

Työryhmämuistio MMM 2005:9

**Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen
ja luonnonmukaisen maataloustuotannon
rinnakkaiselon mahdollistaminen Suomessa
Väliraportti**

Helsinki 2005

Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon ohjaustyöryhmälle

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 2.2.2004 asiantuntijatyöryhmän, joka sai tehtäväkseen valmistella suositukset toimenpiteiksi ja ohjeiksi muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistamiseksi Suomessa.

Työryhmän tehtävänä oli laatia selvitys 1) niistä agronomisista toimenpiteistä, jotka mahdollistavat viljelykasvien rinnakkaiselon, 2) rinnakkaiselon taloudellisista vaikutuksista ja vastuukysymyksistä, 3) alueellisen tason toimenpiteistä, joita olisi sovellettava Suomen olosuhteisiin soveltuville viljelykasvilajeille ja tuotantotyypeille (esim. kylvösiementuotanto vs. muu kasvituotanto), 4) hallinnollisista päätöksistä ja säädösmuutoksista, joita mahdollisesti on tehtävä sekä uusista käyttöön otettavista valvonta- ja tarkastusjärjestelmistä.

Maa- ja metsätalousministeriön nimeämän työryhmän puheenjohtajana toimi maatalousneuvos Kirsi Heinonen ja sihteerinä erikoistutkija Jussi Tammisola maa- ja metsätalousministeriön elintarvike- ja terveysosastosta. Jäseniksi nimettiin ylitarkastaja Juha Palonen (varaj. ylitark. Outi Kostama) ministeriön maatalousosastosta, ylitark. Tero Tolonen ministeriön elintarvike- ja terveysosastosta, ylitark. Erkki Vesanto (varaj. ylitark. Tuuli Pulkkinen) kasvintuotannon tarkastuskeskuksesta, prof. Alan Schulman (varaj. erikoistutkija Mia Sahramaa) maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksesta, leht. Mervi Seppänen (varaj. prof. Juha Helenius) Helsingin yliopistosta, pääsiht. Irma Salovuori (varaj. tutk. Jussi Joensuu) sosiaali- ja terveysministeriöstä, ylitark. Kirsi Törmäkangas (varaj. ylitark. Marja Ruohonen-Lehto) Suomen ympäristökeskuksesta, sekä ylitark. Eeva Fieandt (varaj. ylitark. Arja Kaiponen) elintarvikevirastosta.

Työryhmän tuli saattaa työnsä valmiiksi 30.12.2005 mennessä.

Asiantuntijatyöryhmä on laatinut lähinnä tehtäväksi saannin kohtiin 1, 3 ja 4 liittyvän väliraportin. Raporttiluonnoksesta on hankittu kahteen eri otteeseen ohjausryhmän kommentit. Asiantuntijatyöryhmä luovuttaa kunnioittavasti väliraporttinsa ohjaustyöryhmälle.

Helsingissä 31.5.2005

| | | | |
|----------------|-----------------|------------|----------------------|
| Puheenjohtaja: | Kirsi Heinonen, | Sihteerit: | Jussi Tammisola |
| Jäsenet: | Eeva Fieandt | | Juha Helenius |
| | Jussi Joensuu | | Arja Kaiponen |
| | Outi Kostama | | Juha Palonen |
| | Tuuli Pulkkinen | | Marja Ruohonen-Lehto |
| | Mia Sahramaa | | Irma Salovuori |
| | Alan Schulman | | Mervi Seppänen |
| | Tero Tolonen | | Kirsi Törmäkangas |
| | Erkki Vesanto | | |

Sisällysluettelo

| | |
|---|----|
| Asiantuntijatyöryhmän perustaminen..... | 4 |
| 1. TAUSTAA..... | 5 |
| 1. Suomen maatalous | 7 |
| 2. Luonnonmukainen maataloustuotanto Suomessa ja Euroopan unionissa | 8 |
| 3. Peltolohkojen koko Suomessa | 10 |
| 4. Suomen viljelyolot Tanskaan verrattuina | 11 |
| 5. Geenitekniikka ja muuntogeeniset viljelykasvit | 15 |
| 6. Siitepölyn kulkeutuminen, hedelmöitys ja geenivirta | 20 |
| 7. Gm-organismeja ja muuntogeenisiä tuotteita koskevat säädökset | 25 |
| Muuntogeenisten organismien levittäminen ympäristöön..... | 25 |
| Muuntogeeniset elintarvikkeet ja rehut, merkintä ja jäljitettävyys | 26 |
| Muuntogeenisten tuotteiden hyväksyminen EU:ssa | 28 |
| Kylvösiementuotanto | 30 |
| Luonnonmukainen tuotanto | 31 |
| Cartagenan bioturvallisuuspöytäkirjan velvoitteet | 31 |
| 2. YLEISET AGRONOMISET TOIMENPITEET | 32 |
| 1. Maanmuokkaus, kylvö ja sadonkorjuu | 32 |
| 2. Sadon kuljetus, kuivaus ja varastointi | 35 |
| 3. Tietojen vaihto naapurustojen välillä..... | 36 |
| 4. Koulutus..... | 36 |
| 5. Koneyhteistyö | 37 |
| 6. Kylvösiementuotanto | 37 |
| 3. EHDOTUKSET KASVILAJIKOHTAISIKSI AGRONOMISIKSI TOIMENPITEIKSI | 39 |
| 1. Ohra, vehnä ja kaura | 39 |
| 2. Ruis | 42 |
| 3. Rypsi ja rapsi | 46 |
| 4. Sokerijuurikas | 52 |
| 5. Peruna | 54 |
| 6. Nurmikasvit | 58 |
| 4. LAINSÄÄDÄNTÖTARPEET | 61 |
| 5. LÄHDEKIRJALLISUUTTA | 62 |
| Liite A. Jalostuksen teknisiä ja biologisia keskustelukysymyksiä | 73 |
| Geenin sijaintipaikka perimässä | 73 |
| Geenin toiminnan stabiilisuus | 74 |
| Valinnan apugeenit | 75 |
| Jalostuksen hallittavuus | 76 |
| Jalostettu ominaisuus on biologisesti merkittävä | 77 |
| Ekologia | 77 |
| Allergiat | 81 |
| Geenin alkuperä | 82 |
| Kasvinjalostuksen teoria | 82 |

Asiantuntijatyöryhmän perustaminen

Maa- ja metsätalousministeriö asetti 2.2.2004 asiantuntijatyöryhmän, joka sai tehtäväkseen valmistella suositukset toimenpiteiksi ja ohjeiksi muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistamiseksi Suomessa.

Työryhmän tehtävänä oli laatia selvitys:

- 1) niistä agronomisista toimenpiteistä, jotka mahdollistavat viljelykasvien rinnakkaiselon. Selvityksen oli perustuttava tieteelliseen näyttöön muuntogeenisten ja muiden viljelykasvien sekoittumisen todennäköisyydestä ja sekoittumisen lähteistä.
- 2) rinnakkaiselon taloudellisista vaikutuksista ja vastuukysymyksistä. Rinnakkaiselotoimenpiteiden on oltava toimivia ja kustannustehokkaita. Toimenpiteistä ei saa aiheutua kohtuuttomia taloudellisia vaikutuksia viljelijöille ja kylvösiemenen tuottajille. Työryhmän oli lisäksi selvitettävä Suomen vahinkovastuulainsäädäntöä ja tarjoaako se riittävät ja yhtäläiset mahdollisuudet eri osapuolille harjoittaa elinkeinoaan;
- 3) alueellisen tason toimenpiteistä, joita olisi sovellettava Suomen olosuhteisiin soveltuville viljelykasvilajeille ja tuotantotyypeille (esim. kylvösiementuotanto vs. muu kasvituotanto). Alueellisina näkökohtina tuli lisäksi ottaa huomioon muuntogeenisten kasvien osuus, niiden lukumäärä ja tyyppi alueella, ilmasto-olot, viljelymaan pinnanmuodostus, viljelykierto ja maatilarakenne sekä ympäröivät rakenteet, kuten metsät, viljelemättömät alueet ja peltojen sijoittuminen;
- 4) hallinnollisista päätöksistä ja säädösmuutoksista, joita mahdollisesti on tehtävä sekä uusista käyttöön otettavista valvonta- ja tarkastusjärjestelmistä.

Asiantuntijatyöryhmän kokoonpanoksi määrättiin:

puheenjohtajaksi maatalousneuvos Kirsi Heinonen ja sihteeriksi erikoistutkija Jussi Tammissola maa- ja metsätalousministeriön elintarvike- ja terveysosastosta; sekä jäseniksi ylitarkastaja Juha Palonen (varaj. ylitark. Outi Kostama) ministeriön maatalousosastosta, ylitark. Tero Tolonen ministeriön elintarvike- ja terveysosastosta, ylitark. Erkki Vesanto (varaj. ylitark. Tuuli Pulkkinen) kasvintuotannon tarkastuskeskuksesta, prof. Alan Schulman (varaj. erikoistutkija Mia Sahramaa) maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksesta, leht. Mervi Seppänen (varaj. prof. Juha Helenius) Helsingin yliopistosta, pääsiht. Irma Salovuori (varaj. tutk. Jussi Joensuu) sosiaali- ja terveysministeriöstä, ylitark. Kirsi Törmäkangas (varaj. ylitark. Marja Ruohonen-Lehto) Suomen ympäristökeskuksesta, sekä ylitark. Eeva Fieandt (varaj. ylitark. Arja Kaiponen) elintarvikevirastosta.

Ryhmä rajasi työnsä käsittämään maa- ja elintarviketuotannon ketjun alkuosan siihen vaiheeseen asti, jolloin viljelijä on saanut sadon sijoitetuksi varastoon (eli "pellolta laariin").

Työryhmän tuli saattaa työnsä valmiiksi 30.12.2005 mennessä.

Ohjaustyöryhmä

Asiantuntijatyöryhmän työtä ohjasi tarkoitusta varten 2.2.2004 perustettu ohjaustyöryhmä, jossa olivat laajasti edustettuina myös sidosryhmät ja kansalaisjärjestöt. Ohjausryhmä sai tehtäväkseen antaa suositukset toimenpiteiksi ja ohjeiksi muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselon mahdollistamiseksi Suomessa.

Työryhmän tehtävänä oli laatia ehdotukset:

- 1) niistä agronomisista toimenpiteistä, jotka mahdollistavat viljelykasvien rinnakkaiselon;

- 2) alueellisen tason toimenpiteistä, joita olisi sovellettava tietyille viljelykasvilajeille tai tuotantotyypeille (esim. siementuotanto vs. muu kasvintuotanto). Alueellisina näkökohtina tulisi lisäksi ottaa huomioon muuntogeenisten kasvien osuus, lukumäärä ja tyyppi alueella, ilmasto-olot, viljelymaan pinnanmuodostus, viljelykierto ja maatilarakenne sekä ympäröivät rakenteet, kuten metsät, viljelemättömät alueet ja peltojen sijoittuminen;
- 3) hallinnollisista päätöksistä ja säädösmuutoksista, joita mahdollisesti on tehtävä sekä uusista käyttöön otettavista valvonta- ja tarkastusjärjestelmistä sekä
- 4) selvitettävä kansalliset vahinkovastuuperusteet.

Ohjaustyöryhmän kokoonpanoksi määrättiin:

puheenjohtajaksi ylijohtaja Matti Aho ja sihteeriksi maatalousneuvos Kirsi Heinonen ja erikoistutkija Jussi Tammisola maa- ja metsätalousministeriön elintarvike- ja terveysosastosta; sekä jäseniksi maatalousneuvos Leena Hömmö ministeriön maatalousosastosta, pääsihteeriksi Irma Salovuori sosiaali- ja terveysministeriöstä (varajäsen tutkija Jussi Joensuu), budjettineuvos Kati Suihkonen valtionvarainministeriöstä (varajäsen neuvotteleva virkamies Seija Kivinen), ylitarkastaja Jyrki Pitkäjärvi ympäristöministeriöstä, kaupallinen neuvos Leena Mannonen kauppa- ja teollisuusministeriöstä (varajäsen neuvotteleva virkamies Anne Haikonen), asiamies Minna Oravuo Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry:stä (varajäsen johtaja Markku Suojanen), asiamies Rikard Korkman Svenska Lantbruksproducenternas Centralförbund rf:stä, johtaja Pasi Lähdetie Elintarviketeollisuusliitto ry:stä, tuoteryhmäpäällikkö Sari Peltonen ProAgria Maaseutukeskusten Liitto Ry:stä (varajäsen kehityspäällikkö Kaisa Tolonen), kehitysjohtaja Kaarlo Kinnunen Svenska lantbrukssällskapens förbund rf:stä, asiamies Martti Kinnari Siemenkauppiaitten Yhdistys ry:stä (varajäsen tohtori Tapio Lahti), erikoisviljelyagronomi Esa Partanen Luomuliitto ry:stä (varajäsen toiminnanjohtaja Arja Peltomäki), agronomi (amk) Hannes Tuohiniitty Suomen luonnonsuojeluliitto ry:stä (varajäsen tohtori Liisa Kuusipalo), professori Matti Sarvas biotekniikan neuvottelukunnasta (varajäsen tohtori Reetta Kettunen), jalostaja Mika Hyövelä Boreal Kasvinjalostus Oy:stä (varajäsen jalostaja Elna Tuomola), osastopäällikkö Saara Hassi Suomen Bioteollisuus FIB:stä (varajäsen johtaja Kari Puukko).

Ohjaustyöryhmän tuli saattaa työnsä valmiiksi 30.12.2005 mennessä.

1. TAUSTAA

Euroopan Unionin komissio on antanut suosituksen¹ ohjeista kansallisten strategioiden ja parhaiden käytänteiden laatimiseksi eri tuotantomuotojen rinnakkaiseloja varten viljeltäessä muuntogeenisiä viljelykasveja sekä tavanomaisia tai luonnonmukaisesti tuotettavia lajikkeita (EU 2003b). Suosituksen periaatteiden mukaan viljelijöiden pitäisi voida viljellä haluamallaan viljelytavalla: muuntogeenisiä lajikkeita, tavanomaisella tuotantotavalla tuotettuja lajikkeita tai luonnonmukaisella tuotantotavalla tuotettuja lajikkeita. Edelleen komission mukaan kysymys liittyy myös kuluttajien valinnan mahdollisuuksiin. Jotta Euroopan kuluttajilla olisi todellinen mahdollisuus valita eri tavalla tuotettujen elintarvikkeiden välillä, eivät lainsäädännön uudet jäljitettävyyttä- ja merkintävaatimukset yksistään riitä, vaan maatalouden on myös tuotettava erilaisia ja eri tavalla tuotettuja hyödykkeitä.

Rinnakkaiselo liittyy siihen, voivatko maanviljelijät valita käytännössä tavanomaisten viljelykasvien, luonnonmukaisesti tuotettujen viljelykasvien ja muuntogeenisten viljelykasvien tuotannon

¹ Komission suositus (2003/556/EY), annettu 23 päivänä heinäkuuta 2003.
<http://honeybee.helsinki.fi/esgemo/raportit/suositus.pdf>

välillä noudattamalla merkintöjä ja/tai puhtautta koskevia lainsäädännöllisiä vaatimuksia. Pyrkimyksenä on, etteivät kynnsarvot normaalisti ylittyisi niillä viljelijöillä, joiden tuote ei muutoin edellyttäisi gm-merkintää.

On huomattava, että kyse on EU:ssa virallisesti viljelyyn hyväksytyistä lajikkeista, jotka ovat jo käyneet hyväksyttävästi läpi geenitekniikkasäädännön vaatimat ympäristövaikutusten arvioinnit. Komissio korostaakin suosituksessaan, että rinnakkaiselosäädösten ei tule ottaa kantaa gm-kasvien ympäristövaikutuksiin, vaan niillä pyritään ratkaisemaan eri tuotantomuotojen rinnakkaisessa soveltamisessa esiin nousevia talouskysymyksiä.

Erityyppisten tuotantomuotojen rinnakkainen käyttö ei ole uusi asia maanviljelyssä. Esimerkiksi kylvösiementen tuotannossa on paljon kokemusta puhtaus- ja aitousvaatimusten noudattamisen varmistamiseksi tarkoitetuista viljelykäytännöistä.

Rinnakkaiselon yhtenä yleisperiaatteena on komission suosituksen mukaan oltava, että sen, joka tuo uuden tuotantotavan jollekin alueelle², on huolehdittava niistä viljelytoimenpiteistä, jotka ovat alueella tarpeen geenivirran rajoittamiseksi. Rinnakkaiselon onnistuminen edellyttää kuitenkin, että viljelijät toteuttavat laajaa yhteistyötä lähinaapurien kesken, riippumatta siitä, kuka on tuonut uusimman tuotantotavan alueelle.

Yksi keskeisimmistä kysymyksistä on lajikkeiden tai lajien risteytyminen keskenään. Tästä aiheutuva geenivirta niiden välillä voidaan vähentää eri toimenpiteillä, mutta silloin on kiinnitettävä erityistä huomiota kunkin lajin risteytymisominaisuuksiin ja biologiseen yhteensopivuuteen, keskinäiseen kilpailuun pölytyksestä sekä siemenen tuottamiseen. Myös luontaisilla esteillä, kuten peltoaukeiden välissä olevilla metsillä ja vesialueilla, on varsin suuri merkitys niiden kasvilajien geenivirtojen vähentämisessä, joille ei välimaastossa ole luontaisia esiintymiä tai helposti risteytyviä luontaisia sukulaislajeja.

Ulkopuolisten pölyttäjäeliöiden varassa olevien kasvien merkittävimmät pölyttäjät ovat hyönteiset. Näiden kasvien siitepöly on painavaa ja tahmeaa, kun taas tuulipölytteisten kasvien siitepöly on kevyttä ja heikosti tarttuvaa. Tuulipölytteisiä kasveja ovat mm. viljat ja heinäkasvit. Mehiläiset ja kimalaiset ovat tärkeimmät pölyttäjähyönteiset. Mehiläisten lentosäde on suuri. Ne voivat suotuisissa oloissa pölyttää pesästä kaukanakin olevia kasvustoja. Yleisesti ottaen hyönteiset saattavat aiheuttaa satunnaista risteytymistä kauemmas kuin tuuli.

Ristipölytteisten lajikkeiden välinen risteytyminen on yleisempää kuin itsepölytteisten. Sama koskee myös eri kasvilajeja. Todennäköisyys, että hyvin voimakkaasti itsepölytteiset lajit risteytyisivät keskenään, on vähäinen. Toisaalta täysin ristipölytteisiä tai täysin itsepölytteisiä lajeja ei ole montakaan. Lajien välillä tapahtuu useimmiten ainakin jonkinlaista pölyttymistä. Lajien risteytyminen on kuitenkin yleensä vaikeaa tai mahdotonta, sillä pölytys ei johda hedelmöitykseen tai elinkykyisiä siemeniä ei muodostu geneettisten risteytymisestensä takia.

Toinen keskeinen tekijä on siementen sekoittumisesta tai jääntikasveista aiheutuva lajikepuhtauden väheneminen viljelyn yhteydessä. Tahatonta sekoittumista voidaan vähentää muun muassa käyttämällä korkealaatuista, sertifioitua kylvösiementä. Jos tila käyttää omaa kylvösiementä, se kannattaa korjata viljelyksen niistä osista, missä sekoittuminen naapuriviljelyksen aineistoon on vähäisintä. Kylvö- ja korjuulaitteistojen sekä pellon työkoneiden puhdistuksella voidaan vähentää siementen

² Komission suosituksessa ei ole määritelty, missä vaiheessa uuden viljelytavan katsotaan tulleen vakiintuneeksi. Painopiste on lähitulevaisuudessa, joten kansallisessa työssä toivotaan keskittävän niihin kasveihin, joilla muuntogeenisiä sovelluksia voi ensi vaiheessa olla odotettavissa viljelyyn jäsenvaltioissa.

kulkeutumista peltojen välillä, ja huolellinen ja suunnitelmallinen korjuu vähentää maahan varisevia siemeniä. Oikein suunniteltu peltojen jälkikäsitely ja rikkakasvien torjunta vähentää jäätikasveja ja tarpeetonta geenivirtaa viljelmällä.

Näitä kysymyksiä käsitellään yksityiskohtaisesti luvuissa 2 ja 3 Tarkastelussa mennään tarpeen mukaan lajitasolle, jotta voidaan toimeksiannon mukaisesti ehdottaa kulloinkin tarvittavia agronomisia toimenpiteitä.

Työ nojaa laajasti tieteelliseen kirjallisuuteen (ks. luku 5. Lähdekirjallisuutta), ja siinä on päästy hyödyntämään myös joulukuussa 2004 valmistunutta Biotekniikan neuvottelukunnan rinnakkaiselomietintöä (BTNK 2004).

1. Suomen maatalous

Maataloutemme nykytilaa kuvaavan luvun tilastotiedot ovat peräisin lähteestä MTTL (2004), ellei toisin ole merkitty.

Suomen pinta-ala on 33,8 milj. ha, josta käytössä olevaa maatalousmaata on noin 2,2 milj. ha (6,5 prosenttia). Viljelty ala (ml. kesanto) on yhteensä 2 212 000 ha. Viljelty ala on kasvanut tasaisesti yhteensä 89 800 ha vuodesta 1996.

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen tilaston mukaan vuonna 2004 maatalousmaan käyttö oli pääpiirteissään seuraava: viljakasvit noin 54 prosenttia, nurmet noin 30 prosenttia kesanto noin 9 prosenttia sekä muut viljelykasvit (kuten peruna, sokerijuurikas, rypsi ja rapsi) noin 8 prosenttia.

