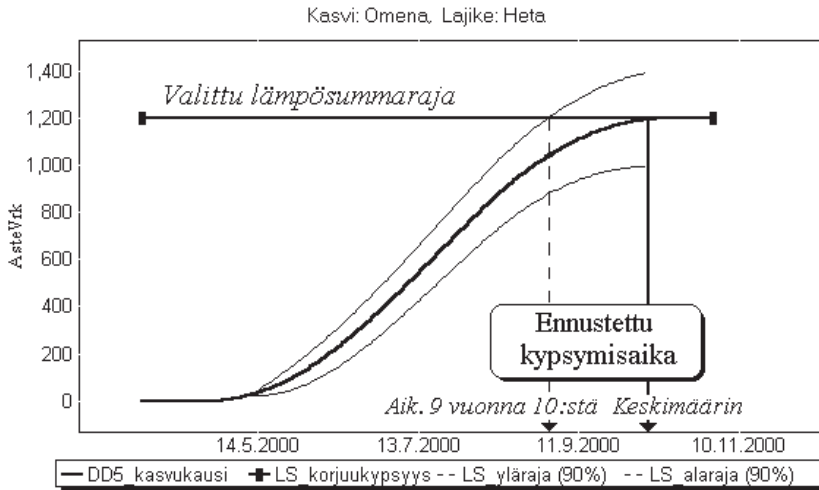
haihduttaa vettä. Kylvön/istutuksen aikaan se on 0,3–0,5 tienoilla, nousee keskikesään mennessä ykkösen tienoille ja laskee sitten hitaasti kasvuston tuleentuessa 0,5–0,8 tienoille (Kuva 2).

Ohjelman käyttäjä hakee toteutuneen tai ennustetun potentiaalisen haihdunnan (evapotranspiraation) oman sääaseman tiedoista tai säätietoa toimittavalta palveluoperaattorilta. Jos käyttäjä ei kuitenkaan halua hankkia potentiaalista haihduntaa mistään, ohjelma voi arvioida sen suuruusluokan aluekohtaisilla regressioyhtälöillä. Arviointi perustuu vuorokauden keskimääräiseen pilvisyyteen ja ylimpään lämpötilaan, jotka käyttäjä ohjelman avustamana asettaa. Pilvisyyden ja ylimmän lämpötilan asettaminen on melko helppoa myös tuleville päiville eri lähteistä saatavien sääennusteiden perusteella. Niille päiville, joille

käyttäjä ei aseta edes pilvisyyttä ja ylintä lämpötilaa, ohjelma käyttää alueen keskimääräistä tilastollista potentiaalista haihduntaa.

Juuristokerroksesta lasketaan poistuva vesi: haihdunta ja runsaiden sateiden aikana läpivalunta ja pintavalunta. Juuristokerrokseen tulee vettä sateesta, kastelusta ja vettä hyvin johtavilla mailla kapillaarisesti johtuen alkukesästä alhaalta päin. Ohjelma arvioi tulevien ja lähtevien virtojen perusteella juuristokerroksen veden ja helposti käytettävän veden määrän.

Maan kosteutta ei pystytä laskemaan riittävän tarkasti pitkiä aikoja, jos kosteutta ei voida välillä korjata ohjelmaan. Korjauksen hetki on silloin, kun mitataan maan kosteus tai kastellaan vähintään koko muokauskerros/ juuristokerros täysin märäksi (kenttäkapasiteetin mukainen kosteus).



Kuva 3. Näkymä ohjelmasta. Kasvin kehitysvaiheen toteutumisen ennustaminen lämpösommaa käyttäen. Vaakaviiva osoittaa lajikkeen kypsymiseen keskimäärin tarvittavan lämpösomman. Käyrät näyttävät odotetun lämpösomman kertymisen. Odotettu lämpösomma lasketaan viimeisestä tiedetystä lämpösommasta eteenpäin. Tässä tapauksessa eteenpäin toukokuun 14. päivästä.

Figure 3. View of program. Predicting crop development stage from effective temperature sum (ETS). Horizontal line indicates mean ETS needed for crop maturity. Curves show expected accumulation of ETS. Expected ETS is calculated beginning at the day of last ETS resetting. In this figure the day is 14 May.