Rypsin ja rapsin viljelyala oli noin 82 000 hehtaaria (3,7 prosenttia käytössä olevasta maatalousmaasta) ja perunan noin 29 000 hehtaaria (1,3 prosenttia käytössä olevasta maatalousmaasta) (TIKE 2004). Viimeisten viiden vuoden aikana viljakasviala on lisääntynyt viisi prosenttia kun vastaavasti nurmikasviala on vähentynyt kuusi prosenttia.

Vuonna 2003 Suomessa oli yli yhden peltohehtaarin suuruisia, tukea hakeneita maatiloja kaikkiaan 72 000 kappaletta. Ajanjaksolla 1995 - 2003 mautilojen määrä on vähentynyt 25 prosenttia; 95 562 tilasta on lopettanut 23 562 tilaa.

Maatalouden tuotantorakenne tilamäärällä mitattuna on muuttunut huomattavasti EU-jäsenyyden aikana. Kotieläintilojen osuus kaikista tiloista on vähentynyt ja samalla kasvinviljelytilojen osuus on selvästi kasvanut. Vuonna 2003 tukea hakeneista tiloista 39 prosenttia oli kotieläintiloja ja noin 57 prosenttia kasvintuotanto- yms. tiloja.

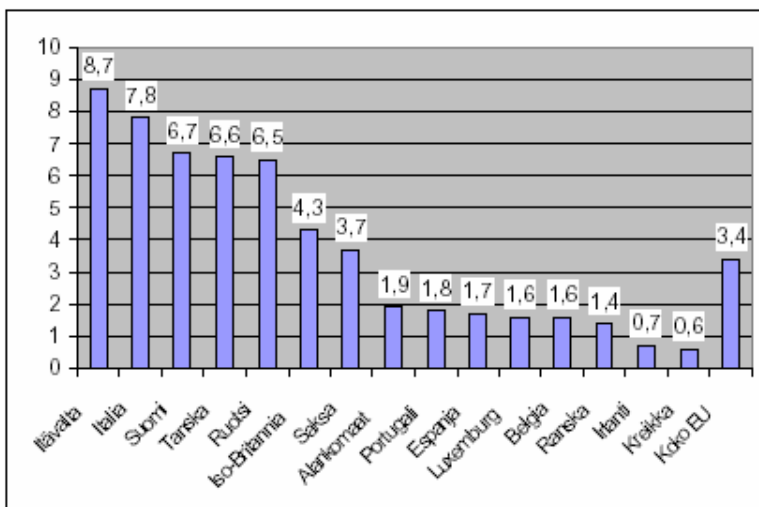
Tilamäärän vähentyessä on tilojen keskikoko suurentunut. Vuosina 1995 - 2003 tukea saaneiden tilojen keskikoko on kasvanut 36 prosentilla 22,8 peltohehtaarista 31,0 hehtaariin. Tilojen viljelyksessä oleva peltoala on kasvanut enemmän pellon vuokrauksen kautta kuin lisäpeltokaupoilla. Vuonna 2003 tukea saaneiden tilojen viljelyksessä olleesta 2,23 milj. hehtaarista 39 prosenttia oli vuokrapeltoa.

Maataloustuotanto perustuu Suomessa lähes yksinomaan perheviljelmiin. Tukea saaneista tiloista 88,6 prosenttia on yksityishenkilöiden ja 10,5 prosenttia perikuntien sekä perheyhtiöiden ja -yhtymien omistuksessa. Osuuskunnat, osakeyhtiöt ja tuotantorenkaat omistivat 0,8 prosenttia tiloista

sekä valtio, kunnat, koulut ja seurakunnat 0,1 prosenttia. Viljelijöiden keski-ikä tukea saaneilla tiloilla on 49 vuotta.

2. Luonnonmukainen maataloustuotanto Suomessa ja Euroopan unionissa

Koko EU-alueella luonnonmukaisesti viljeltyä alaa oli vuonna 2001 noin 4,3 milj. hehtaaria, mikä on 3,4 % EU:n koko peltoalasta (kuva 1). Luonnonmukaisessa tuotannossa olevat peltoalat ovat lisääntyneet voimakkaasti koko 1990-luvun. Keskimääräinen vuotuinen kasvuprosentti EU:ssa oli 26 % vuosina 1993 - 2001. Tällä hetkellä EU-maat jakaantuvat karkeasti ottaen kahteen kategoriaan; niihin, joissa luomualojen kasvuprosentit edelleen ovat huomattavan suuret ja niihin, joissa kasvu on taantunut (MMM 2005).



Kuva 1. Luonnonmukainen viljely EU:n jäsenmaissa 2001 prosenttiosuutena ko. maan koko peltoalasta (Hamm & Gronefeld 2004).

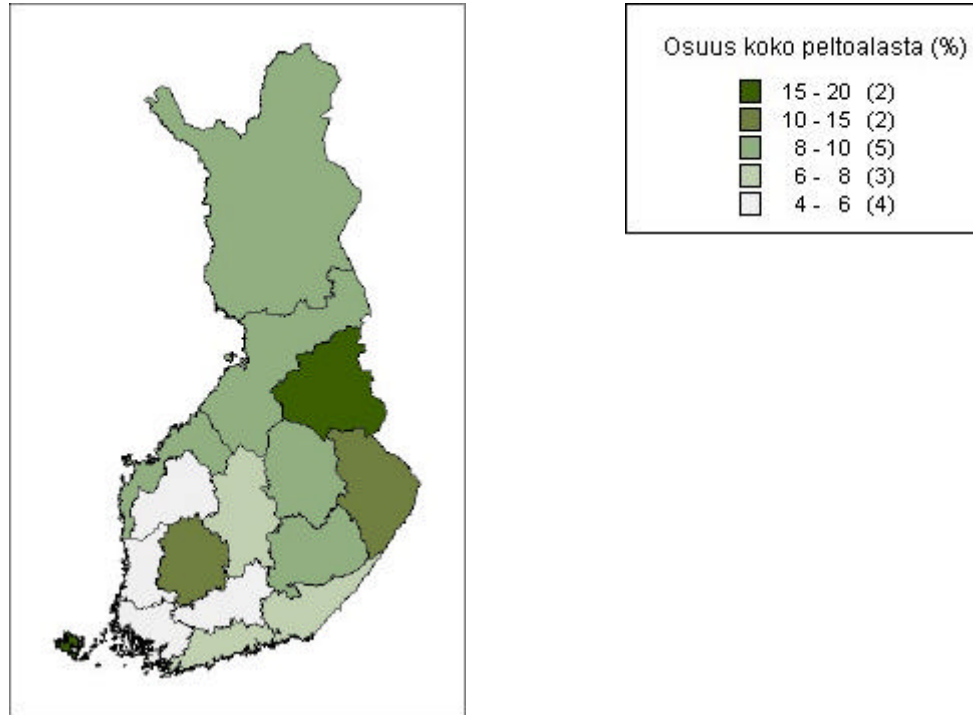
Vuonna 2004 luonnonmukaisessa viljelyssä ja siirtymävaiheessa olevaa peltoa oli 7,6 prosenttia koko Suomen viljelyalasta eli noin 169 000 hehtaaria. Luonnonmukaisesti viljeleviä tiloja oli vuonna 2004 noin 4 900. Viljelyalan kasvu on viime vuosina hidastunut, syinä mm. luomuviljan heikko markkinatilanne ja tuotannon suhteellisen kannattavuuden heikkeneminen.

Luonnonmukaista tuotantoa koskeva neuvoston asetus (ETY) N:o 2092/91, muutettuna neuvoston asetuksella (EY) N:o 1804/99, kieltää gm-organismien ja niiden johdannaisten käytön elintarvikkeina, elintarvikkeiden ainesosina, elintarvikkeiden lisäaineina, valmistuksen apuaineina, rehuina, rehuseoksina, rehuaineina, rehun lisäaineina rehujen valmistuksen teknisinä apuaineina, kasvin-suojeluaineina, lannoitteina, maanparannusaineina, kylvösiemeninä, kasvullisena lisäysaineistona ja eläiminä.

Luonnonmukaisen tuotannon pysyvässä komiteassa voidaan päättää luomutuotteita koskevista kynnyksarvoista. Kynnyksarvoa ns. tahattomalle kontaminaatiolle ei kuitenkaan ole asetettu. Luomutuotteita koskevat komission tulkinnan mukaan siis toistaiseksi samat kynnyksarvot kuin muitakin rehuja ja elintarvikkeita. Myöskään luonnonmukaisesti tuotetuille kylvösiemenille ei kynnyksarvoja ole vielä asetettu (ks. 1.7. Gm-organismeja ja muuntogeenisiä tuotteita koskevat säädökset, *Kylvösiementuotanto*).

Luomutilojen alueellinen jakaantuminen

Eniten luomutiloja ja luonnonmukaisesti viljeltyä alaa on Pohjanmaalla, Pirkanmaalla, Varsinais-Suomessa ja Uudellamaalla. Luonnonmukaisesti viljellyn alan osuus koko peltoalasta oli suurin Kainuussa, Ahvenanmaalla, Pohjois-Karjalassa ja Pirkanmaalla (kuva 2, taulukko 1).



Kuva 2. Luomutilojen osuus koko peltoalasta [%] (KTTK 2004). Kaavio: Jukka Lahtinen 2005.

Taulukko 1. Luomutilojen alueellinen jakaantuminen, osuus kaikista tiloista, luonnonmukaisesti viljelty ala ja osuus koko peltoalasta v. 2004. (KTTK 2004)

| TE-keskus | Tiloja | Osuus kaikista tiloista [%] | Ala [ha] | Osuus koko peltoalasta [%] |
|----------------------|--------|-----------------------------|----------|----------------------------|
| 01 Uusimaa | 388 | 8,3 | 13 258 | 7,2 |
| 02 Varsinais-Suomi | 398 | 5,0 | 16 161 | 5,6 |
| 03 Satakunta | 234 | 4,5 | 8 553 | 5,6 |
| 04 Häme | 209 | 4,0 | 7 500 | 4,0 |
| 05 Pirkanmaa | 471 | 9,5 | 16 484 | 11,1 |
| 06 Kaakkois-Suomi | 274 | 5,9 | 10 555 | 7,6 |
| 07 Etelä-Savo | 297 | 8,4 | 6 637 | 9,2 |
| 08 Pohjois-Savo | 405 | 7,8 | 13 721 | 9,8 |
| 09 Pohjois-Karjala | 330 | 10,8 | 11 220 | 13,2 |
| 10 Keski-Suomi | 233 | 6,1 | 6 077 | 6,6 |
| 11 Etelä-Pohjanmaa | 361 | 4,4 | 11 429 | 4,8 |
| 12 Pohjanmaa | 533 | 7,8 | 17 526 | 9,2 |
| 13 Pohjois-Pohjanmaa | 505 | 8,3 | 19 776 | 9,7 |
| 14 Kainuu | 110 | 9,1 | 4 650 | 15,8 |
| 15 Lappi | 84 | 4,1 | 3 409 | 8,2 |
| 20 Ahvenanmaa | 107 | 16,3 | 2 046 | 15,5 |
| Yhteensä | 4939 | 6,9 | 160 021 | 7,6 |

Pellonkäyttö

Leipäviljojen, ruokaherneen, öljykasvien, perunan ja puutarhakasvien osuus koko luonnonmukaisesti viljellystä alasta on noin 15 prosenttia. Suurin osa alasta käytetään rehuntuotantoon kuten tavanomaisessakin viljelyssä Suomessa. Pellonkäytössä luonnonmukaiseen tuotantoon ei ole viime vuosina tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Taulukko 2. Pellonkäyttö luomutuotantoon hyväksytyllä alalla v. 2002 (KTTK 2004)

| | Viljelyala [ha] | Osuus ¹ [%] |
|--------------------|-----------------|------------------------|
| Leipäviljat | 14 909 | 11 |
| Rehuviljat | 39 247 | 29 |
| Palkoviljat | 1 953 | 1,4 |
| Öljykasvit | 2 655 | 2 |
| Peruna | 616 | 0,4 |
| Avomaanvihannekset | 303 | 0,2 |
| Nurmi | 52 972 | 39 |
| Kesanto | 20 182 | 15 |
| Muut kasvit | 2 597 | 2 |
| Yhteensä | 135 434 | 100 |

¹ Kasvin viljelyalan osuus luomutuotannossa olevasta kokonaispeltoalasta

3. Peltolohkojen koko Suomessa

Viljelysten suuri koko vähentää suhteellisesti sekoittumisen ja geenivirran määrää niiden välillä (ks. 2.1., kohta *Tahattoman risteytymisen vähentäminen*). Joitakin viitteitä viljelysten koosta voi ehkä antaa lohkokoko (taulukot 3 ja 4). Lohko on kuitenkin vain kirjauksen yksikkö, ja kasvilajin yhtenäisten viljelysten tosiasialliset koot voivat olla paljon suurempia tai pienempiä. Peruslohkot jakautuvat usein kasvulohkoihin, jolloin samalla peruslohkolla voi olla useampaa kuin yhtä kasvia. Toisaalta useammalla vierekkäisellä lohkolla voidaan kasvattaa samaa lajiketta.

Taulukko 3. Peruslohkojen keskikoko¹ TE-keskuksittain v. 2001 lopussa (Lahtinen 2005)

| TE-keskus | Peruslohkojen keskikoko [ha] |
|-------------------|------------------------------|
| Uusimaa | 3,23 |
| Varsinais-Suomi | 3,05 |
| Satakunta | 2,42 |
| Häme | 3,10 |
| Pirkanmaa | 2,16 |
| Kaakkois-Suomi | 2,36 |
| Etelä-Savo | 1,84 |
| Pohjois-Savo | 2,27 |
| Pohjois-Karjala | 2,29 |
| Keski-Suomi | 2,03 |
| Etelä-Pohjanmaa | 2,16 |
| Pohjanmaa | 2,05 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 2,41 |
| Kainuu | 1,80 |
| Lappi | 1,76 |
| Ahvenanmaa | 1,36 |
| Koko maa | 2,39 |

¹Lohkot, joilla oli kasvulohkoja vuonna 2001 ja niitä ei ole passivoitu ja maankäyttölaji oli pelto.

Taulukko 4. Peltotilusrakenne maakunnittain otantakuntien* tulosten perusteella. (Aktiivitulojen käytössä kotikunnassaan olevat cap-tuen piiriin kuuluvat pellot.) (Ylikangas 2004)

| Maakunta | Keskikoko [ha] | | Lohkoista [%] | |
|-------------------|----------------|-------|---------------|--------|
| | tila | lohko | < 2 ha | > 5 ha |
| Etelä-Savo | 19,3 | 1,73 | 75,0 | 4,6 |
| Pohjanmaa | 22,3 | 1,89 | 67,2 | 6,5 |
| Lappi | 20,2 | 1,91 | 67,0 | 7,8 |
| Etelä-Karjala | 25,5 | 1,97 | 66,0 | 7,1 |
| Kainuu | 28,0 | 1,99 | 68,8 | 8,0 |
| Etelä-Pohjanmaa | 27,3 | 2,04 | 63,6 | 7,3 |
| Pohjois-Karjala | 25,2 | 2,11 | 64,2 | 9,0 |
| Keski-Suomi | 25,5 | 2,12 | 63,3 | 9,2 |
| Pirkanmaa | 29,0 | 2,27 | 63,2 | 11,0 |
| Keski-Pohjanmaa | 27,6 | 2,29 | 60,3 | 10,4 |
| Satakunta | 28,6 | 2,41 | 60,8 | 11,7 |
| Pohjois-Savo | 27,1 | 2,46 | 58,1 | 12,1 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 34,7 | 2,75 | 54,6 | 15,8 |
| Kymenlaakso | 29,0 | 2,83 | 54,7 | 16,3 |
| Päijät-Häme | 33,0 | 2,93 | 55,1 | 16,9 |
| Varsinais-Suomi | 36,3 | 2,96 | 54,6 | 17,1 |
| Itä-Uusimaa | 35,4 | 3,05 | 52,9 | 18,0 |
| Kanta-Häme | 33,6 | 3,21 | 51,4 | 20,0 |
| Uusimaa | 39,0 | 3,77 | 49,5 | 21,6 |

* Otoksessa 2-4 valittua kuntaa maakunnittain aineistosta TIKE, Maatilarekisteri 2001–2003.

Tanskassa peltolohkot ovat suurempia kuin Suomessa, mutta tämän merkitys rinnakkaiselon sekoittumisongelman kannalta jää epäselväksi. Taloudellisessa suhteessa lohkojen keskikoon kasvattaminen nähtäisiin edulliseksi myös Suomessa (Ylikangas 2004). Mikäli tämä samalla suurentaisi kasvilajikkeen yhtenäisen viljelyksen keskikokoa, se saattaisi merkitä myös suhteellisen sekoittumisen vähenemistä eri tuotantomuotojen rinnakkaiselossa.

Lohkojen koon kasvattaminen on kuitenkin monissa tapauksissa vaikeaa, koska peruslohkolla tarkoitetaan maantieteellisesti yhtenäistä viljelyaluetta, jota rajoittaa esimerkiksi kunnan raja, tukivyöhykkeen raja, vesistö, reunaoja, tie tai metsä.

4. Suomen viljelyolot Tanskaan verrattuina

Tämän raportin pohjana on käytetty Tanskan rinnakkaiseloa koskevan selvityksen tuloksia (DIAS 2003). Siksi on selvitetty ja otettu tarkasteluissa mahdollisuuksien mukaan huomioon Suomen erityispiirteitä Tanskan oloihin verrattuna.

Erot ilmasto-oloissa (kasvukauden pituus, talven ankaruus) vaikuttavat muun muassa lajikkeiston valintaan sekä syys- ja kevätkuotojen viljelyn yleisyyteen. Jopa sellainen suure kuin syksyn sademäärä vaikuttaa varisseiden siementen talvehtimiseen ja siten jäätikasvien yleisyyteen pellolla.

Toisin kuin Suomessa, Tanskassa on viljelyssä paljon valinnan varaa, koska Euroopassa yleisesti viljeltävät lajikkeet soveltuvat tavallisesti myös Tanskaan. Suomessa ei voida käytännössä viljellä syyskuotoja eräistä kasvilajeista, kuten rapsista.

Tanskassa ilmasto on mereinen: tuulinen, sateinen ja lauha. Talvet ovat paljon leudompia ja kasvukausi oleellisesti pidempi kuin Etelä-Suomessa. Suomessa taas on kesä - heinäkuussa hieman aurinkoisempaa ja päivä on pidempi.

| Taulukko 5. Etelä-Suomen* ja Tanskan ilmaston eroja maataloustuotannon kannalta | | |
|--|-------------|-------------|
| | Etelä-Suomi | Tanska |
| Vuoden keskilämpötila [°C] | 3,6 | 7,9 |
| Keskimääräinen vrk:n maksimilämpötila kuumimmassa kuussa ¹ | 21,0 | 19,3 |
| Keskimääräinen vrk:n minimilämpötila kylmimmässä kuussa ² | -12,0 | -1,8 |
| Auringonpaiste kesä-heinäkuussa [h] | 545 | 456 |
| [% päivän pituudesta] | 47,0 | 43,2 |
| Päivän pituus auringon noususta laskuun ³ [h] | 18:59 | 17:17 |
| Tuulen keskinopeus kesä - heinäkuussa [m/s] | 3,4 | 5,1 |
| Vuoden sademäärä [mm] | 608 | 727 |
| Kasvukauden lämpösumma ⁴ | 1100 - 1300 | 1350 - 1700 |

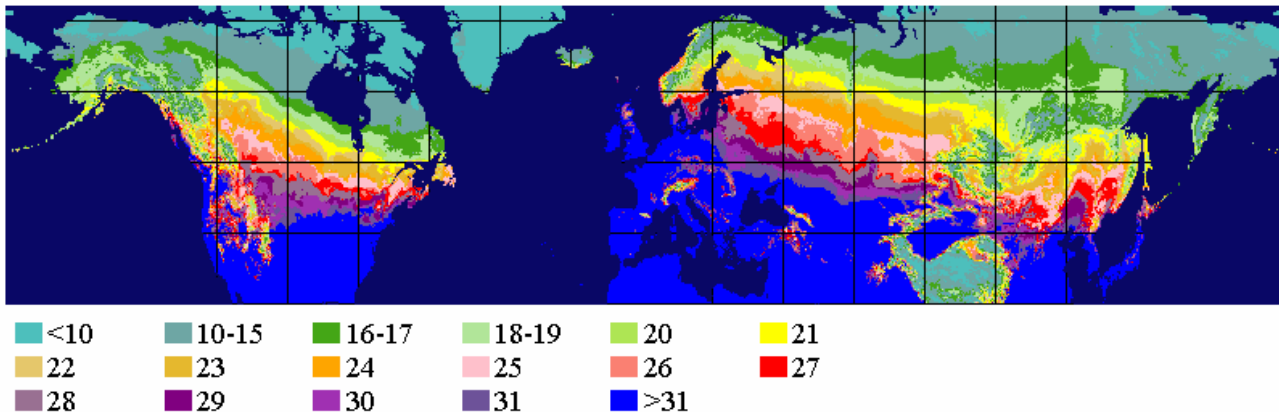
* Turku, Helsinki, Niinisalo, Jokioinen, Lappeenranta, Vaasa, Jyväskylä, Joensuu; Tanskassa 15 sääasemaa yli koko maan. Tulokset ovat keskiarvoja vuosilta 1961 - 90 (WMO 1996)