Kehityksen ennustaminen lämpösomman mukaan

Ohjelman käyttäjä tarvitsee ensisijaisesti tietoa siitä, minä päivänä tietty lämpösommalla arvioitavissa oleva ilmiö tulee tapahtumaan (kts. myöhempi kappale Ennustaminen). Esim. milloin tuhoojien tarkkailu täytyy aikaisintaan aloittaa tai milloin kypsymisen tarkkailu täytyy aloittaa. Toisaalta käyttäjää voi kiinnostaa, kuinka lähellä pitkän ajan keskiarvoa on toistaiseksi kertynyt lämpösomma (kts. myöhempi kappale Seuraaminen). Kun käyttäjä harkitsee uuden kasvilajin tai lajikkeen ottoa viljelyyn, hänen täytyy tietää myös, miten kasvi sopii alueen kasvukauden pituuteen ja miten

kasvin kehitys ajoittuu suhteessa jo viljelyssä oleviin kasvilajeihin/lajikkeisiin (kts. myöhempi kappale Sopivuus) (Kuva 3).

Ennustaminen

Ohjelma tarkistaa, kuinka suuri lämpösomma (kasvukauden tai kasvatuksen alusta laskien) on kertynyt ennustusjakson alkamispäivään mennessä. Jos ohjelmaan ei ole aiemmin annettu lämpötietoja, täytyy tässä vaiheessa asettaa ohjelmaan lämpösomma, joka on kertynyt ennustusjakson alkuun mennessä. Tämän jälkeen ohjelma näyttää todennäköisen lämpösomman kertymän lopun kasvukauden ajalta. Siitä käyttäjä näkee, millä aikavälillä tutkittava ilmiö tulee todennäköisesti tapahtumaan.

Seuraaminen

Käyttäjä katsoo ohjelmasta, miten alueen lämpösumma kasvukauden tai kasvatuksen alusta laskien yleensä kertyy, ja vertaa sitä kasvukauden aikana toistaiseksi kertyneeseen lämpösummaan.

Sopivuus

Käyttäjä katsoo ohjelmasta, miten alueen lämpösumma (kasvukauden tai kasvatuksen alusta laskien) yleensä kertyy ja vertaa sitä uuden kasvin käyttäytymisestä tiedettyihin asioihin (esim. kukinnan alkuun ja loppuun tarvittava lämpösumma, korjuuseen tarvittava lämpösumma). Ohjelma ei toki voi tietää, onko viljelijän lohko keskimääräistä ”lämpimämpi” tai ”kylmempi” kuin alue keskimäärin (korkeuserot, suunta aurinkoon, suojaisuus, järvenranta).

Ohjelmalle hankitaan tieto lämpösummasta jollain seuraavista tavoista:

- syöttämällä ohjelmaan vuorokauden keskilämpötilat tai ylimmät ja alimmat lämpötilat edellisen päivityksen jälkeisiltä päiviltä
- omasta lämpösummamittarista /säasemasta, jossa on lämpötila-anturi ja sen verran elektroniikkaa, että se laskee lämpösumman ja säilyttää sen muistissa
- tilaamalla säätietoa välittäviltä palvelun tarjoajilta (internet, tekstiviesti).

Omalta lohkolta huolellisesti mitattu lämpösumma vastaa lohkon todellista lämpösummaa yleensä tarkemmin kuin sää-tietopalvelun tarjoajilta saatu lämpösumma. Palveluna saatu lämpösumma voi kuitenkin olla yhtä käyttökelpoinen. Jos lämpösummalla ennustetaan esim. lohkon ulkopuolelta saapuvien tuholaisien tarkkailu- ja torjunta-aikoja, lohkolta mitattu ja alueelle laskettu lämpösumma voivat molem-

mat kertoa lohkoa ympäröivien pientareiden ja metsien lämpösummasta yhtä hyvin.

Muut ohjelman osat – tauluja viljelytietojen kirjaamiseen

Ohjelmaan voi tallentaa kaikki kasvulohkojen viljelytoimet ja satotiedot, joskaan kaikkia tietoja ei ohjelman käyttämiseksi tarvita. Niiden kasvulohkojen osalta, joita halutaan käsitellä ohjelmassa, täytyy käyttäjän kirjoittaa ohjelman tauluihin vähintään koodi, jolla kasvulohko tunnistetaan, viljelykasvi sekä viljelyn alkamispäivä (kylvöpäivä, istutuspäivä, monivuotisilla kasveilla muu järkeväksi katsottu kasvun alkamispäivä tai ensimmäisten viljelytoimien päivä keväällä).