¹ Suomessa heinäkuu, Tanskassa elokuu

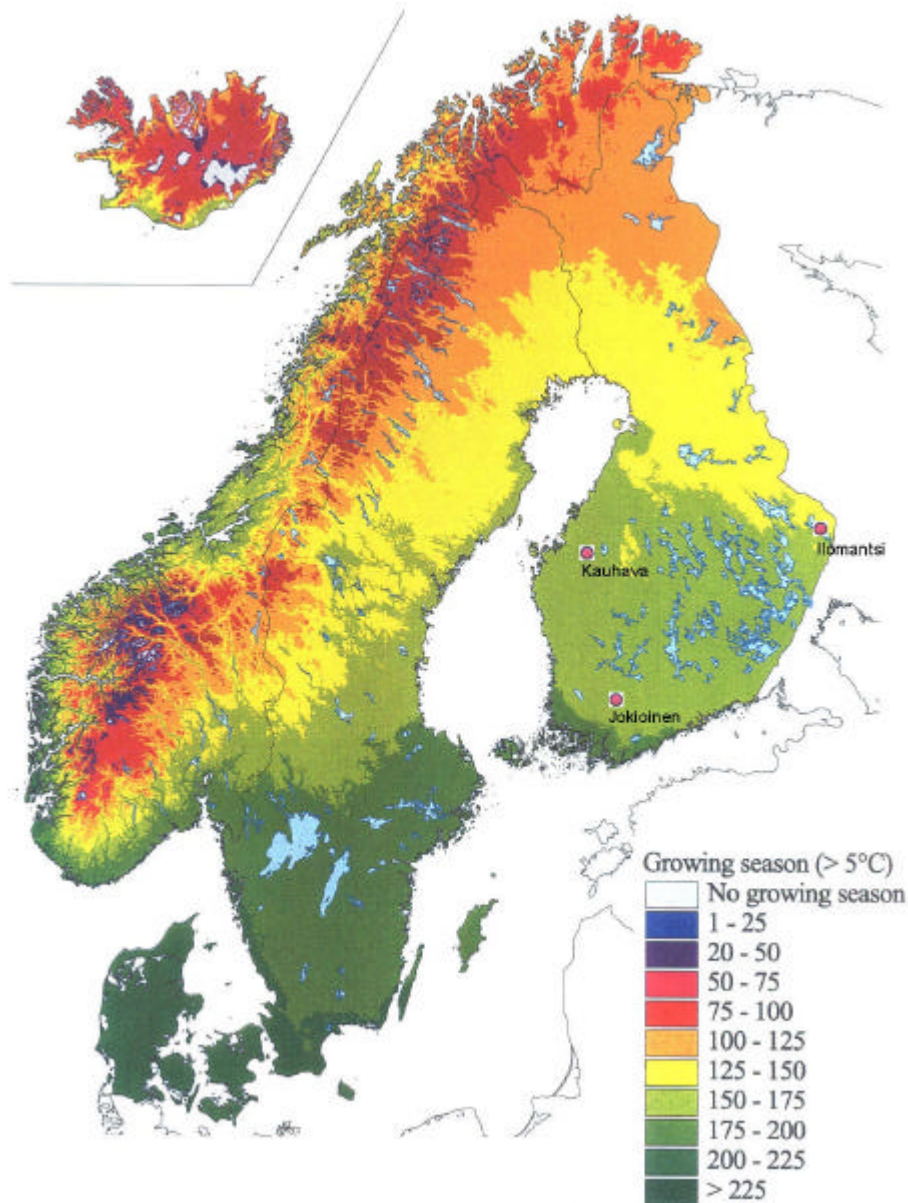
² Suomessa tammikuu, Tanskassa helmikuu

³ Tanskassa keskimääräisellä leveysasteella, Suomessa Helsingin ja Vaasan keskiarvona (Oja 2005)

⁴ Summataan "lämpöylitys" (eli vrk:n keskilämpö - 5 °C) yli kasvukauden kaikilta niiltä vuorokausilta, jolloin vrk:n keskilämpö ylittää 5 °C (Carter 1998, Skjelvåg 1998).



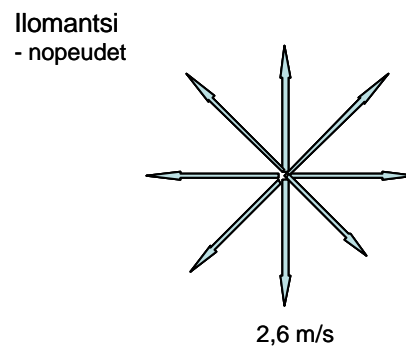
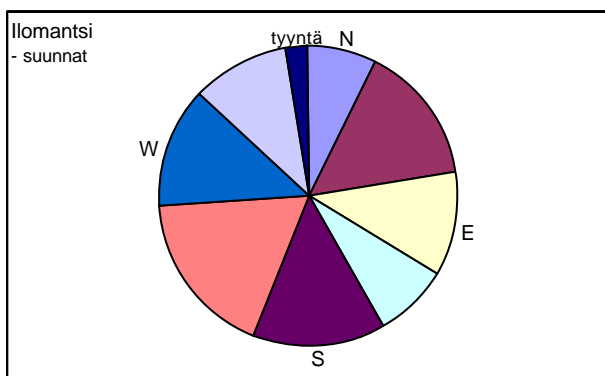
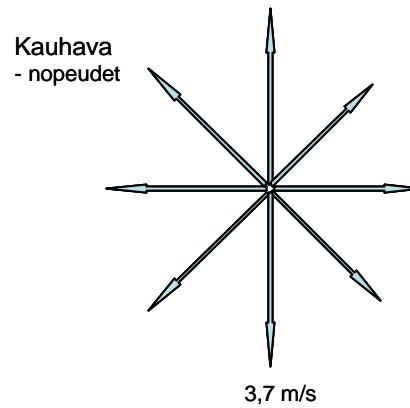
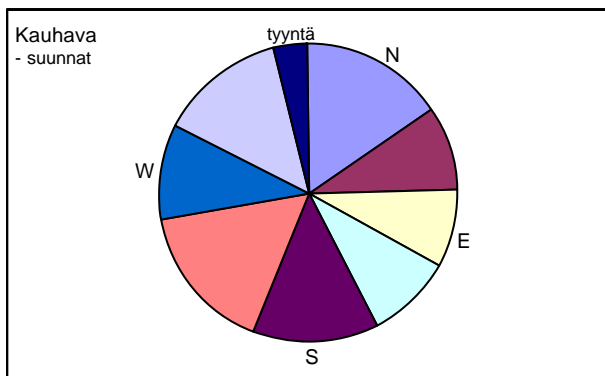
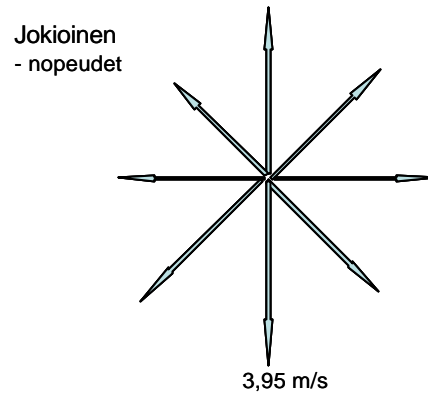
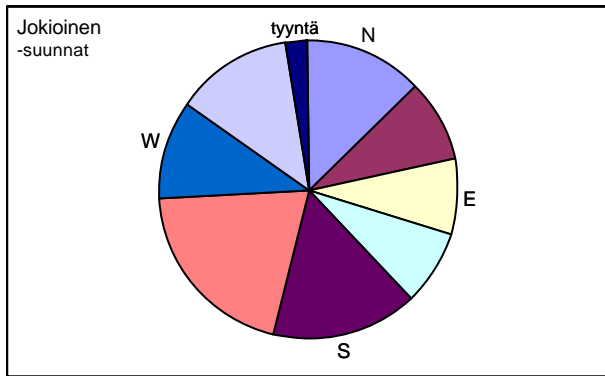
Kuva 3. Kasvukauden pituus viikkoina pohjoisella pallonpuoliskolla.



Kuva 4. Kasvukauden keskipituus [vrk] (eli aika, jolloin vuorokauden keskilämpö ylittää 5 °C) Pohjoismaissa vuosina 1961 - 90 (Tveito ym. 2001). Kuvaan on myös merkitty tuulianalyysiin (ks. kuva 5) valitut kolme paikkakuntaa Suomessa (Jokioinen, Kauhava ja Ilo-mantsi).

Alkukesän tuuliolot Etelä-Suomessa

Etelä-Suomen viljelyalueita edustamaan valittiin kolme paikkakuntaa: Jokioinen, Kauhava ja Ilo-mantsi. Tuulen suuntajakautuma ja keskinopeus eri ilmansuuntiin kesä - heinäkuussa näillä paikka-kunnilla vuosina 1971 - 2000 on esitetty piirakkakuviolina ja tuuliruusuina (kuva 5). Tuuliolot eli tuulen suunta- ja nopeusjakautumat ovat Suomen oloissa viljelykasvien kukkimiskaudella suhteelli-sen tasaiset.



Kuva 5. Tuulen suunta- ja nopeusjakautumat kolmella eteläisen Suomen paikkakunnalla kesä - heinäkuussa vuosina 1971 - 2000 (Drebs ym. 2002). Nuolen kärki osoittaa ilmansuunnan, josta tuuli tulee, ja nuolen pituus kuvaa ko. suunnasta puhaltavan tuulen nopeutta.

Kapealla rannikkokaistalla on havaittavissa merituuli-ilmiö: päivällä tuulee usein "maalle päin" (joskin tuulen suunta päivän mittaan kääntyy) ja yöllä merelle päin. Yötuuli on yleensä hiljaisempaa, ja kesällä tuuli usein tyyntyy yöksi. Merituulet ovat heikkoja, ulottuvat enintään muutaman kymmenen kilometrin päähän sisämaahan eivätkä useinkaan dominoi suursäätilan mukaisia tuulia.

5. Geeniteknikka ja muuntogeeniset viljelykasvit

'Geeniteknikka' tarkoittaa geeneihin kohdistuvaa molekyylibiologiaa (MMM 2003). Se käsittää joukon uusia biologian menetelmiä, joiden avulla perimää voidaan analysoida sekä muuttaa yksityiskohtaisesti ihmisen toivomalla tavalla.³

Perinteisessä kasvinjalostuksessa geenitekniisiä menetelmiä voidaan käyttää apuna esimerkiksi risteytysjälkeläisten analyysissä. EY-säädännössä käytetyn määritelmän mukaan 'muuntogeenisestä' kasvilajikkeesta on kysymys, kun kasvin perintöainesta muutetaan tavalla, joka ei toteudu luonnossa paritumisen tuloksena tai luonnollisena rekombinaationa.⁴ Eli gm-lajikkeita syntyy esimerkiksi silloin, kun geeniteknikan avulla hienosäädetään kasvin omien geenien toimintaa, sammutetaan haittageenejä tai tuodaan kasviin haluttu geeni puhtaana⁵ sukulaislajista.

Uusi tieto elollisten organismien perimästä ja perinnöllisyyden lainalaisuuksista on avannut tietä tuotantoeliöiden perimän muuntamiseen entistä nopeammin ja hallitummin. Nopeutuminen koskee kuitenkin vain jalostustyön biologista vaihetta, jolloin kehitetään jalostuspopulaatiosta kasvinlinjoja lajike-ehdokkaiksi. Lajikkeiden hyväksymiseksi vaadittavat kokeet ja selvitykset eivät nopeudu. Päinvastoin, uusilla menetelmillä kehitetyiltä lajikkeilta säädäntö edellyttää merkittävästi laajempia tutkimuksia ennen hyväksymistä käyttöön kuin aiemmilta lajikkeilta (Bradford ym. 2005).

Geeniteknikan tutkimuksen yhtenä tavoitteena on tuottaa uusia tuotteita kuluttajan ja elinkeinon tarpeisiin. Tutkimuksen avulla varmistetaan myös muuntogeenisten tuotteiden turvallisuus niin ihmisten kuin ympäristön kannalta.

Maataloudessa geeniteknikan odotetaan lisäävän kasvien ja eläinten tuottavuutta ja kestävyyttä erilaisia tauteja ja ympäristörasituksia vastaan. Uusi tekniikka antaa mahdollisuuksia myös elintarvikkeiden ja rehujen ravitsemuksellisen laadun parantamiseen esimerkiksi luontaisia haitta-aineita vähentämällä (OECD 2001-2005). Elintarvikkeiden ravintosisältöä voidaan parantaa geeniteknikan avulla esimerkiksi muuttamalla rasvahappojen koostumusta tai lisäämällä vitamiineja (Bouis 2003). Tällä alueella tehdään kansainvälistä yhteistyötä, mistä sopii esimerkiksi Maailman riisintutkimuskeskukselle (IRRI) lahjoitettu A-vitamiinipitoinen riisi, joka voi parantaa vastustuskykyä tartuntataudeille ja estää pikkulasten sokeutumista kehitysmaissa (EU 1999, Paine ym. 2005). Muuntogeenisiä kasveja ja eläimiä on mahdollista käyttää myös lääketeiden ja rokotteen tuottamiseen (Rowlandson & Tackaberry 2003, Oksman-Caldentey & Inze 2004, Oksman-Caldentey & Saito 2005).

Kasvinjalostuksen kehitys

Geenien rakennetta muuttavat kosmisen taustasäteilyn, luonnon radioaktiivisten aineiden, virusten, mutageenisten kemikaalien, transposonien ja solun toimintavirheiden aiheuttamat luontaiset mutaa-

³ Geeniteknikka on "joukko menetelmiä, joiden avulla eristetään, analysoidaan ja siirretään geenejä molekyyllitasolla". (Tirri ym. 2001)

⁴ EY-säädännössä (direktiivi 2001/18/EY) on käytössä luetteloihin pohjaava, verrattain vaikeasti avautuva lakitekkinen määritelmä (ks. 1.7. Gm-organismeja ja muuntogeenisiä tuotteita koskevat säädökset, *Muuntogeenisten organismien levittäminen ympäristöön*). Tämän määritelmän mukaan myös "perinteisellä" mutaatiojalostuksella tuotetut tuhannet kasvilajikkeet ovat 'muuntogeenisiä' (esimerkiksi pääosa moderneista, lyhytkortisista viljalajikkeista, vihannespaprika sekä erukahapoton rypsi ja rapsi). Mutaatiojalostuksen avulla saadut lajikkeet eivät kuitenkaan kuulu direktiivin 2001/18/EY soveltamisalaan.

⁵ Tuodaan vain kyseinen geeni, eristettynä, eikä sen mukana myös tuhansia muita sukulaislajin geenejä, kuten risteytettäessä tapahtuu.

tiot. Tämän tuloksena populaatioissa esiintyy geneettistä vaihtelua, joka toimii evoluution rakennusaineena. Kasvinjalostus on ihmisen ohjaamaa evoluutiota - kasvin perinnöllisten ominaisuuksien muuttamista ihmisen toivomaan suuntaan (OECD 2000). Jalostajan työn onnistumiseksi on jalostusaineistoissa oltava riittävästi geneettistä vaihtelua niissä ominaisuuksissa, joita halutaan parantaa.

Viljelykasveja alettiin kehittää valintajalostuksella 11 000 vuotta sitten. Siinä jälkeläisistä valitaan jatkoon aina ominaisuuksiltaan sopivimmat yksilöt. Perinteisessä jalostuksessa koetetaan tarjolla olevien, satunnaisten mutaatioiden kirjosta löytää valmiina uusia geenimuotoja (alleeleita), jotka olisivat ihmisen käyttötarkoitusten kannalta edullisempia kuin aiemmin käyttöön otetut mutaatiot. Menetelmä riittää jalostuksen alkuvaiheissa, mutta sen teho heikkenee vaihtelun vähentyessä. Vasta 300 vuoden ajan on osattu koota edullisia ominaisuuksia samaan kasviyksilöön risteyttämällä (risteytysjalostus).

Perusteet genetiikan ymmärtämiseen loi 140 vuotta sitten munkki Mendel Brnossa (nykyisessä Slovakiassa). Valintajalostuksessa seulotaan kasvin luontaista mutanttivarastoa. Se on kuitenkin usein liian suppea ja hyödylliset geenimuodot liian harvinaisia, jotta niitä osuisi jalostajan haaviin. Mutaatiojalostuksessa kasveja käsitellään siksi mutaatioita aiheuttavilla kemikaaleilla tai perimää rikkovilla säteilylajeilla, jolloin mutaatioita syntyy joitakin kertaluokkia taajemmin kuin luonnossa. Mutaatiojalostuksella on ikää 60 ja geenitekniikalla 32 vuotta. Kasvinjalostuksessa geenitekniikkaa on sovellettu 22 vuoden ajan.

Jalostuksen tuloksena kasvit soveltuvat paremmin viljeltäviksi ja ihmisten tai eläinten ravinnoksi. Satotaso on noussut jopa 10 - 30-kertaiseksi, mistä puolet katsotaan jalostuksen, puolet parempien viljelymenetelmien ansioksi. Maissin villillä kantamuodolla, teosintilla, tähkät olivat yhden jyvärivin paksuisia ja puolen sormen mittaisia. Villiohran tähkä katkeili ja jyvät varisivat maahan. Villiperuna oli liian myrkyllinen syötäväksi, ja villiporkkana oli laiha, kalpea ja puiseva. Luontaisen rypsiöljyn sisältämä nisäkkäille vahingollinen erukahappo poistettiin mutaatiojalostuksella vasta 1960-luvulla.



Kuva 6. Miten porkkana on kehittynyt.

Kuvassa jalostettu ja villi porkkana ja retiisi. Muutamassa vuosituhanessa villiporkkanan juurakoista jalostettiin paksuja, pitkiä, lyhyitä, pulleita, valkoisia, keltaisia, punaisia, syvän punasinervisiä, jopa mustia. Oranssi⁶ karoteeni-porkkana on ”uuselintarvike” 1500-luvulta. Jalostajat kehittivät tuolloin Hollannissa neljä oranssia lajiketta, joista nykyporkkanat polveutuvat.

Perinteiset mutaatiot ovat satunnaisia, ja yhtä toivottua muutosta kohti syntyy aina satojatuhansia ei-toivottuja muutoksia. Geenitekniikan käytön tavoitteena on ollut saada muutoksia aikaan hallitummilla menetelmillä. Geenin toivottu muoto voidaan rakentaa kasvin ulkopuolella erikseen (luontaisten⁷, perimäaineen muokkaukseen tarkoitettujen entsyymien avulla). Edullisia geeni-

⁶ Hollannin kuningashuoneen väri

⁷ Nämä perimäainetta muokkaavat entsyymit on useimmiten löydetty mikrobeista, ja niitä on laboratoriokäyttöä varten parannettu edelleen

muotoja voidaan usein myös löytää kasvin villeistä sukulaislajeista. Valmis geeni voidaan sitten nykYTEKNIIKAN avulla viedä puhtaana kasvin perimään.

Uusi geenimuoto lisätään kasviin

Kun kasveja jalostetaan geenitekniiKAN avulla, tulos poikkeaa vanhasta jalostuksesta siinä, että kasvin entistä geenimuotoa ei voida vielä kuin poikkeustapauksessa korvata jalostetulla geenimuodolla, vaan haluttu geenimuoto on *lisättävä* kasvin perimään. Vanha geenimuoto jää tällöin yleensä toimimaan uuden kanssa rinnakkain. Tosin myös perinteisessä jalostuksessa samassa kasviyksilössä toimii monesti useita saman geenin eri muotoja yhtäaikaan (heterotsygotia, polyploidia, geeniperheet), mutta risteytyksien avulla kasvin entinen geenimuoto voidaan kuitenkin usein korvata uudella kokonaan (jos halutaan).

Uusi geenimuoto pystytään joskus kasveillakin sijoittamaan vanhan geenimuodon tilalle kromosomissa. Tämä onnistuu, kun jalostettava geenimuoto viedään soluun rna-dna-hybridimolekyylinä (Hanin & Paszkowski 2003). Tällainen tietyn geenin ohjattu muuttaminen eli ”geenispesifinen mutageneesi” tai ”homologinen rekombinaatio” toimii kuitenkin kasveilla toistaiseksi vain harvinaisissa erikoistapauksissa, eikä menetelmä ole vielä valmis yleiseen käyttöön. Mikrobeilla geenin muuttaminen yhden dna-emäksen tarkkuudella on ollut käytössä jo kauan. Kasveilla tässä kysymyksessä toivotaan edistyttävän lähivuosina, kun opitaan tuntemaan tätä perinnöllistä ilmiötä sääteleviä kasvin luontaisia geenejä⁸.

Keskustelua herättäneitä jalostuksen kysymyksiä on käsitelty hieman laajemmin liitteessä A.

Muuntogeenisillä tuotteilla on ennakkohyväksymismenettely

GeenitekniiKAN hyödyntäminen maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalaan kuuluvilla aloilla on tällä hetkellä yksi kaikkein tarkimmin säädeltyjä toimintoja, ja muuntogeenisiä tuotteita koskeva keskeinen EY-lainsäädäntö on saatu vuonna 2004 uudistetuksi. Yhteisön geenitekniiKKASÄÄDÖSTEN mukaan gm-organismien on ennen markkinoille pääsyä läpäistävä yksityiskohtainen hyväksymismenettely, jossa myös niiden terveys- ja ympäristövaikutukset arvioidaan tapauskohtaisesti. Päätöksenteossa otetaan huomioon tieteellinen turvallisuusarviointi, ennalta varautuminen ja eettiset seikat sekä annetaan määräyksiä mahdollisesti tarvittavista riskinhallintatoimenpiteistä. Lainsäädännön tarkoituksena on huolehtia siitä, että muuntogeenisten tuotteiden tuotantoketjut ovat ihmisten, eläinten ja ympäristön kannalta turvallisia (Codex Alimentarius 2003a,b, Conner ym. 2003a,b, Cockburn ym. 2004).

Tutkimusta ja käyttöä valvotaan

Markkinoille hyväksytyt muuntogeeniset tuotteet on merkitty, niitä valvotaan ja käyttöä seurataan. Myös muuntogeenisestä raaka-aineesta valmistetut elintarvikkeet ja rehut sisältävät merkinnän geenitekniiKAN käytöstä. GeenitekniiKAN lautakunta valvoo kaikkea Suomessa tehtävää geenitekniiKAN tutkimusta. GeenitekniiKKALAIN (377/1995, viimeisin muutos 847/2004) mukaisia valvontaviranomaisia ovat Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV), Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK).