Ohjelman lannoitusosan käyttäminen edellyttää, että ohjelmaan on asetettu maalaji- ja viljavuustiedot käsiteltävälle kasvulohkolle, lannoitustiedot sekä edellisvuoden viljelykasvi ja sen satoarvio. Kasteluosassa täytyy ohjelmaan asettaa kastelu tai mahdollinen maan kosteuden mittaus ja valita potentiaalisen haihdunnan laskemistapa. Maan vedenpidätyskyvyn laskemiseen tarvitaan myös tieto maalajista.

Tarvittava mikrotietokone

Ohjelma toimii vähintään Windows 95-ympäristössä, ja tarvitsee levytilaa 25–30 MB. Suorittimen nopeuden täytyy olla vähintään 300 MHz, jotta ohjelman käyttö on kohtuullisen nopeaa.

Yhteenvedo

Risto Tahvonen¹⁾, Kalle Hoppula¹⁾, Marja Kallela¹⁾, Timo Kaukoranta²⁾,
Tapio Salo³⁾, Terhi Suojala¹⁾, Janne Pulkkinen⁴⁾, Petri Vanhala⁵⁾,
Jorma Väisänen¹⁾ & Arto Ylämäki¹⁾

¹⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie
518, 21500 Piikkiö, risto.tahvonen@mtt.fi, kalle.hoppula@mtt.fi, marja.kallela@mtt.fi,
terhi.suojala@mtt.fi, jorma.vaisanen@mtt.fi

²⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen,
timo.kaukoranta@mtt.fi

³⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Peltokasvit ja maaperä,
31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi

⁴⁾Kemira Agro Oy, PL 330, 00101 Helsinki, janne.pulkkinen@mtt.com

⁵⁾Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, 31600 Jokioinen,
petri.vanhala@mtt.fi

Maatalouden tutkimuskeskuksessa tehtiin tutkimus avomaapuutarhakasvien kasvumalleista. Tutkimuksessa kasvatettiin tärkeimpiä kasveja tämän hetken parhailla viljelymenetelmillä tai menetelmillä, joiden soveltaminen Suomen oloissa voisi olla edullista. Erityinen paino tutkimuksissa oli kastelun hallinnassa ja kasteluun liittyvissä lannoitusmenetelmissä. Tutkimuksessa käytettiin lisäksi vanhempia tutkimusaineistoja hyödyksi, jolloin niiden ja nyt saatujen havaintoaineistojen avulla yritettiin kuvata kasvien kasvua ja kehitystä, arvioida kasvintuhoojien esiintymistä ja mallittaa kasvien veden ja ravinteiden ottoa. Jotta tämä laaja havainto- ja tutkimusaineisto saataisiin konkreettiseen käyttöön, kehitettiin avomaapuutarhakasvien viljelyn tueksi laaja tietokoneohjelma. Se auttaa hallitsemaan kasteluun, lannoitukseen, kasvinsuojeluun ja kasvien kasvuun liittyviä tietoja ja valitsemaan oikeita viljelyratkaisuja.

Mansikan hyvä kasvu edellyttää maan tasaista kosteutta

Satoikäistä mansikkakasvustoa piti kastella sateettomana aikana tihkuletkuilla 3 l/taimi/vko satokautena, jotta maan kosteus pysyi kasveille helposti saatavan veden alueella. Vastaavasti istutusvuonna kastelutarve oli 0,7–0,8 l/taimi/vko. Paras kosteusalue oli tensiometrillä mitaten 0,2–0,3 baaria. Tihekuletkujen kautta tehty lannoitus antoi saman sadon kuin päältä lannoitus. Ilman tihkukastelua sato putosi sateisenakin vuotena kolmanneksen.