STTV ylläpitää geenitekniiKAN rekisteriä, valvoo gm-organismien käyttöä suljetussa tilassa sekä terveystieteissä muuntogeenisten organismien tarkoituksellista levittämistä ympäristöön.

⁸ Uusimpien tutkimusten mukaan kasveilla saattaa olla käytössään oma luontainen järjestelmä, jonka avulla ne pystyvät siirtämään kromosomeihinsa perinnöllistä tietoa muista lähteistä (Lolle ym. 2005).

SYKE valvoo gm-organismien tarkoituksellista levittämistä ympäristöön ympäristökysymyksissä ja KTTK maa- ja metsätalouden alalla.

Geenitekniikkaa tulee hyödyntää hallitusti

Jotta uusia geenitekniisiä menetelmiä käytettäisiin hallitusti, turvallisesti ja eettisesti kestävästi, maa- ja metsätalousministeriön hallinnonalalle laadittiin geenitekniikkastrategia, joka valmistui syksyllä 2003. Se pohjautui vuonna 2000 valmistuneeseen maatalouden bio- ja geenitekniikkastrategiaan, jota kehitettiin edelleen työryhmätyönä vuosina 2001 - 2003. Valmistelussa olivat laajasti mukana Suomen tiede- ja kansalaisjärjestöt. Strategiassa on linjattu keskeiset periaatteet geenitekniikan käytölle luonnonvara-alalla (MMM 2003). Tällä hetkellä suuri osa strategian keskeisistä periaatteista sisältyy jo EU:n uudistettuun lainsäädäntöön ja kansallisiin säädöksiin.

Strategian lähtökohtana on, että maatalouden eri tuotantomuodot on pidettävä elinvoimaisina, luonnonvaroja on käytettävä kestävästi, tuotteiden on oltava turvallisia ja korkealaatuisia ja geenitekniikkaan liittyvän toiminnan avointa ja tehokkaasti valvottua. Muuntogeenisten kasvien hallitsematon leviäminen luontoon ja siitä mahdollisesti seuraavat ekologiset haitat on estettävä. Geenitekniikan soveltamisessa tulee ottaa huomioon suomalaisen maatalouden ja luonnon erityispiirteet. Asiakkaan tiedonsaannin ja valinnanmahdollisuuksien varmistamiseksi muuntogeeniset organismit ja sellaisista valmistetut tuotteet on merkittävä asianmukaisesti. Tuotteen alkuperän, tuotantotavan, koostumuksen ja laadun osoittamiseksi tuotantoketjujen tulee olla avoimia ja jäljitettävissä. Geenitekniikasta on myös tiedotettava riittävästi.

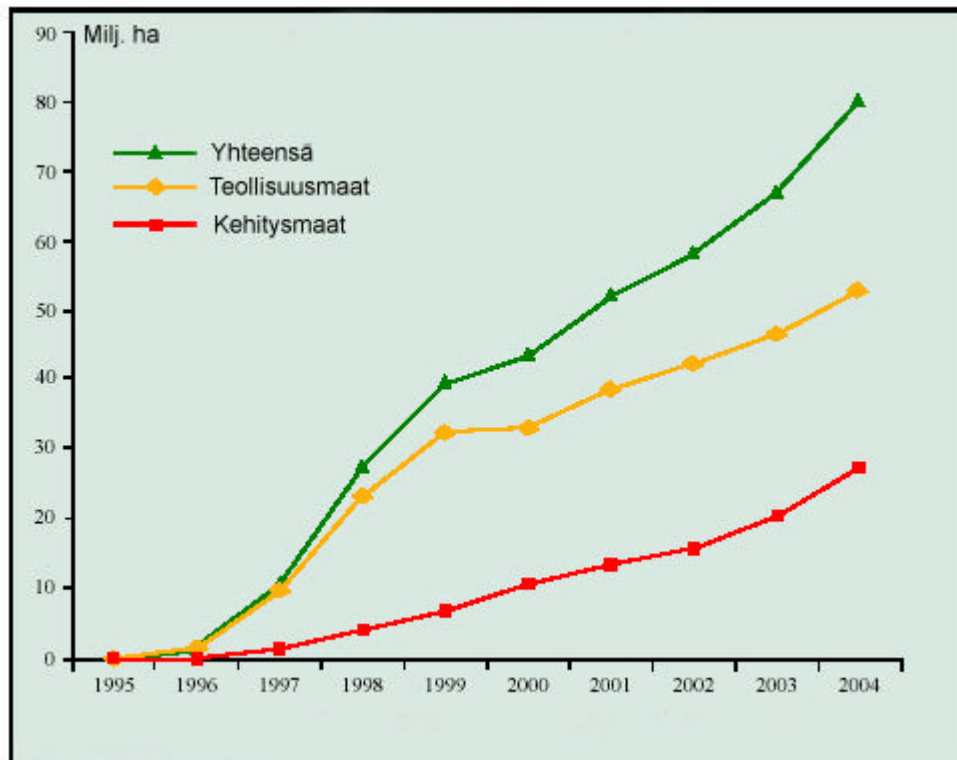
EU:ssa on myös hyväksytty strategia edistämään bio- ja geenitekniikan tutkimusta sekä sen hyödyllisten sovellusten saamista käyttöön yhteisössä (EU 2002, 2003a).

Viljely

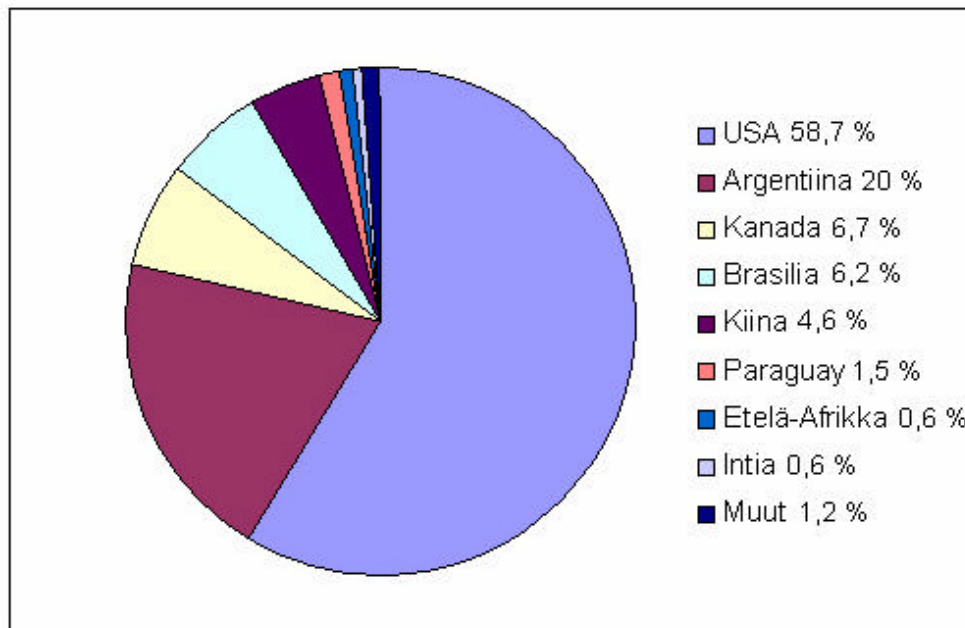
Geenitekniikan avulla jalostettuja ominaisuuksia on laajassa viljelykäytössä vasta muutamia, kuten kestävyys eräitä tuhohyönteisiä (puuvillayökönen, maissikoisa, maissin juurikuoriainen, kolordonkuoriainen) tai herbisidejä (glyfosaatti, glufosinaattiammonium) vastaan. Viruskestäviä kasveja on käytössä vasta vähän (papaija, meloni) mutta monia on kehitteillä, samoin kuin sieni- tai bakteeritaudeille vastustuskykyisiä kasvilajikkeita kuten rutonkestävä peruna (Song ym. 2003) tai tulipolteenkestävä omena (Liu ym. 2001, Norelli ym. 2003). Kehitysmaiden ruokaturvaa voitaisiin parantaa uusilla jalostusominaisuuksilla, mutta niiden kehittämiseen ja käyttöön jalostuksessa ei ole julkisella tutkimussektorilla vielä panostettu riittävästi (Gressel ym. 2004). Muuntogeenisten lajikkeiden viljelyalat kasvavat maailmassa nykyisin noin 20 prosenttia vuodessa (kuva 7, taulukko 6). Kehitysmaiden osuus viljelyalasta on myös kasvussa (kuvat 7 ja 8). Gm-lajikkeita kasvatetaan 8,25 miljoonaa viljelijää, joista 90 prosenttia on kehitysmaiden pienviljelijöitä (James 2004).

Taulukko 6. Gm-lajikkeiden osuus lajin viljelyalasta maailmassa vuonna 2004 tärkeimmillä muuntogeenisillä viljelykasvilajeilla (James 2004).

| Kasvilaji | Lajin viljelyala maailmassa [Mha] | Muuntogeenisten lajikkeiden viljelyala Osuus lajin kokonaisalasta | | |
|-----------|---|--|---------|---------|
| | | Ala [Mha] | v. 2004 | v. 2003 |
| Soija | 86 | 48,2 | 56 % | 55 % |
| Puuvilla | 32 | 9,0 | 28 % | 21 % |
| Rapsi | 23 | 4,4 | 19 % | 16 % |
| Maissi | 140 | 19,3 | 14 % | 11 % |



Kuva 7. Gm-kasvien viljelyalan kehitys maailmanlaajuisesti (James 2004).



Kuva 8. Muuntogeenisten kasvien viljelyn kärkimaat (osuus gm-lajikkeiden kokonaisalasta maailmassa) vuonna 2004. Gm-lajikkeita viljeltiin 17 maassa. (James 2004)

EU:ssa on hyväksytty markkinoille muuntogeenisiä maissi-, soija- ja rapsituotteita sekä elintarviketta rehukäyttöön (ks. 1.7. Gm-organismeja ja muuntogeenisiä tuotteita koskevat säädökset, *Muuntogeenisten tuotteiden hyväksyminen EU:ssa*). EU:ssa tuotantoon hyväksytyt muuntogeeniset viljelykasvit eivät useimmiten sovellu viljelyyn meillä ilman jatkojalostusta (MMM 2004).

EU:n vähäinen osuus tilastoissa selittyy osaksi sillä, että yhteisössä ei vuosina 1998 - 2003 hyväksytty uusia gm-organismeja markkinoitavaksi vaan odotettiin lainsäädännön uudistamista.

Suomessa ensimmäisiä viljeltäviä gm-lajikkeita saattaisivat olla teollisuusperunat. Ruotsalaisilla on EU:ssa vireillä hakemus ns. amylopektiiniperunan hyväksymisestä viljelyyn. Tällä perunalla tärkeys koostuu valtaosin amylopektiinistä (amyloosifraktion tuotanto on vaimennettu). Kasvatus soveltuisi myös maahamme. Suomessa Boreal Kasvinjalostus kehittää muuntogeenistä tärkkelysperunaa hienopaperin pinnoitukseen. Tavoitteena on Suomen oloihin sopeutunut aikainen perunajalostus, jossa tärkkelyspitoisuutta saataisiin nostetuksi nykyisestä 17 prosentista 20 – 21 prosenttiin, mikä parantaa tuottavuutta tärkkelystuotannossa. Tutkimus on kenttäkoevaiheessa, ja markkinoille lajike voisi tulla vuoden 2010 tienoilla. Muuntogeeniset juurikkaat tai rapsi voivat myös tulla viljelyyn Suomessa, mikäli niille saadaan viljelylupia EU:ssa. On kuitenkin epävarmaa, olisiko niistä saatavissa valmiina Suomen oloihin soveltuvia lajikkeita. Kaupallisen gm-lajikkeen tuottaminen sokerijuurikkaan viljelyyn Suomessa veisi aikaa 2 - 5 vuotta.

6. Siitepölyn kulkeutuminen, hedelmöitys ja geenivirta

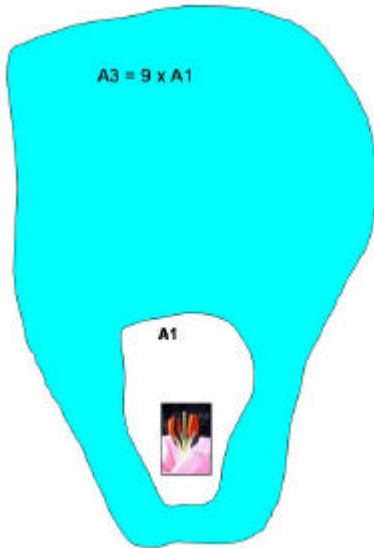
Viljeltäessä rinnakkain saman kasvilajin eri lajikkeita niiden välillä tapahtuu yleensä luontaista geenivirtaa varsinkin siitepölyn mukana. Osa satosiemenistä syntyy toiselta viljelmältä saapuneen siitepölyn hedelmöittämänä. Tällaisten siementen osuus riippuu muun muassa viljelmien välisestä etäisyydestä ja kasvin pölytysjärjestelmästä (onko laji itse- vai ristisiittoinen). Rinnakkaiselon tavoitteiden toteutumiseksi on siitepölyn kautta tapahtuvaa geenivirtaa arvioitava määrällisesti.

Kasvinjalostuksessa on saatu pitkäaikaista kokemusta, jonka perusteella on päätetty eristys etäisyyksistä, joita sovelletaan jalostuksessa ja kylvösiementen tuotannossa riittävän lajikepuhtauden saavuttamiseksi.

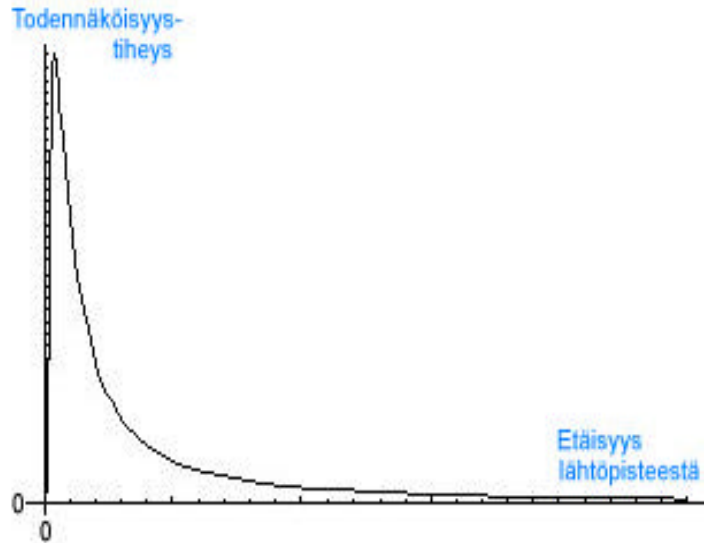
Siemenet muodostuvat useimmilla kasvilajeilla suvullisesti eli pölytyksen ja hedelmöityksen seurauksena. Joissakin kasviryhmissä, kuten sitrushedelmillä ja monilla luonnon heinäkasveilla, voi siemeniä muodostua usein (tai pääasiassa) myös suvuttomasti (apomiktisesti); tällöin siemenistä kasvaa emokasvin geneettisiä kopioita.

Suomalaisilla viljelykasveilla siitepöly kulkeutuu kukasta toiseen joko tuulen tai hyönteisten välityksellä. Tuulipölytteisiä ovat viljat, rehuheinät ja juurikkaat sekä osaksi rypsi ja rapsi; hyönteispölytteisiä taas ovat monet näyttävästi kukkivat kasvilajit, kuten marja- ja hedelmäkasvit, porkkana, auringonkukka, sekä osaksi rypsi, rapsi ja peruna, joka on medetön eikä houkuttele pölyttäjiä.

Siitepölyn kulkeutuminen vähenee keskimäärin nopeasti etäisyyden kasvaessa lähtökasvista tai -ruudusta. Lisäksi vain pieni osa kulkeutuneesta pölystä osallistuu hedelmöitykseen, joten hedelmöitystaajuus vähenee vieläkin nopeammin etäisyyden kasvaessa.



Kuva 9. Leviämisalueen läpimitan kasvaessa kolminkertaiseksi vähenee kukasta lähteneen siitepölyn keskimääräinen pitoisuus pinta-ala-yksikköä kohti yhdeksäsosaan (eli "halkaisijan neliössä").



Kuva 10. Esimerkki leptokurtisesta eli "huipukkaasta" tiheysjakautumasta. Huippu on korkea, eli pääosa jakautuman todennäköisyysmassasta on tiukasti keskittynyt. "Hännät" taas ovat matalat, eli niissä on vähän todennäköisyysmassaa. Kuva: Anna Kuparinen 2005.

Vähennemisessä eräänä perustana on samanmuotoisten kuvioiden geometria (kuva 9). Jos lähtökukasta pöly leviäisi tasaisesti sitä ympäröivälle alueelle, niin leviämisalueen pinta-alan kasvaessa lähtökukan pölyn keskimääräinen pitoisuus sen pinnalla pienenesi samassa suhteessa. Jos siis leviämisalueen läpimitta kasvaa kymmenkertaiseksi, niin kukasta lähteneen siitepölyn keskimääräinen pitoisuus neliometriä kohti alueella vähenee sadasosaan.

Todellisuudessa siitepöly ei jakaudu tasaisesti leviämisalueelle vaan vähenee huomattavasti nopeammin, negatiivis-eksponentiaalisen tai ns. leptokurtisen mallin mukaan (kuva 10). Tällaisessa "huipukkaassa" leviämistavassa suuri valtaosa pölystä jää aivan lähelle tai poistuu muuten pölytysprosessista matkan varrella. Vain hyvin pieni osa pölystä kulkeutuu kauemmas, mutta toisaalta jakautuman "hännissä" väheneminen on jo hitaampaa.

Rinnakkaiselon kannalta ei jakautuman vähäisellä loppuhännällä (kaukokulkeutumalla) ole suurta merkitystä, sillä se aiheuttaa vain määrällisesti vähäistä sekoittumista. Avainasemassa EY-säädännön mukaisten kynnsarvojen alla pysymisen kannalta ovat suhteellisen lyhyet etäisyydet.

Edellä esitetyt tarkastelut kuvaavat tilastollista pääsääntöä. Siitepölyä voi kuitenkin levitä hyvin pieninä pitoisuuksina satunnaisesti kauemmaksikin, etenkin jos pyörteet kohottavat sitä ylemmäksi eikä tuulen suunta satu vaihtelemaan kukkimiskaudella.

Siitepölyn hedelmöittämissäkyky laskee luonnossa kulkeutumisen kuluessa. Heikentävinä tekijöinä voivat toimia esimerkiksi ultraviolettisäteily sekä kuivuus tai liiallinen kosteus. Kasvilajista ja oloista riippuen tämä vähentää kauas kulkeutuneen pölyn menestymistä kilpailussa hedelmöityksistä tuoreen lähipölyn kanssa.

Vähäinen kaukokulkeutuma joutuu perillä kovaan kilpailuun määrällisesti ylivoimaisen (ja elinvoimaisemman) siitepölymassan tai -pilven kanssa, jonka vastaanottava kasvipopulaatio on itse tuottanut. Ristisiittoisella rönsyröllillä paikallisen siitepölyn kilpailu pienensi kaukopölyn tuottamien siementen osuuden sadasosaan verrattuna tilanteeseen, jossa paikallinen siitepöly oli koejärjestelyillä eliminoitu (Watrud ym. 2004). Hyönteispölytteisellä rapsilla kaukopölyn tuottamien siementen osuus pieni alle kymmenesosaan, kun sitä mitattiin normaaleilla, siitepölyä tuottavilla vastaanottajakasveilla (hedesteriilien koekasvien sijasta) (Ramsay ym. 2003). Etulyöntiasema korostuu suljetusti kukkivilla, itsesiittoisilla kasveilla, joilla oma pöly irtoaa heteistä usein jo ennen kukkien aukeamista. Kukkien avautuessa ne ovat siis yleensä jo ehtineet pölyttyä.

Muun muassa räistä syistä geenivirta on todellisuudessa osoittautunut paljon vähäisemmäksi kuin siitepölyn kulkeutumisesta koskevista primäärihavainnoista on osattu päätellä (kuva 12, Tonsor 1985). Geenivirran voimakkuutta mitataankin nykyisin todellisista hedelmöitystuloksista eli määrittämällä kaukokulkeutuneiden geenien esiintymistäajuus siemenissä, joita vastaanottaviin koekasveihin muodostuu (Ritala ym. 2002).

Hyönteispölytys

Hyönteispölytyksessä siitepöly kulkeutuu pölyttäjän karvoituksessa vastaanottavan kukan luotille. Kasvin kukkarakenne on yleensä sopeutunut tiettyjen pölyttäjien toimintatapaan. Viljelykasveilla tärkeimmät pölyttäjähönteiset ovat yleensä mesipistiäisiä, mutta joskus kärpäsilläkin on merkitystä.

Pölytystulokseen vaikuttavat mehiläisyhteiskuntien vahvuus, etäisyys pesistä kasvustoille ja pesien sijoitus, mehiläisyhteiskuntien siirtoajankohta sekä mehiläisten ohjaus kasvustolle. Mitä suurempi mehiläisyhteiskunta on, sitä enemmän on kenttämehiläisiä. Voimakkaat mehiläisyhteiskunnat myös lentävät viileämmällä säällä kuin heikot kunnat.

Kimalaiset lentävät pölytystehtävissä myös huomattavasti viileämmällä säällä kuin mehiläiset. Toisaalta ne vaihtavat melko herkästi kasvilajia samankin pölytysretken aikana, mikä voi vähentää hedelmöitystulosta.

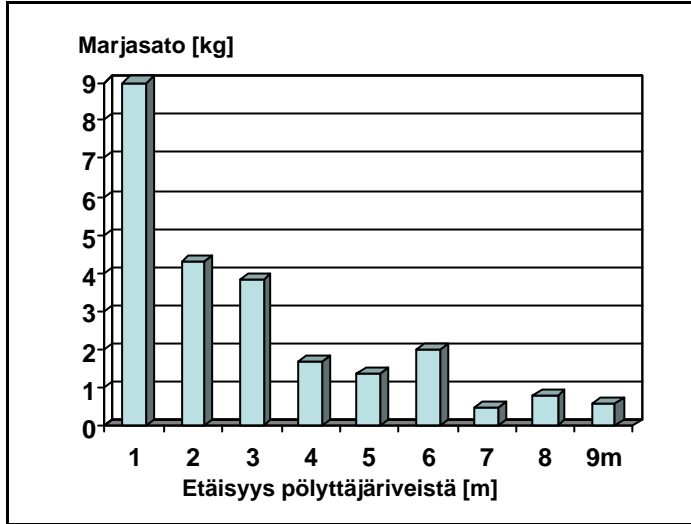
Mehiläiset ovat kimalaisia kukkauskollisempia ja pysyttelevät usein samalla, hyvin kukkivalla kasvilajilla kerrallaan. Mehiläiset voivat vieraila useankin kilometrin etäisyydellä olevilla kasvustoilla, kun niillä on puutetta ravinnosta, mutta suotuisissa oloissa vain harvat mehiläiset lentävät kauemaksi kuin 1 000 metrin päästä pesästä. Etäisyyden kasvaessa pesästä myös mehiläismäärä pinta-alayksikköä kohden laskee. Niinpä myös pölytystulos on sitä huonompi, mitä kauempana mehiläisyhteiskunnat ovat kasvustosta. Paras pölytystulos saadaan, jos pesät sijaitsevat viljelyksillä ja siten, että kasvustot sijaitsevat alle 100 metrin etäisyydellä mehiläisyhteiskunnista. (Hämäläinen ym. 1983).

EU:n komissio on esittänyt kantanaan, että siitepöly on hunajassa tahattomana epäpuhtautena ja sen määrä on alle 0,5 prosenttia. Siitepölyssä mahdollisesti mukana olevaa vierasta gm-siitepölyä on niin pieni määrä, että sitä ei voida vaatia merkittäväksi minkään säännöksen nojalla. Siitepöly ei myöskään ole hunajan ainesosa, koska hunaja on ”single food”, jten erillistä hyväksymistä ko. hunajalle ei voida vaatia.

Mesipistiäiset kampaavat siitepölyä turkistaan jalkojensa kuljetusvasuihin. Niissä siitepöly kulkeutuu pesään ravinnoksi eikä osallistu hedelmöitykseen. Osa pölystä varisee tai kuluu varsin nopeasti

pois kukkavierailujen myötä (kuva 11). Siitepölyn hedelmöittämiskyky myös laskee ajan ja lentomatkan mukana, jolloin hedelmöitystulos vastaavasti heikkenee.

Viljelyksen reunaan jätettävillä suojariveillä voidaankin tarvittaessa vähentää vieraan pölyn kulkeutumista viljelykselle naapuripelloilta.



Kuva 11. Sato vähenee nopeasti itsesteriilillä hyönteispölytteisellä kasvilla (mesimarja), kun etäisyys pölyttäjäriveistä kasvaa (Ryynänen 1973). Itsefertiileillä lajeilla geenivirta jäisi pienemmäksi, sillä niillä oman kasvuston pöly valtaa pääosan hedelmöityksistä.

Tuulipölytys

Siitepölyn leviäminen riippuu sekä seudun ulkoisista oloista että kasvin ominaisuuksista. Tuulen nopeudet ovat Suomessa (varsinkin sisämaassa) selvästi pienempiä kuin Tanskassa tai Englannissa⁹. Meillä myös usein metsäalueet vähentävät siitepölyn kulkeutumista pelloilta toiselle.

Tuulipölytteisillä lajeilla osa pölystä vajoaa maahan tai tarttuu kasvillisuuteen. Esimerkiksi maissin siitepöly on raskasta ja vajoaa pääosin alas jo muutaman metrin säteellä, kun taas röllin siitepölyä saattaa levitä suhteellisesti suuremmassa mitassa myös kauemmas (Watrud ym. 2004).

Taulukko 7. Siitepölyhiukkasten koko heinäkasveilla. (Nilsson ym. 1977, Lewis ym. 1983, Faegri & Iversen 1989)

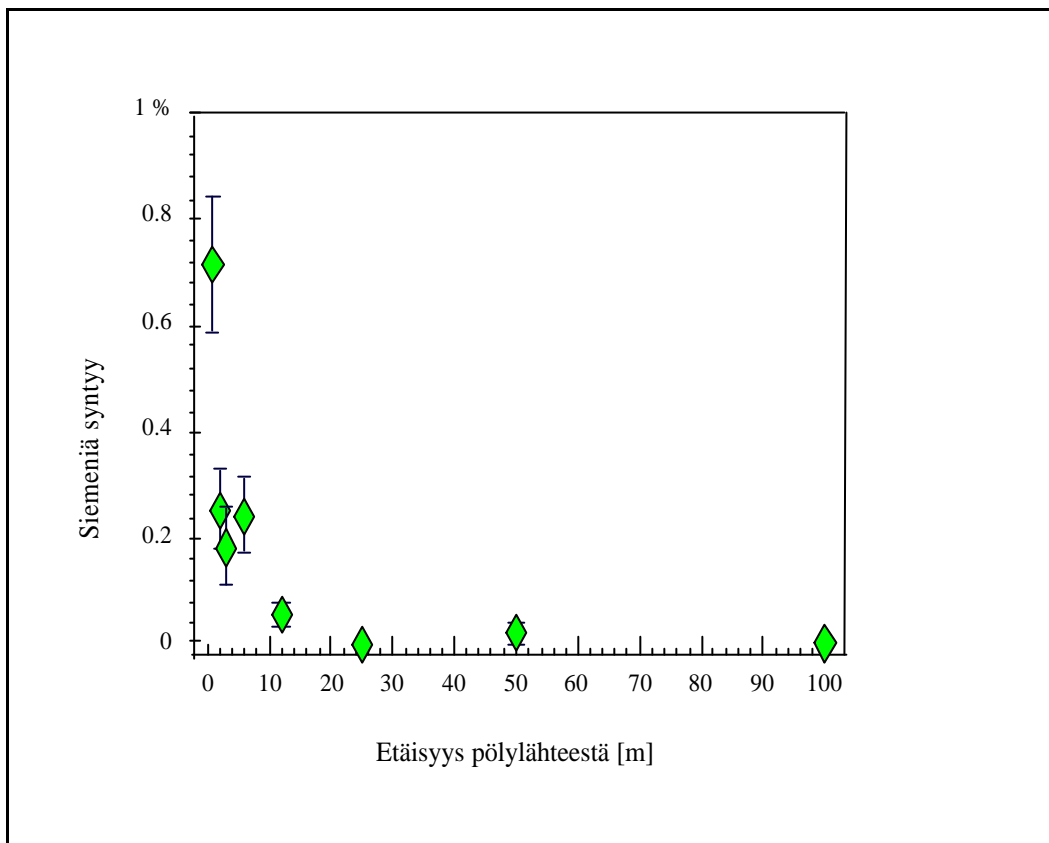
| | Siitepölyhiukkasen suurin halkaisija [μm] |
|------------------|--|
| Rölli | 22 |
| Nurmipuntarpää | 25 - 34 |
| Koiranheinä | 30 - 38 |
| Italian raiheinä | 30 - 42 |
| Timotei | 30 |
| Kaura | 48 - 54 |
| Ohra | 40 - 48 |
| Ruis | 47 - 65 |
| Vehnä | 45 - 60 |
| Maissi | 80 - 122 |

⁹ Tämä vähentää siitepölyn kautta tapahtuvan geenivirran tilastollista määrää meillä.

Siitepölyn lento-ominaisuudet eivät kuitenkaan ole aivan suorassa suhteessa siitepölyhiukkasen kokoon, vaan ne riippuvat paremminkin hiukkasen tiheydestä.

Kukkimisen eriaikaisuus esimerkiksi rypsilä ja rapsilla tai saman kasvilajin syys- ja kevätmuodoilla voi minimoida tai estää geenien kulkeutumisen niiden välillä.

Itsesiittoisuus vähentää voimakkaasti geenivirtaa (kuva 12). Hedesteriili ristisiittoinen kasvilinja voi sitä vastoin hedelmöittyä ainoastaan toisen kasvilinjan siitepölyllä, mikä lisää geenivirtaa. Jälkimmäinen tilanne voi tulla vastaan hybridilajikkeiden kylvösiementä tuottaessa.



Kuva 12. Ohralla geenivirta on erittäin vähäistä, vaikka kokeessa vastaanottajana on hedesteriili, avoimesti kukkiva testiohra (Ritala ym. 2002). Tavanomaista ohraa viljeltäessä geenivirta pellolta toiselle on vielä kertaluokkaa tai kahta vähäisempää, sillä vastaanottavana kasvina on tavallista ohraa, joka on hedefertiiliä ja suljetusti kukkivaa tyyppiä. Ristipölytyksen tuloksena syntyy tällaisella ohralla siemenistä yleensäkin vain 2-10 prosenttia (Hammer 1975, 1977, Ritala ym. 2002, Jacot ym. 2004). Vastaanottavan pellon oma pöly on lisäksi ajoitukseltaan etulyöntiasemassa ja määrältään yliverstaista, joten se syrjäyttää muualta kulkeutuvan siitepölyn kilpailussa hedelmöityksistä (Watrud ym. 2004).

7. Gm-organismeja ja muuntogeenisiä tuotteita koskevat säädökset

Geenimuuntelun käyttöä tutkimuksessa, laboratorioissa, teollisuuslaitoksissa, viljelyssä ja erilaisissa markkinoilla olevissa tuotteissa säädellään monissa Euroopan yhteisön säädöksissä.

Muuntogeenisten organismien levittäminen ympäristöön

Avoimen käytön direktiivi 2001/18/EY¹⁰ säätelee muuntogeenisten organismien¹¹ levittämistä ympäristöön. Direktiivin B-osa kohdistuu pienimuotoisiin tutkimus- ja kehittämiskokeisiin (kenttäkokeet), ja siinä päätöksenteko on ensi sijassa kansallista. Direktiivin C-osa kohdistuu markkinoille saattamiseen tuotteina tai tuotteissa, ja siinä päätös tehdään EY-tasoisesti. C-osan mukaan tuote voidaan hylätä kaupallisesta viljelystä ainoastaan, jos se on todettu ihmisen terveydelle vaaralliseksi tai haitalliseksi ympäristölle.

Kun tuote on hyväksytty, sitä saa käyttää ja levittää koko yhteisön alueella. Direktiivin 23. artikla antaa varauksen, jonka mukaan hyväksytyt tuotteet voidaan määrääjäksi estää tietyssä

¹⁰ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/18/EY, annettu 12 päivänä maaliskuuta 2001, geneettisesti muunnettujen organismien tarkoituksellisesta levittämisestä ympäristöön ja neuvoston direktiivin 90/220/ETY kumoamisesta - Komission julistus muuttamisesta [EYVL L 106, 17.4.2001]

¹¹ Aiheeseen liittyvät lakitekniset määrittelyt annetaan ensi sijassa erilaisten luetteloiden ja poikkeusluetteloiden avulla (joita ei perustella biologisen riskinarvioinnin nojalla).

2 artikla Määritelmät. Tässä direktiivissä tarkoitetaan: 1) 'organismilla' biologista rakennetta, joka pystyy lisääntymään tai siirtämään perintöainesta; 2) 'geneettisesti muunnetulla organismilla (GMO)' ihmistä lukuun ottamatta organismeja, jonka perintöainesta on muutettu tavalla, joka ei toteudu luonnossa pariumin tuloksena ja/tai luonnollisena rekombinaationa. Näiden määritelmien mukaan

- a) geneettistä muuntumista tapahtuu ainakin käytettäessä liitteessä 1 A olevassa 1 osassa lueteltuja tekniikoita;
- b) liitteessä 1 A olevassa 2 osassa lueteltujen tekniikoiden ei katsota johtavan geneettiseen muuntumiseen.

3 artikla Poikkeukset. 1. Tätä direktiiviä ei sovelleta organismeihin, jotka valmistetaan liitteessä 1 B lueteltuja geneettisiä muuntamistekniikkoja käyttäen.

LIITE I A, 1 OSA. Direktiivin 2 artiklan 2 kohdan a alakohdassa tarkoitettuja geneettisiä muuntamistekniikoita ovat muun muassa seuraavat:

- 1) yhdistelmänukleiinihappotekniikat, joissa muodostetaan uusia perintöainesyhdistelmiä lisäämällä millä tahansa tavalla organismin ulkopuolella tuotettuja nukleiinihappomolekyylejä virukseen, bakteeriplasmidiin tai muuhun vektoriin siten, että ne voidaan viedä sellaiseen isäntäorganismiin, jossa ne eivät luonnollisesti esiinny, mutta jossa ne voivat lisääntyä jatkuvasti
- 2) tekniikat, joissa organismiin viedään suoraan organismin ulkopuolella valmistettua perintöainesta, mukaan lukien mikroinjektio, makroinjektio ja mikrokapselointi
- 3) solufuusio- tai hybridisaatiotekniikat (mukaan lukien protoplastifusio), joissa muodostetaan uusia perintöainesyhdistelmiä sisältäviä eläviä soluja fuusioimalla kaksi tai useampia soluja menetelmillä, jotka eivät esiinny luonnossa.

LIITE I A, 2 OSA. Direktiivin 2 artiklan 2 kohdan b alakohdassa tarkoitettuja tekniikoita, joiden ei katsota johtavan geneettiseen muuntumiseen, jos niissä ei käytetä yhdistelmänukleiinihappomolekyylejä tai geneettisesti muunnettuja organismeja, jotka on valmistettu muiden kuin liitteessä I B poissuljettujen tekniikoiden/metelmien avulla, ovat seuraavat:

- 1) koeputkiredelmöitys
- 2) luonnolliset prosessit, kuten konjugaatio, transduktio tai transformaatio
- 3) polyploidian aikaansaaminen.

LIITE I B. Direktiivin soveltamisalaan eivät kuulu seuraavat organismeja tuottavat geneettiset muuntamistekniikat/-menetelmät, jos niissä ei käytetä yhdistelmänukleiinihappomolekyylejä tai muita geneettisesti muunnettuja organismeja kuin sellaisia, jotka on valmistettu yhdellä tai useammalla seuraavista tekniikoista/metelmistä:

- 1) mutageneesi,
- 2) sellaisten organismien kasvisolujen solufusio (mukaan lukien protoplastifusio), jotka kykenevät vaihtamaan perintöainesta perinteisillä jalostusmenetelmillä.

jäsenvaltiossa, mikäli ilmenee uusia perusteita sen haitallisuudesta ihmisen terveydelle tai ympäristölle.

Direktiivin määräykset on pantu toimeen kansallisessa lainsäädännössä geenitekniikkalakiin (377/1995) tehdyllä muutoksella (847/2004), joka astui voimaan 15.9.2004.

Muuntogeeniset elintarvikkeet ja rehut, merkintä ja jäljitettävyyys

Gm-elintarvikkeita ja -rehuja koskevat yhteisön asetukset ovat:

- elintarvikkeita ja rehuja koskeva asetusta (EY N:o 1829/2003¹²), sekä
- gm-organismien jäljitettävyydestä ja merkinnöistä sekä gm-organismeista valmistettujen elintarvikkeiden ja rehujen jäljitettävyydestä annettu asetusta (EY N:o 1830/2003¹³).

Asetuksia alettiin soveltaa 18.4.2004.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1829/2003 tarkoituksena on taata (gm-elintarvikkeiden ja -rehujen osalta) ihmisten, elämän ja terveyden, eläinten terveyden ja hyvinvoinnin, ympäristön sekä kuluttajien etujen korkeatasoinen suojeleminen sekä samalla varmistaa sisämarkkinoiden tehokas toiminta. Asetuksessa säädetään yhteisön menettelyistä myönnettäessä lupia muuntogeenisille elintarvikkeille ja rehuille sekä annetaan määräykset gm-elintarvikkeiden ja -rehujen valvonnasta ja merkinnöistä.

Asetusten mukaan muuntogeenisistä organismeista koostuvat, niitä sisältävät tai niistä valmistetut tuotteet (tässä tapauksessa elintarvikkeet tai rehut) on selkeästi merkittävä. Asetuksen 1830/2003 mukaisesti gmo-tuotteet on voitava jäljittää kaikissa elintarvikkeiden valmistusvaiheissa. Tämä katsotaan tärkeäksi, jotta tuotteiden käyttäjillä on valinnan vapaus ja jotta luottamus tuotteisiin voidaan säilyttää.

Muuntogeenisiä organismeja sisältävät tai niistä valmistetut elintarvikkeet tuli ennen merkintä, mikäli tuotteessa esiintyi muuntunutta dna:ta tai muuntuneita proteiineja. Uudistuksessa merkintävelvollisuus laajeni a) koskemaan sekä rehuja että elintarvikkeiden ja b) velvoitteeseen merkintä kaikki sellaiset elintarvikkeet ja rehut, joissa on gm-organismeista saatuja ainesosia - riippumatta siitä onko geenitekniikka vaikuttanut näiden ainesosien ominaisuuksiin tai tuotteen koostumukseen (taulukko 8).

Esimerkiksi muuntogeenisestä rapsista valmistettu öljy tulee nyt voimassa olevien säädösten mukaan merkitä, vaikka sen kemiallinen koostumus ei eroa tavanomaisesta eikä siinä ole analysoitavissa olevia merkkejä muuntamisesta. Merkintävelvoite ei kuitenkaan koske muuntogeenisten mikrobien avulla tuotettuja fermentaatiotuotteita, kuten lisäaineita, aromeja tai vitamiineja, mikäli tuotteessa ei ole mukana muuntogeenistä mikrobia (taulukko 8).

Jotta käytäntö olisi eri jäsenmaissa yhdenmukaista, yksityiskohtaisista tulkinnoista haetaan ratkaisuja komission pysyvän komitean gmo-jaostossa. Taulukkoon 8 on koottu esimerkkejä siitä, miten merkintävelvoitetta tulkitaan tänä päivänä.

¹² Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EY) N:o 1829/2003, annettu 22 päivänä syyskuuta 2003, muuntogeenisistä elintarvikkeista ja rehuista (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti) [EYVL L 268, 18.10.2003]

¹³ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta (EY) N:o 1830/2003, annettu 22 päivänä syyskuuta 2003, muuntogeenisten organismien jäljitettävyydestä ja merkittämisestä ja muuntogeenisistä organismeista valmistettujen elintarvikkeiden ja rehujen jäljitettävyydestä sekä direktiivin 2001/18/EY muuttamisesta [EYVL L 268, 18.10.2003]

Asetus 1829/2003 määrittelee myös ne tahattoman esiintymisen rajat eli kynnyksarvot, joiden ylittyessä tuote on merkittävä muuntogeenistä ainesta sisältäväksi. Kynnyksarvona on 0,9 prosenttia sellaiselle ainesosalle, joka on hyväksytty yhteisön alueella markkinoitavaksi, ja 0,5 prosenttia sellaiselle ainesosalle, jota ei ole vielä hyväksytty yhteisössä markkinoille, mutta joka on läpäissyt turvallisuutta koskevan tieteellisen arvioinnin EU:ssa. Uudet säännökset edellyttävät, että rehut merkitään samoilla periaatteilla kuin elintarvikkeet. Nämä kynnyksarvot koskevat ainakin toistaiseksi myös luomutuotantoa.

Taulukko 8. Esimerkkejä muuntogeenisten elintarvikkeiden ja rehujen merkinnöistä.^a

| Tuote | Esimerkki | Merkittiinkö ennen | Merkittiinkö nyt |
|---|---|---------------------------|-------------------------|
| Gm-kasvi | Sikuri | Kyllä | Kyllä |
| Gm-siemenet | Maissinjyvä | Kyllä | Kyllä |
| Gm-elintarvike | Maissi, soijapavun itu, tomaatti | Kyllä | Kyllä |
| Gm- organismista valmistettu tuote | Maissijauho ^b | Kyllä | Kyllä |
| Gm-organismista valmistettu tuote | Maissiöljy, soijaöljy, rapsiöljy ^c | Ei | Kyllä |
| Gm-organismista valmistettu tuote | Maissitärkkelyksestä valmistettu glukoosisiirappi ^f | Ei | Kyllä |
| Gm-entsyymien avulla valmistettu elintarvike | Mehu, joka on kirkastettu pektinaasilla ^d | Ei | Ei |
| Gm-rehulla syötetystä eläimestä saatu elintarvike | Munat, liha, maito ^e | Ei | Ei |
| Gm-organismista tuotetut lisäaineet | Gm-soijasta valmistettu puhdistettu lesitiini, joka on suklaassa ^c | Ei ^f | Kyllä |
| Gm-rehu | Maissi | Ei ^f | Kyllä |
| Gm-organismista valmistettu rehu | Maissigluteenirehu, soijajauho | Ei | Kyllä |
| Gm-organismilla tuotettu fermentaatiotuote | Vitamiini B2 | Ei | Ei ^g |

^a Esimerkkeinä on muuntogeenisiä elintarvikkeita ja -rehuja, joita ei ole hyväksytty markkinoille Euroopan unionissa.

^b Tuotteessa on muuntunutta dna:ta ja proteiinia.

^c Tuotteessa ei ole muuntunutta dna:ta tai proteiinia.