Mansikasta hyvä sato jo istutuksen jälkeisenä vuotena

Alkukaudesta istutettu mansikka muodosti kukkia ensimmäisen vuoden satokasvustoon n. 100 kpl/kasvi ja toisena vuotena 130 kpl/kasvi. Vastaavasti kukkavanojen määrä oli vuodesta riippuen 7–9 kpl/kasvi ja 14 kpl/kasvi. Sadot vaihtelivat eri koejäsenissä 600 g:sta 900 g:aan/kasvi. Mansikan juurakon yläosan halkaisija kaksinkertaistui istutusvuonna syys-lokakuussa ja toisen vuoden kasvustossa elo–syyskuussa.

Satoa tuottavilla mansikoilla lehtipinta-ala saavutti maksimitasonsa heinäkuussa, jolloin lehtialaindeksi (LAI) oli 2,0–3,4. Istutusvuonna maksimitaso (LAI 0,6) saavutettiin vasta elokuussa. Mansikan kaikkien osien kuiva-ainepitoisuus kasvoi voimakkaasti mentäessä kohti myöhäissyysä. Juurakossa kuiva-ainepitoisuus nousi 12–32 %:iin, lehdistä 22–30 %:iin ja rönsyissä 18–27 %:iin.

Mansikka kuluttaa yli kolmanneksen ottamastaan typestä satoon

Mansikka ottaa tyyppiä maasta koko kasvukauden ajan. Ensimmäisen satovuoden kasvustossa typenotto on voimakkainta satokauden aikana ja istutusvuoden kasvustossa elokuussa rönsynmuodostuksen ollessa voimakkaimmillaan.

Ensimmäisen satovuoden kasvustossa käytetään alkukasvukaudesta ennen kukintaa otettu tyyppi pääasiassa lehtiin. Raakileenmuodostuksen ja satokauden aikana otettu tyyppi käytetään marjoihin ja satokauden jälkeen otettu tyyppi rönsyihin. Istu-

tusvuoden kasvustossa tyyppiä käytetään aluksi pääasiassa lehtiin mutta elokuun ja syyskuun aikana rönsyihin. Mansikan käytämästä typestä noin puolet tulee lannoituksesta ja loput maan mineralisaation kautta.

Mansikka kuluttaa runsaasti kaliumia ja niukasti fosforia

Taimen fosforin otto oli istutusvuonna ilman rönsyjä 85 mg ja rönsyjen kasvaessa vapaasti 165–190 mg/taimi. Taimen kaliumin otto oli vastaavasti 430 mg tai 845–950 mg. Satovuonna poistui marjoissa fosforia 150 mg/taimi ja kaliumia 1 200 mg/taimi. Ensimmäisen satovuoden syksyllä kasvusto sisälsi fosforia keskimäärin 200 mg/taimi ja kaliumia 1 900 mg/taimi.

Tihkukastelu vähentää mansikan rikkakasviongelmia

Lannoitustavalla tai -määrällä ei ollut mainittavaa vaikutusta rikkakasvien taimettumismääriin, mutta kylläkin kokoon: pintaan hajalevitetty lannoitus kasvatti suurempia rikkakasveja kuin tihkukastelun mukana mansikan juurille annettu lannoitus. Pääosa rikkakasveista taimettui ensimmäisenä syksynä ja keväänä, myöhemmin taimettuminen oli vähäisempää. Pihatahtimöä ja ahusolaheinää esiintyi kuitenkin merkittävästi myös myöhemmin. Torjunnan tulisi siis olla huolellista varsinkin ensimmäisenä syksynä ja keväänä; myöhemmin torjuntatarve on vähäisempi mansikan täytettäessä istutusaukot ja näin ehkäistessä uusien rikkakasvien taimettumista ja kasvua.

Sateinen vuosi suosii vihannesten rikkakasveja

Rikkakasvien kemiallisen ja fysikaalisen torjunnan onnistuminen riippuu rikkakasvien taimettumisajankohdasta, johon vaikuttavat mm. rikkakasvilajisto, sää ja maanpinnan muotoilu. Jotkin lajit, kuten jauhosavikka, taimettuivat kasvukauden alkuvaiheessa, minkä jälkeen taimettuminen laantui. Eräät lajit, esimerkiksi kylänurmikka, taimettuivat pitkän ajan kuluessa. Sääolot vaikuttivat taimettumiseen ja rikkakasvien lajikoostumukseen. Esimerkiksi savijakkärää taimettui runsaasti sateisina kesinä, mutta vain vähän kuivana ja lämpimänä kesänä. Rikkakasvien taimettuminen oli erilaista harjun eri osissa; jauhosavikka taimettui nopeammin ja runsaampana harjun päällä kuin sivuilla. Lajistosta ja käytettävissä olevista torjuntamenetelmistä riippuen rikkakasvien taimettumista voidaan pyrkiä joko aikaistamaan tai viivästäämään suhteessa viljelykasvin kehitykseen.

Vihannesten veden saannin turvaaminen keskeisintä

Kastelulannoitus ramppi- tai valutuskasteluna ei paranna vihannesten sadontuottoa verrattuna nykykäytäntöön. Maan liian alhainen ravinnepitoisuus viljelyn alussa heikentää kasvua. Sadontuoton kannalta keskeistä on kasvien veden saannin turvaaminen, minkä ohjaamiseen soveltuu maan kosteuden seuranta esimerkiksi tensiometreillä.

Vihannekset ottavat paljon kaliumia

Kaalikasvusto otti 2,5–4,5 kg typpeä, 0,4–0,6 kg fosforia ja 3,5–6,0 kg kaliumia satotonna kohden. Vaihtelu johtui lähinnä talvikaalin suuresta ulkolehtien määrästä verrattuna kerään. Porkkanakasvusto sisälsi satotonna kohden 2,0 kg typpeä, 0,3 kg fosforia ja 4,5–5,0 kg kaliumia. Sipuli otti satotonna kohden 2–3 kg typpeä, 0,3–0,5 kg fosforia ja 2–2,5 kg kaliumia. Kun sipulin kasvu ja sato olivat alhaiset, ravinteiden tarve satotonna kohden lisääntyi.

Kaalien typenottonopeus oli nopeimman kasvun vaiheessa 3–5 kg/ha/vrk, sipulin 2–3 kg/ha/vrk ja porkkanan 2 kg/ha/vrk. Fosforinottonopeus oli kaikilla kasveilla suurimmillaan 0,4–0,5 kg/ha/vrk. Kaliuminottonopeus nousi sipulin 3 kg:sta/ha/vrk kaalien ja porkkanan jopa 6 kg:aan/ha/vrk.

Vuonna 1998 aiheutti ravinteiden anto kasvin ottorytmin mukaan ilmeisesti ravinteiden puutetta pienen kaalin taimen ja sipulin läheisyydessä. Vuonna 1999 ravinteiden antorytmiä aikaistettiin, jolloin eroja ei enää juurikaan ilmennyt. Kastelulannoitus, jossa ravinteet jaettiin kasvukaudella kahden viikon välein, ei kuitenkaan ollut edullisempi kuin tavanomainen ravinteiden hajalevitys.

Sadonkorjuuaika ratkaisee vihannesten säilyvyyden

Lannoituskäsittelyiden vaikutus vihannesten varastoitavuuteen osoittautui hyvin pieneksi verrattuna sadonkorjuuajan merkitykseen. Aikainen sadonkorjuu lisäsi porkkanan varastohävikkiä ja liian aikainen tai myöhäinen korjuu sipulin hävikkiä. Keräkaalin säilyvyyteen ei korjuuajalla havaittu

selvää vaikutusta. Keräkaalin ja porkkanan sokeripitoisuudet ja keräkaalin C-vitaamiinipitoisuus olivat alimpia varhaisen korjuun sadossa.

Tietokoneohjelma viljelyn suunnittelun tueksi

Tavoitteenamme on ollut kehittää ohjelma, joka tukee viljelytekniikan suunnittelua ja kasvukauden aikaista tarkennettua päätöksentekoa. Ohjelma ei pyri korvaamaan kausittain tai muuten tuotettuja säätietopalveluja tai säätietoa hyödyntäviä ennustepalveluja. Pikemminkin ohjelma täydentää ja osittain jopa tukee keskitetysti tuotettujen verkkopalvelujen hyödyntämistä. Ohjelma on kehitetty tukemaan erityisesti porkkanan, keräkaalin, sipulin, mansikan ja omenan viljelyä. Ohjelmassa käsitellään kolmea viljelytekniikan osaa: lannoitusta, kastelua

sekä lämpösummaan perustuvaa tuholaisen ja viljelykasvin kehityksen ennustamista. Näitä osia tarkastellaan dynaamisesti koko kasvukauden ajalta.