^d Valmistuksen apuaineet, joita käytetään ainoastaan elintarvikkeiden tai rehujen valmistusprosessissa, eivät kuulu elintarvikkeen tai rehun määritelmään, eivätkä ne siksi kuulu asetuksen EY N:o 1829/2003 soveltamisalaan.

^e Asetuksen soveltamisalaan eivät myöskään kuulu elintarvikkeet ja rehut, jotka saadaan muuntogeenisellä rehulla ruokituista tai muuntogeenisillä lääketuotteilla lääkityistä eläimistä.

^f Aikaisemmat säädökset eivät koskeneet lisäaineita tai rehuja

^g EU:n komission pysyvän komitean (elintarvikeketju ja eläinten terveys) gmo-jaoston kokous 24.9.2004 hyväksyi komission tulkinnan, jonka mukaan asetuksen 1829/2003 soveltamisalaan eivät kuulu muuntogeenisen mikro-organismien avulla valmistetut fermentaatiotuotteet, joissa ei enää ole jäljellä muuntogeenistä mikrobia. Tällaisia fermentaatiotuotteita ovat esimerkiksi lisäaineet, aromit ja vitamiinit.¹⁴

¹⁴ Näitä fermentaatiotuotteita eivät koske asetuksen vaatimukset ilmoittamisesta ja pakkausmerkinnöistä.

Muuntogeenistä mikrobia tulee kuitenkin kasvattaa suljetuissa olosuhteissa. Lisätietoja:

<http://www.elintarvikevirasto.fi/>.

Kokouspöytäkirja: http://europa.eu.int/comm/food/committees/regulatory/scfcah/modif_genet/summary03_en.pdf

Muuntogeenisten organismien merkintää ja jäljitettävyyttä koskevan asetuksen 1830/2003¹⁵ mukaan gm-organismeja sisältävät tuotteet on merkittävä ja niiden kulkeutumista tuotantoketjussa on valvottava. Toimijoiden on myös välitettävä tieto tuotteen sisältämästä muuntogeenisestä ainesosasta, kun sitä luovutetaan eteenpäin tuotantoketjussa, sekä säilytettävä tiedot viiden vuoden ajan. Asetuksen 1830/2003 tärkeimpinä tavoitteina ovat, että muuntogeenisiä ainesosia sisältävät tuotteet on kattavasti merkitty, merkintöjä voidaan kontrolloida, tuotteen mahdollisia vaikutuksia voidaan seurata, ja että tuote voidaan tarvittaessa myös vetää kohdennetusti pois markkinoilta.

Muuntogeenisten tuotteiden hyväksyminen EU:ssa¹⁶

Euroopan unionissa ei vuosien 1998 - 2003 välisenä aikana hyväksytty uusia muuntogeenisiä organismeja markkinoitavaksi. Tämän ns. moratorion aikana kehitettiin yhteisöainsäädäntöä muun muassa uudistamalla avoimen käytön direktiivi (2001/18/EY¹⁷) sekä luomalla säädökset muuntogeenisten elintarvikkeiden ja -rehujen tuotehyväksynnästä ja merkinnästä sekä jäljitettävyydestä (asetukset 1829/2003 ja 1830/2003).

Gm-organismien sekä muuntogeenisten elintarvikkeiden ja rehujen arvioimisessa ja lupamenettelyssä on käytössä "yhden luukun" periaate. Tämän mukaan on mahdollista jättää yksi ainoa hakemus luvan saamiseksi gm-organismien tarkoitukselliseen levittämiseen direktiivissä 2001/18/EY säädettyjen perusteiden mukaisesti sekä käyttöön ottamiseen elintarvikkeena ja/tai rehuna asetuksessa (EY) N:o 1829/2003 säädettyjen perusteiden mukaisesti.¹⁸

Menettelyjen mukaan muuntogeenisiä organismeja tai niistä peräisin olevia aineosia sisältävälle elintarvikkeelle tai rehulle voidaan hakea markkinointilupaa esimerkiksi pelkkään elintarvike- tai rehukäyttöön (jolloin kyse on tuonnista) mutta myös EU:ssa viljeltäväksi (mikäli myös se on tarkoituksena). Luvat voidaan hakea samalta toimivaltaiselta viranomaiselta yhdellä hakemuksella. Mikäli tuote on tarkoitettu viljelykäyttöön, asetus 1829/2003 edellyttää siitä direktiivin 2001/18/EY mukaisen ympäristöriskien arvioinnin. Arviointi on tehtävä myös, jos elintarvikkeeksi tai rehuksi tarkoitettu tuote sisältää eläviä, lisääntymiskykyisiä muuntogeenisiä organismeja, kuten itämiskykyisiä siemeniä.

Sellaiselle gm-organismille, jota voidaan käyttää sekä elintarvikkeena että rehuna, tulisi hakemusta arvioitaessa pyrkiä siihen, että lupa annettaisiin molempiin käyttötarkoituksiin tai ei ollenkaan. Hakijan on liitettävä hakemukseen suunnitelma markkinoille saattamisen jälkeen suoritettavasta seurannasta. Luvan saaneet tuotteet merkitään muuntogeenisten elintarvikkeiden ja rehujen julkiseen rekisteriin. Lupa myönnetään normaalisti kymmeneksi vuodeksi, ja se voidaan uusida 10 vuodeksi kerrallaan.

Gm-organismien tarkoituksellisesta ympäristöön levittämistä koskevien säännösten (direktiivin 2001/18/EY ja aikaisemmin direktiivin 90/220/EY tai uuselintarvikeasetuksen (EY) N:o 258/1997)

¹⁵ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1830/2003, annettu 22 päivänä syyskuuta 2003, muuntogeenisten organismien jäljitettävyydestä ja merkitsemisestä ja muuntogeenisistä organismeista valmistettujen elintarvikkeiden ja rehujen jäljitettävyydestä sekä direktiivin 2001/18/EY muuttamisesta. Virallinen lehti nro L 268 , 18/10/2003

¹⁶ http://europa.eu.int/comm/food/food/biotechnology/gmfood/legisl_en.htm

¹⁷ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/18/EY, annettu 12 päivänä maaliskuuta 2001, geneettisesti muunnettujen organismien tarkoituksellisesta levittämisestä ympäristöön ja neuvoston direktiivin 90/220/ETY kumoamisesta [EYVL L 106, 17/04/2001]

¹⁸ Selostus hyväksymisprosessista, ks. MEMO/04/102

mukaisesti on EU:ssa tähän mennessä hyväksytty yhteensä 18 muuntogeenistä organismia eri käyttötarkoituksiin kuten maanviljelyyn, tuontiin, jalostukseen, rehuiksi ja elintarvikkeiksi. Ravintokasveista tässä joukossa ovat edustettuina maissi, rapsi, soijapapu ja sikuri.

EU:ssa voidaan markkinoida 17 gm-organismista saatuja tuotteita elintarvikkeina.¹⁹ Näihin kuuluvat

- muuntogeeninen soijalajike ja muuntogeeninen maissilajike, jotka hyväksyttiin direktiivin 90/220/ETY nojalla ennen uuselintarvikkeista ja elintarvikkeiden uusista ainesosista annetun asetuksen voimaantuloa
- jalostetut elintarvikkeet, jotka on saatu muun muassa seitsemästä rapsilajikkeesta, neljästä maissilajikkeesta, sekä kahden eri puuvillalajikkeen siemenöljy
- Bt11-sokerimaissi. Euroopan komissio hyväksyi 19. toukokuuta 2004 sen saattamisen markkinoille tuontituotteena elintarvikkeikäyttöön (Bt11-maissin viljelyä koskevan lupahakemuksen käsittely on vielä kesken.)²⁰
- NK603 maissi. Euroopan komissio hyväksyi 26.10.2004 sen saattamisen markkinoille elintarvikkeena ja elintarvikkeen ainesosana.²¹

Aikaisemmin hyväksytyjä muuntogeenisiä tuotteita saadaan edelleen pitää markkinoilla. Toimijoiden tuli kuitenkin toimittaa komissiolle asetuksen 1829/2003 (artikla 8) mukaiset tiedot kuuden kuukauden kuluessa asetuksen voimaantulosta.²² Myös nämä gm-tuotteet merkitään julkiseen rekisteriin, ja 10 vuoden määräaikaa kyseisen tuotteen ensimmäisestä markkinoille saattamisesta sovelletaan myös niihin.²³

Direktiivin 2001/18/EY mukaiseen lupamenettelyyn toimitettujen ilmoitusten yhteenvedot julkaistaan keskitetysti internet-sivustolla.²⁴ Lokakuussa 2004 C-osan ("Gm-organismien markkinoille saattaminen tuotteina tai tuotteissa") mukaisia ilmoituksia oli yhteensä 28 kpl, ja asetuksen 1829/2003 mukaisia ilmoituksia oli jätetty komissiolle 29^{25,26} kappaletta ja uusia hakemuksia on EFSA:lle jätetty arvioitavaksi 10 kpl.

Euroopan komissio hyväksyi 19. heinäkuuta 2004 muuntogeenisen NK603-maissin saattamisen markkinoille rehuna. Hyväksyntä koskee maissin tuontia ja jalostusta ainoastaan rehuiksi tai teollisuustarkoituksiin.

NK603-maissin tuonti voi kuitenkin alkaa vasta, kun maissi on hyväksytty myös elintarvikkeikäyttöön. Muuntogeenisille organismeille, joita todennäköisesti käytetään sekä elintarvikkeina että rehuina, on nimittäin annettava lupa joko molempiin käyttötarkoituksiin tai ei ollenkaan.²⁷

Syyskuun 9. päivänä 2004 hyväksyttiin unionin yhteiseen lajikeluetteloon 17 muuntogeenisestä maissista (MON810) peräisin olevaa lajiketta. MON810-maissi on ollut direktiivin 90/220/ETY

¹⁹ http://europa.eu.int/comm/food/food/biotechnology/authorisation/list_author_gmo_en.pdf

²⁰ http://europa.eu.int/comm/food/food/biotechnology/authorisation/258-97-ec_authorized_en.pdf

²¹ IP/04/957

²² Komissiolle toimitetut tiedot jo olemassa olevista tuotteista (asetuksen 1829/2003 artiklan 8 ja 20 mukaiset tuotteet)

http://europa.eu.int/comm/food/food/biotechnology/gmfood/notifications_existing_products.pdf

Ks. myös http://europa.eu.int/comm/food/food/biotechnology/gmfood/notification_en.htm

²³ IP/03/1056

²⁴ "Deliberate releases and placing on the EU market of Genetically Modified Organisms (GMOs)" <http://gmoinfo.jrc.it/>

²⁵ EU:n komission pysyvän komitean (elintarvikkeet ja eläinten terveys) gmo -jaoston kokous 24.9.2004 pöytäkirja

http://europa.eu.int/comm/food/committees/regulatory/modif_genet/summary240904_en.pdf

²⁶ Ks. http://europa.eu.int/comm/food/food/biotechnology/gmfood/index_en.htm

²⁷ IP/04/957

mukaisesti hyväksyttynä jo vuodesta 1998. Päätöksen jälkeen kylvösiemeniä saa markkinoida kaikissa jäsenvaltioissa. Aikaisemmin lajikkeet oli merkitty ainoastaan Espanjan ja Ranskan lajikeluetteloihin.²⁸

Kylvösiementuotanto

Yhteisölainsäädäntö kylvösiementen kynnysarvoista on tekeillä. Ehdotuksen mukaan yhteisössä ei saa markkinoida kylvösiemenenä kasvilajiketta, jossa esiintyy epäpuhtautena muuntogeenistä siementä yli lajikohtaisessa kynnysarvossa säädetyn pitoisuuden.

Kynnysarvojen määrittäminen on vielä kesken, mutta komissio on ehdottanut lajista riippuen arvoja 0,3, 0,5 ja 0,7 prosenttia. Suuruuden määräytymiseen vaikuttaisi mm. kasvilajin lisääntymisstrategia.

Kylvösiementen kynnysarvoja valittaessa otetaan huomioon, millä todennäköisyydellä geenivirtaa tapahtuu ristipölyttymisen, jääntikasvien ja maaperään kertyvien siementen (siemenpankin) kautta. Kylvösiementen kynnysarvojen tulisi olla sellaisia, että tahattoman gm-aineksen pitoisuus muilta kuin gm-viljelyksiltä saatavissa tuotteissa ei pääsäännön mukaan ylitä EY-säädöksissä määriteltyä kynnysarvoa (0,9 prosenttia), joka laukaisisi tuotteen merkintävaatimuksen.

Keskeinen kansallinen kylvösiementuotantoa koskeva lainsäädäntö on koottu maa- ja metsätalousministeriön internet-sivuille:

? Siemenkauppalaki 728/2000

- o MMMa viljakasvien siemenkaupasta 109/00, muutos 33/03
 - o MMMa nurmi- ja rehuksien siemenkaupasta 110/00, muutos 32/03
 - o MMMa öljy- ja kuitukasvien siemenkaupasta 111/00, muutos 28/03, muutos 6/04
 - o MMMa siemenperunan kaupasta 112/00, muutos 22/01, muutos 30/03, muutos 69/04
 - o MMMa vihanneskasvien siemenkaupasta 113/00, muutos 27/03
 - o MMMa juurikkaiden siemenkaupasta 114/00, muutos 34/03
 - o MMMa kasvilajikkeiden lajikeluettelosta 51/04
 - o MMMa kylvösiemenseoksista 116/00
 - o MMMa viljakasvien sekä nurmi- ja rehuksien maataislajikkeiden siemenkaupasta 117/00, muutos 31/03
 - o MMMa viljelystarkastusten suorittamisesta 118/00, muutos 29/03
 - o MMMa siemenkaupan valvonnasta 119/00
 - o MMMa viranomaisen valvomasta näytteenotosta kylvösiementuotannossa 44/03, muutos 48/04
- ? Laki hukkakauran torjunnasta 185/2002
- o MMMa hukkakauran torjunnasta 326/2002
 - o MMMa hukkakauran torjunnasta aiheutuvien kustannusten korvaamisesta 32/02
 - o MMMa hukkakaurasta kylvösiementuotannossa 43/02, muutos 23/03
- ? Laki kasvinjalostajan oikeudesta 789/1992, muutos 721/1995, muutos 238/1999, muutos 651/2000

²⁸ IP/04/1803

Luonnonmukainen tuotanto

Luonnonmukaiseen tuotantotapaan sovellettavat vähimmäisvaatimukset ovat neuvoston asetuksessa (ETY) N:o 2092/91²⁹ ja niitä on sovellettava sellaisenaan kaikissa jäsenvaltioissa. Asetusta täydennettiin asetuksella 1804/1999³⁰. Yhteisölainsäädäntö kieltää muuntogeenisten organismien ja niistä johdettujen tuotteiden käytön luonnonmukaisessa tuotannossa (lukuun ottamatta eläinlääkkeitä). Tuotteet merkitään nykyisen merkintälainsäädännön mukaisesti (ks. *Muuntogeeniset elintarvikkeet ja rehut, merkintä ja jäljitettävyys*).

Keskeinen kansallinen luomutuotantoa koskeva lainsäädäntö on koottu maa- ja metsätalousministeriön internet-sivuille:

- Laki 1100/1994 Euroopan yhteisön yhteisen maatalouspolitiikan täytäntöönpanosta ja muutos 273/2003
- KTMa 773/2000 lisäaineiden ja muiden vastaavien aineiden käytöstä luonnonmukaisesti tuotettuina markkinoitavissa eläimistä saatavissa elintarvikkeissa
- MMMa 346/2000 luonnonmukaisesti tuotettujen maataloustuotteiden, elintarvikkeiden ja alkoholijuomien valvonnan järjestämisestä ja muutokset 127/2001, 712/2003 ja 897/2003
- MMMa 74/00 luonnonmukaisesta eläintuotannosta ja muutos 39/2003
- MMMa 1271/2003 luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävästä lisäysaineistosta.

Cartagenan bioturvallisuuspöytäkirjan velvoitteet

Biodiversiteettisopimuksen (CBD 1992) alaisen Cartagenan bioturvallisuuspöytäkirjan tavoitteena on ennalta varautumisen periaatteen mukaisesti suojella biologista monimuotoisuutta ja sen kestävää käyttöä elävien muuntogeenisten organismien siirtämisen, käsittelyn ja käytön haitallisilta vaikutuksilta erityisesti valtioiden rajat ylittävissä siirroissa, ottaen huomioon myös ihmisen terveydelle aiheutuvat riskit. Pöytäkirjan määräykset täytäntöön panevalla Euroopan yhteisön lainsäädännöllä (erityisesti ns. vientiasetus EY n:o 1946/2003³¹) on otettu käyttöön yhteinen ilmoitus- ja tietojärjestelmä, jonka avulla voidaan varmistaa elävien muuntogeenisten organismien siirtojen riittävääntasoinen turvallisuus Euroopan yhteisön ja sen ulkopuolisten maiden välillä.

Pöytäkirja astui Suomessa voimaan lokakuussa 2004.³² Pöytäkirjan tarkoittamana kansallisena tiedonvälityskeskukseksi toimii ympäristöministeriö, ja sen tarkoittamaksi toimivaltaiseksi kansalliseksi viranomaiseksi säädetään geenitekniikkalaissa geenitekniikan lautakunta.

²⁹ Neuvoston asetus (ETY) N:o 2092/91, annettu 24 päivänä kesäkuuta 1991, maataloustuotteiden luonnonmukaisesta tuotantotavasta ja siihen viittaavista merkinnöistä maataloustuotteissa ja elintarvikkeissa

³⁰ Neuvoston asetus (EY) N:o 1804/1999, annettu 19 päivänä heinäkuuta 1999, maataloustuotteiden luonnonmukaisesta tuotantotavasta ja siihen viittaavista merkinnöistä maataloustuotteissa ja elintarvikkeissa annetun asetuksen (ETY) N:o 2092/91 täydentämisestä siten, että asetus käsittää myös eläintuotannon

³¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1946/2003, annettu 15 päivänä heinäkuuta 2003, muuntogeenisten organismien valtioiden rajat ylittävistä siirroista (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti) http://europa.eu.int/eur-lex/pri/fi/oj/dat/2003/l_287/l_28720031105fi00010010.pdf

³² <http://europa.eu.int/scadplus/leg/fi/lvb/l28119.htm>

2. YLEISET AGRONOMISET TOIMENPITEET

1. Maanmuokkaus, kylvö ja sadonkorjuu

Hyvä maatalouskäytäntö

Tavanomaisen hyvän maatalouskäytännön noudattaminen edellyttää, että pelto muokataan ja lannoitetaan tarkoituksenmukaisella tavalla ja kylvö tehdään niin, että tasainen itäminen on mahdollista. Viljeltävien kasvilajien ja lajikkeiden on oltava alueelle soveltuvia. Siemenmäärässä on otettava huomioon sekä viljelyalue että siemenkoko. Lohkojen on oltava kasvukunnoltaan sellaisia, että siltä on mahdollista saada korjatuksi markkinakelpoinen sato. Tähän kuuluu myös kasvinsuojelusta huolehtiminen. Kasvinsuojelu voidaan toteuttaa esimerkiksi kasvinvuorotuksen avulla, mekaanisesti, biologisesti tai kemiallisesti. Myös hukkakauraa on torjuttava. Tarkoituksenmukaisella lannoituksella tarkoitetaan, että peltoa viljellään huolehtimalla kasvien tasapuolisesta ravinteiden saannista. Sato on korjattava tai aluetta on muutoin laidunnettava asianmukaisesti (MMM 2001, Muhos 2004, Verso 2004).

Maan muokkaus siemenpankin vähentämiseksi

Pellolla taimettuvien siementen ja maassa olevien rikkakasvisiementen (siemenpankin) lajikoostumus ja runsaus ovat paljolti seurausta maan viljelyhistoriasta. Siemenpankissa on enimmäkseen rikkakasvilajeja, jotka ovat sopeutuneet viljelyjärjestelmään. Muokkaus vaikuttaa siementen taimettumiseen ja siementuotantoon sekä siementen sijoittumissyvyyteen maassa. Kyntö kääntää uudet siemenet syvälle maahan nostaen samalla vanhoja siemeniä pintaan. Kyntämättä viljelyssä maata muokataan vähemmän ja matalampaan kuin kynnössä, joten suuremman siemenpankin kertyminen pintamaahan on mahdollista. Toisaalta kyntämättömässä maassa siemenet pysyvät lähellä maan pintaa, josta ne itävät herkemmin. Tällöin tehokas rikkakasvien torjunta voi vähentää siemenmäärän pieneksi muutamassa vuodessa. Lämpötilan vaihtelut tuhoavat myös maan pinnalle jääneitä siemeniä. On arvioitu, että viljelykasvin sato, maaperän ominaisuudet sekä rikkakasvillisuus saavuttaisivat uuden tasapainotilan, kun samaa muokkauuskäytäntöä on jatkettu 4 - 10 vuotta.

Taimettuvien siementen määrä ei selity yksinomaan maassa olevien siementen määrällä. Eri tekijät, kuten itämislepo, valon puute, maan lämpötila ja liiallinen kosteus tai kuivuus, aineenvaihdunta- tuotteet ja alentunut happipitoisuus voivat kasvilajista riippuen estää muuten itämisvalmiiden siementen itämisen.

Siementen itämiskyky vaihtelee paljon lajista toiseen, mutta osa siemenistä voi säilyä maassa vuosia. Vaikuttavia tekijöitä ovat mm. maalaji ja muokkaustekniikka. Siemenet säilyvät itämiskykyisinä sitä kauemmin mitä syvempään on kynnetty. Saponkorjuun jälkeen kuudessa kuukaudessa itämiskyky häviää 90 prosentilla siemenistä, mutta loput siemenistä säilyttivät itämiskykynsä vuosikausia. Kevyemmällä muokkauksella ja myöhästetyllä kyntämisellä 95 prosentilla siemenistä itämiskyky ei tutkimusten mukaan säilynyt kuin 20 kuukautta. Kun siirryttiin tavanomaiseen kyntömuokkaukseen heti sadonkorjuun jälkeen, siemenet säilyivät itämiskykyisinä kaksi kertaa kauemmin (DIAS 2003).