Kasvien kastelun, lannoituksen, kasvin suojelelun ja sadon valmistumisen kuvaamiseksi tarvitaan monipuolista laskentatekniikkaa. Ohjelmaan on sisällytetty runsaasti perustietoa, jonka käyttö muuten olisi hankalaa tai mahdotonta. Muuttujina ovat mm. paikkakuntakohtaiset tilastolliset säätiedot, erilaisten lannoitteiden koostumukset, eri maalajien käyttäytyminen kastelussa, tyyppien vapautumisnopeus erityyppisissä maissa, kasvien keskimääräiset ravinnepitoisuudet sekä eri kasvilajikkeiden ja kasvintuhoojien lämpösummavaatimukset. Ohjelman käyttäjä voi lisäksi tallentaa omia tietoja esimerkiksi uusista lajikkeista ja senhetkisistä säätiedoista ja -ennusteista, joiden avulla voidaan ennustaa esimerkiksi sadon valmistumisaika, kastelutarve ja tiettyjen kasvintuhoojien riski.

Julkaisija



31600 JOKIOINEN

		Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 91	
		Julkaisuaika (kk ja vuosi) Helmikuu 2001	
Tekijä(t) Risto Tahvonen, Terhi Suojala ja Leija Sironen (toim.)		Tutkimushankkeen nimi	
		Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus	
Nimike Kasvukauden oloihin sopeutuva puutarhaviljely			
Tiivistelmä <p>Puutarhakasvien kasvun hallinta ja siihen liittyvät viljelytekniset ratkaisut ovat suurten ja laadukkaiden satojen avain. Olosuhteiden hallintaa ja päätöksentekoa voidaan auttaa kasvumalleilla, joiden soveltaminen avomaalle on haastavaa, koska vain osa kasvutekijöistä on ihmisen hallittavissa. Maatalouden tutkimuskeskuksessa vuosina 1998–2000 tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli laatia avomaalla viljeltävien puutarhakasvien kasvumalleja, joita voitaisiin hyödyntää nykyaikaisella tietotekniikalla.</p> <p>Tutkimuksessa viljeltiin tärkeimpiä kasveja nykytiedon mukaan parhailla viljelymenetelmillä. Erityinen paino oli kastelun hallinnassa ja kasteluun liittyvässä lannoituksessa. Tutkimuksessa hyödynnettiin myös vanhempia tutkimusaineistoja. Uusien ja vanhojen aineistojen avulla kuvattiin kasvien kasvua ja kehitystä, arvioitiin kasvintuhojen esiintymistä ja mallinnettiin kasvien veden ja ravinteiden ottoa. Viljelyn tueksi laadittiin malleja hyödyntävä tietokoneohjelma, joka tukee viljelytoimien suunnittelua ja kasvukauden aikaista päätöksentekoa.</p> <p>Kenttäkokeet osoittivat, että mansikan ja vihannesten hyvä kasvu edellyttää tasaista maan kosteutta ja että lannoitustavalla on usein paljon pienempi merkitys kuin vesitaloudella. Tihkukastelu osoittautui toimivaksi menetelmäksi mansikan kasteluun. Kokeissa määritettiin myös koekasvien ravinteiden otto. Kasvinsuojelututkimuksessa pääpaino oli rikkakasveissa, joiden taimettumisrytmi määritettiin sääoloiltaan erilaisina vuosina. Taimettumistietoa voidaan hyödyntää suunniteltaessa torjunnan oikeaa ajoitusta. Lisäksi taimettumista voidaan aikaistaa tai viivästyttää viljelyteknisin keinoin.</p>			
Avainsanat: puutarhakasvit, viljely, kastelu, kasvinsuojelu, keräkaali, lannoitus, mallit, mansikat, omena, porkkana, rikkakasvit, sipulit			
Toimintayksikkö Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö			
ISSN 1238-9935	ISBN 951-729-596-0	<input type="checkbox"/> Tuloksia voi soveltaa luomuviljelyssä	
Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339		Sivuja 79 s.	Hinta

Jyväs­kylän yliopisto­paine 2001
ISBN 951-729-596-0
ISSN 1238-9935