Kasvilajeista kauran, vehnän, maissin ja rukiin siementen ja sipulin siemenpankit häviävät maaperästä pääsääntöisesti vuodessa. Ohran ja monivuotisen raiheinän siementen siemenpankit säilyvät maaperässä yhdestä neljään vuoteen. Öljykasvien siemenet, apiloiden ja perunan siemenpankit voivat edullisissa oloissa säilyä maaperässä useita vuosia. Itävyys laskee kuitenkin vuosi vuodelta, jolloin siemenpankin käytännön merkitys vähenee. Esimerkiksi perunan mukuloita ei kannata yrit-

tää säilyttää yli 10 vuoden edes tarkimmin säädelyissä laboratorio-oloissa. Yleisesti ottaen pienet siemenet säilyvät maaperässä itämiskykyisinä kauemmin ja leviämät esimerkiksi tuulen mukana kauemmas kuin suuret siemenet. Lajike vaikuttaa myös siemenpankin syntymiseen (DIAS 2003).

Siemenpankin vähentämiseksi olisi otettava huomioon seuraavat seikat.

- Siemenet häviävät tai niiden itämiskyky häviää parhaiten maan pinnalla. Suomessa siemenet eivät talvehdi hyvin tai linnut syövät niitä. Myös erilaiset kasvintuhoojat vaikuttavat siementen säilyvyyteen ja terveyteen. Syksyllä itämään ehtineet kasvustot voidaan hävittää kemiallisesti tai mekaanisesti. Syysviljojen viljely lisää siemenpankkia, koska maa on muokattava heti sadonkorjuun jälkeen.
- Syvä kyntö vaikuttaa itämislepoon ja siemenet säilyvät itämiskykyisinä kauemmin. Siemenpankin itämislepo ja itävyys häviävät, kun siemenet ovat maan pinnalla.
- Ilmasto, maaperän kosteus ja lämpötila vaikuttavat osaltaan itämislepoon ja siementen säilyvyyteen. Lämpimissä oloissa ja/tai kosteassa maaperässä itämislepo lyhenee.
- Kasvinvuorotuksella pystytään vähentämään siemenpankkia, esimerkiksi siten, että muuntogeenisen lajin jälkeen viljellään tavanomaisesti jalostettua toista lajia. Paras tulos saadaan, jos heinämäiset ja kaksisirkkaiset kasvit vuorottelevat ja käytetään tehokkaita valikoivia torjunta-aineita silloin kuin tämä on mahdollista. Kylvösiementuotannossa esikasvirajoituksilla pyritään estämään lajien ja lajikkeiden sekoittuminen keskenään.

Jääntikasvien vähentäminen

Jääntikasvilla tarkoitetaan mukuloiden tai juurikkaiden muodostamaa kasvustoa, joka säilyy talven yli maassa ja alkaa kasvaa seuraavana keväänä ja muodostaa taas uusia mukuloita tai juurikkaita. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen kokemuksen mukaan Suomen olosuhteissa sokerijuurikkaalla routa hävittää jääntikasvit. Perunalla sen sijaan ongelma on monimutkaisempi (vrt. 3.4. Sokerijuurikas ja 3.5. Peruna).

Esikasvirajoituksilla ja maan muokkauksen oikealla ajoituksella pystytään paljolti ratkaisemaan jääntikasviongelmaa.

Piennarten ja suojakaistojen käsittely

Pientareiden ja suojakaistojen merkitys kasvintuotannossa on kahtalainen. Pientareilla tauti-, tuholais- ja rikkakasviongelmat lisääntyvät, viljeltävää pinta-alaa on vähemmän ja hoito on hankalampaa ja kalliimpaa. Toisaalta pientareet ja suojakaistat vähentävät eroosiota sekä ravinteiden ja kasvinsuojeluaineiden kulkeutumista pellon ulkopuolelle. Lisäksi ne ovat elinympäristönä kasvituholaisten luontaisille vihollisille ja mahdollistavat monipuolisen eliöstön esiintymisen. Nykyisen ympäristötuen ehtona on, että pientareilla ja suojakaistoilla on monivuotinen kasvillisuus.

Siemenet, jyvät sekä siitepöly kulkeutuvat pellolta toiselle ja piennaralueille sekä suojakaistoille lintujen ja muiden eläinten ja hyönteisten sekä tuulten ja ilmavirtausten tai työkoneiden välityksellä. Kylvö- ja korjuuajankohdan sääolot, kuten tuulen voimakkuus ja suunta vaikuttavat piennarten siemenpankin syntymiseen. Ympäristötuen ehtojen mukaisesti piennaralueet ja suojakaistat tulisivat jättää kyntämättä, jolloin pääosa siemenistä häviää talven kuluessa. Huolellinen koneiden puhdistus ennen siirtymistä muuntogeenisen lajikkeen viljelykseltä muille viljelyksille estää siementen leviämisen ja sekoittumisen.

Kylvöajankohdan määrittäminen

Laji- ja lajikevalinnalla pystytään vaikuttamaan sadon valmistumiseen. Muuntogeenisiä lajikkeita viljeltäessä ja risteytymien ehkäisemiseksi lajikevalinnoissa on otettava huomioon lajikkeen kasvu-aika ja pölytysvaihe. Jos alueella viljellään muuntogeenisen lajikkeen ohella muita saman lajin lajikkeita, voidaan tahaton lajikkeiden välinen pölyttyminen minimoida tai estää huolehtimalla siitä, että lajikkeilla on eri kasvu-aika.

Viljoilla tämä onnistuu, sillä niillä pölytys tapahtuu lyhyessä ajassa. Rapsi aloittaa kukinnan noin viikkoa myöhemmin kuin rypsi, mutta kukkimisaika voi kuitenkin kestää jopa 3-4 viikkoa, joten kukinta voi olla osittain päällekkäistä. Syysrypsi helpottaisi kukinnan eriyttämistä. Suomessa menestyviä syysrypsilajikkeita ei ole kuitenkaan helppo jalostaa. Toistaiseksi meillä on viljelty syysrypsii vähäisessä määrin ja vain paria lajiketta.

Suomessa viljellään vain ohran ja kauran kevätlajikkeita. Vehnällä sen sijaan on Suomen olosuhteisiin sopivia syys- ja kevätlajikkeita. Rukiilla puolestaan ei ole yhtä uutta kotimaista lajiketta lukuun ottamatta kuin syyslajikkeita. Syysviljoilla aikaisen syyskylvön takia oraat ehtivät kasvaa usein varsin reheviksi, jolloin kasvintuhoojariski kasvaa. Rukiin on todettu kärsivän aikaisesta kylvöstä vähemmän kuin syysvehnän. Syksyllä tehdyllä torjuntakäsittelyllä estetään maahan varisseista siemenistä itäneiden kasvien kasvu.

Kylvöajankohtaan vaikuttavat laji- ja lajikevalinnan lisäksi myös monet muut tekijät, kuten maalaji, kuivatusjärjestelmä sekä säätekijät. Epäsuotuisat sääolot ja optimikylvöajankohdan lyhyys Suomessa aiheuttavat usein sen, että kylvöjä ei saada tehdyksi sopivaan aikaan. Varsinkin savimailla on optimikylvöaika hyvin lyhyt. Se kestää 3 - 5 päivää. Aikaisin kylvettäessä kuorettumisriski kasvaa hiesu- ja savimailla ja maan hidaskäynnin lämpeneminen vaikuttaa lopulliseen sadon määrään ja laatuun. Paras kylvöajankohta kevätiljoilla ja öljykasveilla on toukokuun alku. Syysvehnän kylvöaika on yleensä elokuun lopulla tai heti syyskuun alussa. Rukiin sopiva kylvöaika on Etelä-Suomessa elokuun lopulla ja pohjoiseen päin mentäessä hieman aikaisemmin.

Perunan sopiva istutusaika määritellään maan lämpötilan, maalajin ja lajikkeen mukaan. Keskimäärin paras istutusaika on toukokuun keskivaiheilla. Sokerijuurikkaalla ainoastaan aikainen, jo huhtikuussa tehty kylvö takaa kunnollisen sadon. Perunalla ja sokerijuurikkaalla ei tahaton lajikkeiden välinen pölyttyminen johda ongelmiin, koska siemen ei ehdi tuleentua lyhyen kasvukauden aikana (asia kaipaa lisäselvitystä). Sen sijaan ns. jäätikasviongelma voi aiheuttaa lajikkeiden välistä sekaannusta.

Koneiden ja laitteiden sekä puimurin puhdistaminen

Siemenet leviävät helposti koneiden ja laitteiden välityksellä. Huolimatta siitä, että koneiden ja laitteiden perusteellinen puhdistus on työläs ja joskus vaikeakin työvaihe, on se välttämätön etenkin kun siirrytään lajista ja lajikkeesta toiseen ja uusille peltolohkoille. Huolellisuuden merkitys korostuu, jos joudutaan ylittämään naapuruston peltoja tai muita maa-alueita.

Koneiden ja laitteiden puhdistus ei toistaiseksi kuulu tukien saannin edellytyksenä olevaan hyvän maatalouskäytännön määritelmään. Sitä mukaa kun muuntogeeniset kasvit tulevat tuotantoon, on hyvän maatalouskäytännön määritelmää syytä muuttaa ja lisätä siihen myös koneiden ja laitteiden puhdistus. Rahtipuinnissa tämä ei tule olemaan ongelmatonta.

Tahattoman risteytymisen vähentäminen

Pellon koolla (vrt. taulukot 3 ja 4) ja muodolla on huomattava vaikutus siihen, miten suureksi muodostuu siihen tuleva geenivirta. Kun viljelyalat ovat suuria, tapahtuu niillä suurin osa pölytyksistä viljelyalan sisäisesti. Jos taas pientä alaa viljellään suuren peltoalueen vieressä, jolla kasvaa saman kasvin toista lajiketta, niin oleellisesti suurempi osa pienen alan siemenistä voi saada alkunsa toiselta alueelta tulleesta siitepölystä. Pienestä alasta on näet suhteellisesti suurempi osa viljelyksien välistä reuna-aluetta. Tämä vielä korostuu, jos ala on kapea ja vieras lajike kasvaa sen pitkällä sivustalla.

Tahattoman geenivirran vähentämiseksi lajikkeesta toiseen kannattaisi kullakin lajikkeella pyrkiä mahdollisuuksien mukaan yhtenäisiin, suuriin ja mitoiltaan tasasuhtaisiin (ei kapeisiin) viljelyaloihin.

Lajikkeiden välinen risteytyminen riippuu hyvin vahvasti myös pölytyksen lähteen koosta ja etäisyydestä. Näin on erityisesti juurikkailla ja maissilla.

Tahattoman risteytymisen vähentämisessä eristytettäisyys on keskeinen tekijä. Leviävän siitepölyn pitoisuus vähenee aluksi hyvin nopeasti etäisyyden kasvaessa. Hyvin pieniä pitoisuuksia voi silti levitä varsin kauas riippuen siitä, mikä on tuulen voimakkuus ja suunta sekä ilman lämpötila. Näistä pitoisuuksista kuitenkin vain murto-osa voi johtaa hedelmöitykseen ja siemenen muodostumiseen. Vastaanottavalla pellolla nimittäin oman siitepölyn pitoisuus on suuri ja sillä on etulyöntiasema hedelmöityksessä, erityisesti itsesiittoisilla kasvilajeilla. Kulkeutumisen myötä siitepölyn hedelmöittämiskyky usein myös heikkenee.

Puinti- ja korjuutappioiden vähentäminen

Puinnin tavoitteena on irrottaa jyvät tähkästä, röyhystä tai muusta kukinnosta mahdollisimman helppävaroin, mutta kuitenkin niin tehokkaasti, ettei puintitappioita synny. Jotta jyvät irtoaa tähkästä, tulee siihen kohdistaa ulkoapäin kovempi voima kuin millä jyvät on kiinni tähkässä. Irtoamisherkkyys on osittain laji- ja lajikeominaisuus, osittain siihen vaikuttavat kasvukauden olot. Myös jyvän paikka tähkässä vaikuttaa irtoamisherkkyyteen. Tähkän keskellä olevat jyvät ovat tiukemmin kiinni lapakossa kuin tähkän latvajyvät. Jyvän irrottamiseen tarvittava voima on kaiken kaikkiaan pienin tähkän ollessa täysin tuleentunut.

Siemenpankkia ja jääntikasveja voidaan vähentää parhaiten puinti- ja korjuutappioita vähentämällä. Puintitappioita voidaan vähentää puimurin säädöillä ja ajonopeuden valinnalla. Kasvuston tuleentumisaste vaikuttaa suuresti puintitappion suuruuteen. Liian myöhäinen korjuu (varsinkin rapsilla) aiheuttaa myös varisemistappioita jo ennen korjuuta. Perunan ja sokerijuurikkaan korjuutappioihin vaikuttavat yhtä lailla korjuukoneiden säädöt ja ajonopeus.

2. Sadon kuljetus, kuivaus ja varastointi

Siementen leviäminen on hyvin mahdollista, kun satoa kuljetetaan esimerkiksi pellolta kuivuriin tai tila- tai välivarastoon. Näin saattaa tapahtua erityisesti silloin, kun perävaunua ei ole peitetty. Siemenet voivat levitä myös muun käsittelyn aikana ja myös oljen käsittelyssä. Peruseriaatteena on kuitenkin oltava, että muuntogeenisen lajikkeen sato on aina ja kaikissa olosuhteissa pystyttävä jäljittämään. Lajikesekaannuksiin sovelletaan samaa vaatimusta, sen mukaan mitkä ovat kynnysarvo-vaatimukset.

Varastoinnin ja kuljetuksen aikana tapahtuva siementen leviäminen ympäristöön ja sekoittuminen voidaan parhaiten ja ainoastaan estää varastotilojen ja kuivurin perusteellisella puhdistuksella eri lajikkeen välillä. Näin tulisi menetellä erityisesti, jos ainakin yksi korjattu lajike on muuntogeeninen. Huolellisuutta tarvitaan myös kylvämättä jääneen, ylivuotisen muuntogeenisen kylvösiemenen sekä varastoon jääneen muuntogeenisen sadon varastoinnissa, ettei niistä tapahdu sekoittumista tavanomaiseen kylvösiemeneen.

3. Tietojen vaihto naapurustojen välillä

On myös ratkaistava naapurustojen välinen tiedonsaantioikeus. Naapurilohkoja viljelevällä on oltava oikeus saada tieto, mitä peltolohkoilla viljellään ja mitä tuotantotapaa on käytetty (vrt. tiedonsaantioikeus maaseutuelinkeinorekisteristä ja geenitekniikkalain mukainen ilmoitusvelvollisuus).

Komission suosituksessa annettujen suuntaviivojen mukaan sen, joka tuo uuden tuotantotavan³³ alueelle, olisi otettava huomioon gm-asioita koskeissa kysymyksissä muut viljelijät siten, että näiden muiden valinnat ovat etusijalla, on sitten kyse laji- tai lajikevalinnasta, viljelykierrosta tai kylvöajankohdasta (EU 2003b). Alueelle uudemman tuotantotekniikan tuoneen olisi tiedotettava hyvissä ajoin ennen kevättä aikeistaan kirjallisesti, johon vanhemman tekniikan omaksujan on myös annettava vastineensa hyvissä ajoin ennen kylvötöiden alkamista. Uudemman tekniikan tuoneen on sopeuduttava vanhemman vaatimuksiin sillä edellytyksellä, että vaatimuksia voidaan pitää kohtuullisina elinkeinonharjoittamisen kannalta. Menettelyjen on oltava selkeitä ja estettävä tahallisen häirintämahdollisuus.

4. Koulutus

Komission suosituksen mukaan jäsenvaltioiden olisi rohkaistava järjestämään viljelijöille vapaaehtoista tai pakollista koulutusta ja jatkokoulutusta, jotta viljelijöiden ja muiden tahojen tietoisuus rinnakkaiselokysymyksistä lisääntyisi (EU 2003b). Jäsenvaltioiden olisi myös tarjottava teknistä tietoa rinnakkaiseloon liittyvien toimenpiteiden toteuttamisesta. Soveltuvia toimenpiteitä olisivat esimerkiksi rinnakkaiselokysymyksiin erikoistuneen henkilöstön kouluttaminen ja palkkaaminen neuvontajärjestöissä, jotka edelleen voisivat neuvoa viljelijöitä rinnakkaiseloon liittyvistä toimenpiteistä.

Aiheeseen liittyvän oppaan laatiminen olisi myös välttämätöntä. Oppaassa olisi oltava yleinen selvitys rinnakkaiselosta, viljelyyn liittyvät toimenpidesuosituksot, -ohjeet sekä -määräykset. Lisäksi siihen olisi kirjattava kattava selvitys seurauksista, joita viljelijälle aiheutuu esimerkiksi muuntogeenisten lajien viljelystä. Viljelijöille olisi annettava tietoa myös rinnakkaiseloon liittyvistä velvollisuuksista, kuten tietyistä toimenpidevelvoitteista ja vahinkokorvausäännöksistä. Koulutuksen ja tiedotuksen välineenä voidaan tavanomaisten kurssien ja lehtiartikkelien lisäksi käyttää internetiä.

³³ Ilmaisuilla tarkoitetaan tuotantotapaa, jota kyseisellä alueella ei ole ollut aiemmin käytössä. Tämä voi siis tarkoittaa yhtä hyvin luomutuotantoa, tavanomaista tuotantoa tai muuntogeenisten lajikkeiden viljelyä.

5. Koneyhteistyö

Koneyhteistyössä on monia vaihtoehtoja. Naapuriapu on epävirallinen yhteistyömuoto, jolle ominaista ovat hyvät henkilösuhteet. Sitä ei ole aina ennalta suunniteltu tai sovittu. Naapuriapu voi olla koneiden lainaamista, työn tekemistä koneiden kanssa, ilman koneita tai työn tekemistä koneketjuna. Kirjallisia sopimuksia ei ole, ja toiminta on muutenkin hyvin vapaata ja joustavaa.

Moni viljelijä on suunnitellut yhteisen työketjun naapurin kanssa, milloin tehokkaan ja toimivan työketjun, kuten esimerkiksi äestys ja kylvö, muodostaminen yksin ei ole tarkoituksenmukaista. Yhteiset työketjut ovat koneyhteistyön yleisimpiä muotoja. Työketjut eroavat naapuriavusta siten, että työ on yhdessä etukäteen suunniteltu ja työn sujumisesta ollaan vastuussa toiselle. Toisaalta yhteisessä työketjussa ollaan myös riippuvaisia toisen työpanoksesta. Yhteisen työketjun koneet voivat olla kokonaan yhteisiä, tai jonkun osakkaan omistuksessa, tai jkainen osakas voi myös omistaa jonkun koneketjun koneen.

Urakoitsija tarjoaa maksua vastaan tehtyä konetyötä, jolloin samanaikaisesti saadaan töihin sekä kone että sen käyttäjä. Urakointi on voimakkaasti lisääntynyt osittain siksi, että työmäärä tiloilla lisääntyy sitä mukaa kuin tilakoko kasvaa. Urakoitsijana voi toimia itsenäinen yrittäjä, tai usein urakoitsija on osa-aikainen maanviljelijä.

Viljelijät tekevät harvoin kirjallisia sopimuksia koneyhteistyöstä. Usein asioista ei ole sovittu edes suullisesti. Muuntogeenisiä lajikkeita viljeltäessä on kuitenkin välttämätöntä, että koneyhteistyöstä on tehty kirjallinen sopimus. Sopimukseen on tarkoin kirjattava vastuukysymykset ja menettelytavat. Koneiden ja laitteiden puhdistus korostuu koneiden yhteiskäytössä. Sopimukseen on liitettävä myös ohjeet koneiden ja laitteiden käytöstä ja niiden puhdistuksesta siirryttäessä tilalta tai peltolohkolta toiselle sekä lajia ja lajiketta vaihdettaessa. Helposti risteytyviä lajeja viljeltäessä tai jos olosuhteet muutoin ovat rinnakkaiselon kannalta hankalat, koneiden yhteiskäytöstä olisi luovuttava kokonaan. Neuvonnallisia yksityiskohtaisia toimintaohjeita ei toistaiseksi ole laadittu koneiden ja laitteiden yhteiskäytöstä, mutta tarve korostuu sitä mukaa kun muuntogeenisiä kasveja aletaan viljellä. On myös ratkaistava naapurustojen välinen tiedonsaantioikeus. Naapurilohkoja viljelevällä on oltava oikeus saada tieto, mitä peltolohkoilla viljellään ja mitä tuotantotapaa on käytetty (vrt. tiedonsaantioikeus maaseutuelinkeinorekisteristä ja geenitekniikkalain mukainen ilmoitusvelvollisuus).

6. Kylvösiementuotanto

Kylvösiementuotannossa rinnakkaiselo on paljolti riippuvainen siitä saadaanko käytäntöön sopivat kylvösiementen kynnysarvot yhteismitallisesti sovituksi EU:ssa ja kansallisesti. Siinä on otettava huomioon tietyt maatalouskäytännöt, jotka eivät välttämättä ole kovinkaan erilaiset kuin tavanomaisessa kylvösiementuotannossa. Laissa ja muissa säädöksissä ei kuitenkaan voida aina kovin yksityiskohtaisesti määritellä hyvää maatalouskäytäntöä, joka olisi samanlainen eri tiloilla ja eri olosuhteissa. Pakostakin joudutaan tapauskohtaisiin ongelmaratkaisuihin.

Siemenviljely

Siementuotannolla tavoitellaan runsasta, tasakokoista, tervettä ja hyvin itävää jyvä-, siemen- ja mukulasatoa. Kasvupaikan valinta on tärkeä tasaisen, sopivan tiheän kasvuston rakentumiselle. Tällöin kasvuston kehittyminen, kypsyminen ja tuleentuminen sekä korjuukelpoisuuden saavutta-

minen tapahtuvat yhtenäisesti. Siemenviljelyyn varattavan lohkon on oltava hyvässä kasvukunnossa ja viljelyominaisuuksiltaan tasalaatuinen. Maalajin, ruokamultakerroksen syvyyden, pohjamaan ja maan kosteusolojen tulee olla mahdollisimman tasaisia. Siemenvilja on puitava erityisen tarkasti. Siemenviljelyyn kohdistuu lainsäädännössä erityisiä vaatimuksia (esikasvivaatimukset, eristysetiä-syydet ym.), joiden lisäksi siementuotantosopimuksia tekeillä yrityksillä on omia lisävaatimuksia mm. kasvinsuojeluaineiden käytöstä.

Sertifioitu siemen

Sertifioidulla kylvösiemenellä tarkoitetaan kylvösiemenen virallisesti varmennettua kauppaerää, jonka myyntipäälyys on virallisesti suljettu ja varustettu vakuustodistuksella. Vakuustodistus myönnetään sen jälkeen, kun siemenviljelyksen tarkastuksessa ja kunnostetusta siemenerästä virallisesti otetun näytteen tarkastuksessa on todettu, että siemenerä on oikein nimettyä, lajikepuhdasta, aitoa ja täyttää asetetut laatuvaatimukset (itävyys, kosteus, rikkapitoisuus, tautivapaus, jne.). Rinnakkaiselon mahdollistaminen on paljolti riippuvainen siitä, kuinka korkeatasoisia siemenen sertifiointitoimenpiteet ovat.

Sertifioidut siemenluokat ovat esiperussiemen, perussiemen ja sertifioitu siemen. Siemenluokka määräytyy kantasiemenestä polveutumisen, erän aitouden ja muiden laatuominaisuuksien mukaan. Jokaiselle siemenluokalle on lajeittain omat laatuvaatimuksensa. Siemenluokka on merkitty myyntipakkauksessa olevaan vakuustodistukseen ja sen voi tunnistaa myös todistuksen väristä. Vakuustodistuksesta ilmenee myös, onko lajike muuntogeeninen.

Sertifioitua kylvösiementä voidaan vapaasti markkinoida EU:n alueella, eikä sitä tarvitse uudelleen sertifioida siemenkaupassa jäsenvaltiosta toiseen. Peruseriaatteena on, että markkinoida saa ainoastaan sertifioitua kylvösiementä kansallisessa ja/tai EU lajikeluettelossa olevista lajikkeista. Muuntogeeniset lajikkeet on merkittävä.

Tilan oma siemen (TOS)

Tilalla tuotettua omaa siementä voi viljelijä käyttää omalla tilallaan. Lisätessään itse siementä viljelijä ottaa tietoisesti vastuun sen ominaisuuksista ja laadusta. Viljelijän on syytä varmistaa siemen laatu ja sen muuttumattomuus.

Luonnonmukaisesti tuotettu lisäysaineisto

Luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävän lisäysaineiston (esim. siemenet, taimet ja istukkaat) tulee olla luonnonmukaisella tuotantotavalla tuotettua aina kun sitä on saatavissa. Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK) julkaisee vuosittain luettelon lajikkeista, joista on saatavilla riittävästi luonnonmukaisella tuotantotavalla tuotettua lisäysaineistoa.

Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen arvion mukaan useimpien kasvilajien osalta siemenen riittävyys on lajitasolla riittävä, mutta lajikevalikoima on puutteellinen pohjoisen viljelyolosuhteisiin soveltuvien lajikkeiden osalta. Vuonna 2005 luomusiementen riittävyys tulee olemaan perunan osalta erittäin huono ja ruokaherneen sekä nurminadan osalta puutteellinen. Arvio perustuu ajanjaksolla 1.7.2003 - 30.6.2004 sertifioituihin määriin. Vuosina 2003 ja 2004 luonnonmukaisen kylvösiementuotannon laajuus oli noin 1 900 hehtaaria.

3. EHDOTUKSET KASVILAJIKOHTAISIKSI AGRONOMISIKSI TOIMENPITEIKSI

1. Ohra, vehnä ja kaura

Taustaa

Ohra (*Hordeum vulgare*), vehnä (*Triticum aestivum*) ja kaura (*Avena sativa*) ovat vahvasti itsestoisia lajeja, joilla pölytys tapahtuu tuulen avulla. Useimmat nykyajikkeet ovat suljetusti kukkivaa tyyppiä. Ristipölytyksen tuloksena syntyy siemenistä vain 2-10 prosenttia (Hammer 1975, 1977, Ritala ym. 2002, Jacot ym. 2004).

Ohran vuotuinen kokonaisviljelyala on noin 565 000 hehtaaria, ja sadosta menee rehuksi kolme neljäsosaa. Luonnonmukaisesti kasvatetun ohran viljelyala on 1,5 prosenttia koko ohra-alasta. Vehnällä viljelyala on noin 225 000 hehtaaria, ja sadosta menee rehuksi neljäsosa. Luonnonmukaisesti viljeltyä on 4 prosenttia vehnän viljelyalasta. Kauralla kokonaisala on noin 370 000 hehtaaria, ja sadosta menee rehuksi neljä viidesosaa. Luomua kauran viljelyalasta on 6,4 prosenttia (TIKE 2004, KTTK 2004).

Ohrasta ja kaurasta viljellään Suomessa vain kevätlajikkeita, kun taas vehnäalasta 18 prosenttia on syysvehnällä.

Ohraa ja kauraa voidaan viljellä myös Pohjois-Suomessa, mutta vehnän kaupallinen viljely keskittyy maan eteläosaan.

Viljelykäytännöt

Viljelykierto

Viljelykierto ei viljan viljelyssä ole laajasti käytössä Suomessa sen jälkeen, kun karjatilat ovat vähentyneet pääasiallisella vilja-alueella Etelä-Suomessa. Rypsi ja rapsi sopisivat viljan välikasviksi (joka viides tai kuudes vuosi), jos vain niiden rikkakasviksymykset saataisiin paremmin hallintaan. Kaksisirkkaisen välikasvin joukosta voidaan toisaalta viljan jääntiäksilöt helposti torjua, joten kierroksen jälkeen voidaan helpommin vaihtaa muuntogeenisestä viljasta saman kasvin ei-muuntogeeniseen lajikkeeseen.

Siemenviljely

Sertifioidun kylvösiemenen käyttöaste on Suomessa ohralla vain noin 30, vehnällä 20 ja kauralla 30 prosenttia.

Itsepölytteisten viljojen (ohra, vehnä, kaura) kylvösiemenviljelmälle asetettavat vaatimukset

Tässä on kuvattu vaatimukset, jotka kohdistuvat sertifioidun kylvösiemenen 1. sukupolveen. Ne perustuvat kansalliseen kylvösiementuotantoa koskevaan lainsäädäntöön (ks. 1.7., kohta *Kylvösiementuotanto*), ja niiden toteutumista valvoo Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Tavanomaisesti tuotetussa siemenerässä muuntogeenisen aineksen osuus saa olla enintään 0,5 prosenttia, ja luon-

nonmukaisessa tuotannossa on kynnysarvolle käytetty tässä raportissa työlukuna 0,1 prosenttia (kynnysarvoista päätetään yhteisötasoisesti).

- Siemenviljeltävästä lajikkeesta ei viljelmällä (tilalla) saa olla muita viljelyksiä, joista korjataan tuleentunut siemensato. Itsepölytteisistä lajeista samaan lajikeryhmään kuuluvista lajikkeista ei saa olla muita siemenviljelyksiä samalla viljelmällä.
- Esikasvirajoitukset. Sertifioidun siemenen tuotannossa pitää olla kulunut yksi vuosi siitä, kun viljelyksellä on viimeksi viljelty saman kasvilajin eri lajiketta tai saman lajikkeen aitoudeltaan tuntematonta erää.
- Eristysetäisyydet. Siemenviljelyksillä on yleensä noudatettava säädettyjä eristysetäisyyksiä sellaisiin kasvustoihin nähden, joiden kanssa ei-toivottu risteytyminen on mahdollista. Itsepölytteisillä viljoilla eristysetäisyyksiä ei kuitenkaan vaadita.
- Kasvuston ominaisuudet.
Aitouden suhteen vaaditaan, että kasvuston on oltava lajikkeeltaan tunnistettavaa, ja lajikepuhtauden on oltava vähintään 99,7 prosenttia.
Haitallisia, kylvösiemenen käyttöarvoa alentavia tauteja sallitaan vain vähän.
Viljelyksen puhtaudesta on huolehdittava siten, että kasvukauden aikana siltä poistetaan vieraat lajit ja lajikkeet. Siemenviljelys voidaan hylätä, jos haitallisia viljelykasveja tai rikkakasveja esiintyy runsaasti. Siemenviljelyksen sato hylätään, jos viljelyksellä todetaan hukkakauraa.
- Siementavaran laatuvaatimukset.
Aitouden suhteen vaaditaan, että siementen tulee olla riittävän lajiketunnistettavia ja puhtauden vähintään 99,7 prosenttia.
Itävyyden on oltava vähintään 85 prosenttia puhtaista siemenistä ja puhtauden vähintään 98 prosenttia painosta. Siementen kosteus saa olla enintään 16 prosenttia. Muiden kasvilajien siemeniä sallitaan enintään 10 kpl 500 grammassa, ja siemenen käyttökelpoisuutta vähentäviä tauteja saa olla vain vähän.

Sukulaislajit

Suomessa ei ole vakiintuneita esiintymiä ohran luontaisista villeistä sukulaislajeista, joiden kanssa se voisi risteytyä. Villiohrista esiintyy Suomessa satunnaiskasvupaikoilla (lähinnä satamissa) lajeja hiirenohra (*H. murinum*) ja partaohra (*H. jubatum*). Kotimaisissa kokeissa ohraa ei kuitenkaan saatu risteytymään näiden lajien kanssa väkisin risteyttämällä (Ritala ym. 2002). Lisäksi niiden harvat tilapäisesiintymät sijaitsevat yleensä kaukana ohran viljelypaikoilta. Partaohraa on tosin alettu myös kasvattaa puutarhoissa koristekasvina. Vehnä ei käytännössä risteydy kotimaisten heinälajien kanssa. Kaura risteytyy vain vaikeasti hukkakauran kanssa. Laji on myös lainsäädännössä määrätty hävitettäväksi viljelyksiltä. Viljojen kylvösiemenille vaatimus on ehdoton, ja hukkakauraa sisältävät siemenerät on tuhottava. Näistä syistä laji ei toimi määrällisesti merkittävänä geenien välitysreittinä kauran kylvösiemeneen.

Leviämistiet

Variseminen

Viljoja puitaessa siemeniä varisee jonkin verran pellolle, ja niistä voi periaatteessa syntyä seuraavan satokasvin sekaan jääntikasveja. Viljoilla siemenet kuitenkin harvoin säilyvät vuotta pidempään itämiskykyisinä. Viljat eivät myöskään pysty Suomessa villiintymään pysyviksi viljelykarkulais- tai villipopulaatioiksi.

Syysvehnän varisseet siemenet ovat paremmin varustautuneet itämään ja selviämään versoina talven yli, joten niitä esiintyy helpommin seuraavana vuonna jääntikasveina. Tämän torjumiseksi voidaan käyttää erityisiä toimia, kuten kasvilajin/lajikkeen vaihtoa ja itäneiden kasvien torjuntaa muokkaamalla maa itämisen jälkeen myöhään syksyllä tai ennen kylvöä seuraavana keväänä.

Pölytys

Suljetusti kukkivilla itsesiitteisillä lajikkeilla pölytys tapahtuu usein jo ennen kukan aukeamista, joten kasvin oma siitepöly on vahvassa etulyöntiasemassa. Ristipölytys on niillä vielä vähäisempää kuin avokukkaisemmilla lajikkeilla, joilla kukkien avautumisen jälkeen vierasta pölyä voi kulkeutua kukan sisään. Useimmat nykyaikaiset lajikkeet ovat kukkarakenteeltaan suljettuja. Hybridiohraa on koitettu kehittää avoimemmin kukkivista lajikkeista mutta vaatimattomin tuloksin - käytännössä riittävää ristipölytystä ei ole saatu aikaan.

Siitepölyn kulkeutuminen ja ristipölytys ovat itsesiitteisillä viljoilla merkitykseltään vähäisiä. Niiden määrä noudattaa tavanomaista, niin sanottua leptokurtista kaavaa. Määrä vähenee aluksi hyvin nopeasti etäisyyden mukana, mutta hyvin pieniä määriä siitepölyä voi kulkeutua kauemmas. Kaukokulkeutuma tuottaa kuitenkin erittäin niukasti epäpuhtautta siementasolla, sillä vastaanottavan pellon omalla pölyllä on paitsi suuri määrällinen ylivoima, myös etulyöntiasema sijainnin ja ajoituksen suhteen pölytyksessä. Nämä tunnetut tulokset vahvistuivat myös suomalaisessa geenivirtatutkimuksessa muuntogeenisellä ohralla (Ritala ym. 2002).

Tanskalaisen mallin mukaan muuntogeenisen aineksen osuus voidaan pitää vaadittavissa rajoissa kylvösiementuotannossa soveltamalla siementuotannon tavanomaisia menettelyjä (DIAS 2003). Siementuotannon kokemus osoittaa, että geenivirta pellolta toiselle on itsesiitteisillä viljoilla niin vähäistä, että erityiset eristysjärjestelyt eivät ole olleet tarpeen käytännössä.

Mahdollinen ristipölytyksen tuloksena peltoon kulkeutunut muuntogeeninen aines vähenee myös nopeasti pellon reunasta sisäänpäin edettäessä. Suureen puhtauteen pyrittäessä voidaan käyttää apuna gm- viljelyn puoleisessa reunassa vähintään 0.5 metrin levyistä suojariviä.

Siementen leviäminen

Siemenpankki

Pinnalle jääneet kevätiljosten jyvät kostuvat syysateiden tuloksena ja tuhoutuvat talven aikana. Viljoilla siemenet harvoin säilyvät vuotta pidempään kasvukykyisinä. Poikkeuksena voivat olla jyvät, jotka ovat varisseet kuivissa oloissa ja joutuneet kynnytyiksi syvälle kuivaan maahan. Tällöin niitä saattaa periaatteessa säilyä itämiskykyisinä maan siemenpankissa (Tanskan oloissa jopa 4 vuotta). Tällaiset kuivat olot ovat kuitenkin poikkeuksellisia Suomessa syyskaudella.

Suomalaisissa muuntogeenisen ohran viljelykokeissa jääntikasveja esiintyi pellolla seuraavana vuonna hyvin vähän, eikä niitä ilmestynyt edes korjuun yhteydessä peltoon tahallisesti kylvetyistä jyivistä. Jääntikasveja voidaankin vähentää välttämällä pellon raskasta kyntämistä heti korjuun jälkeen varsinkin kuivina syksyinä (Ritala ym. 2002).

Siementen leviäminen peltolohkojen välillä

Puimureiden tai kylvökoneiden välityksellä jyvät voivat levitä pellolta toiselle. Tämä estetään puhdistamalla koneet huolellisesti ennen niiden siirtämistä.

Siementen leviäminen kuljetuksessa ja varastoinnissa

Kuljetuksissa ja varastoinnissa tilalla muuntogeenisiä ja muita jyviä on pidettävä toisistaan erillään, erityisesti jos tilalla käytetään viljelyyn omaa kylvösiementä.

Siementen leviäminen siemenerissä

Kylvösiemenerien muuntogeenisen aineksen osuus vaikuttaa suuresti koko sadon muuntogeenisen aineksen kokonaismäärään. Kun käytetään tilan omaa kylvösiementä, on kiinnitettävä huomiota mahdollisuuteen, että muuntogeenistä ainesta saattaa jäätikasvien tuloksena sekoittua peltolohkolta myöhemminä vuosina korjattavaan siemeneen.

Toimenpidesuositukset muussa kuin kylvösiementuotannossa (kynnysarvo 0,9 prosenttia, luomussa työlukuna 0,1 prosenttia; muuntogeenisen tuotannon oletettu³⁴ osuus enintään 30 prosenttia ohran, vehnän ja kauran kokonaisviljelyalasta)

Muuntogeenisen ohran, vehnän tai kauran jälkeen tavanomaisen tai luonnonmukaisesti tuotetun saman lajin viljely on mahdollista, kun huolehditaan

- rikkakasvien torjunnasta jäätikasvien kasvun estämiseksi (ohje),
- asianmukaisesta ja myöhäisestä maan syysmuokkauksesta (ohje),
- viljelykierrosta => muuntogeenisen jälkeen samaa viljalajia viljellään aikaisintaan kahden vuoden kuluttua, luomutuotannossa aikaisintaan kolmen vuoden kuluttua (määräys).

Samalla alueella voidaan viljellä sekä muuntogeenistä ohraa, vehnää tai kauraa että tavanomaisesti tai luonnonmukaisesti tuotettua samaa viljalajia, kun

- eriytetään eri tuotantomuotojen sadonkorjuu (ohje),
- käytetään mieluusti suuria, neliönmuotoisia peltolohkoja (ohje),
- erityiseen puhtauteen pyrittäessä tai jos gm-viljely sijaitsee aivan vieressä, käytetään lohkon gm-viljelyksen puoleisella reunalla vähintään 0,5 metrin levyistä suojakaistaa (määräys).

Tavanomaisilla ja luonnonmukaisesti tuotettujen peltolohkojen muuntogeenisen aineksen osuus on mahdollista jäädä alle kynnysarvojen, kun

- edellä esitettyjen toimenpiteiden lisäksi koneet puhdistetaan huolellisesti (ohje),
- käytetään sertifioitua kylvösiementä (määräys),
- naapurien välisestä yhteistyöstä on sovittu (määräys),
- valvontatoimenpiteet kohdistetaan oikein ja niitä on riittävästi (määräys).

2. Ruis

Taustaa

Ruis (*Secale cereale*) on ristisiittoinen laji, jolla pölytys tapahtuu tuulen avulla. Siitepölyhiukkaset luokitellaan suuriin (yli 40 µm) (taulukko 7).

³⁴ Oletusarvot eivät ole suosituksia vaan ainoastaan työlukuja (skenaarioita), joita on käytetty hyväksi tarvittavia toimenpiteitä arvioitaessa

Rukiin vuotuinen viljelyala Suomessa on noin 30 000 hehtaaria, ja sadosta menee rehuksi alle prosentti. Luonnonmukaisesti kasvatetun rukiin viljelyala on noin 6400 ha eli 21 prosenttia koko ruusalasta ja 12,5 prosenttia ruissadosta (KTTK 2004, VYR 2004).

Ruisalasta noin viisi prosenttia on kevätruukiilla (luomussa 11 prosenttia), loppu ala on syysruista. Kaupallisessa mitassa viljely yltää Pohjois-Pohjanmaalle. Syysruukiista on vähäinen osa hybridi-lajikkeita.

Ruis ei kuulu maailman merkittävimpiin viljelykasveihin, eikä siitä ole toistaiseksi jalostettu muuntogeenisiä lajikkeita.

Viljelykäytännöt

Viljelykierto

Syysruis kylvetään usein toisen viljan (esimerkiksi aikaisen ohran) korjuun jälkeen tai kesannon jälkeen, harvoin peräkkäin rukiin jälkeen.

Siemenviljely

Sertifioidun kylvösiemenen käyttöaste on Suomessa rukiilla noin 30 prosenttia.

Rukiin kylvösiemenviljelmälle asetettavat vaatimukset (sertifioitu kylvösiemen 1. sukupolvi, kynnyсарvo-oletuksena on 0,3 prosenttia)

- Rukiista saa viljellä yhdellä viljelmällä (tilalla) vain yhtä lajiketta.
- Esikasvirajoitukset. Sertifioidun siemenen tuotannossa pitää olla kulunut yksi vuosi siitä, kun viljelyksellä on viimeksi viljelty rukiin eri lajiketta tai saman lajikkeen aitoudeltaan tuntematonta erää.
- Eristysetäisyydet. Siemenviljelyksellä on noudatettava 250 m (hybridisiemenen tuotannossa 500 m) eristysetäisyyksiä sellaisiin kasvustoihin nähden, joiden kanssa ei-toivottu risteytyminen on mahdollista.
- Kasvuston ominaisuudet.
Aitouden suhteen vaaditaan, että kasvuston on oltava lajikkeeltaan tunnistettavaa ja lajikepuhdasta. Viljeltävästä lajikkeesta selvästi poikkeavia tyyppisiä saa olla enintään 1 kpl/10 m².
Haitallisia, siemenen käyttöarvoa alentavia tauteja sallitaan vain vähän.
Kasvitautien, viljelyksen puhtauden ja hukkakauran suhteen vaatimukset ovat samat kuin itsepölytteisillä viljoilla.
- Siementavaran laatuvaatimukset.
Aitouden suhteen vaaditaan, että siementen tulee olla riittävän lajiketunnistettavia ja -puhtaita (sitä, että kasvuston aitousvaatimukset täyttyvät). Muiden kasvilajien siemeniä saa olla enintään 10 kpl 500 grammassa. Itävyyden, puhtauden, kosteusprosentin ja terveyden osalta vaatimukset ovat samat kuin itsesiittoisilla viljoilla.

Sukulaislajit

Suomessa ei esiinny rukiin kanssa risteytyviä luontaisia heinälajeja.

Leviämistiet

Variseminen

Ruista puitaessa siemeniä varisee jonkin verran pellolle, ja niistä voi periaatteessa syntyä seuraavan satokasvin sekaan jäätikasveja. Rukiilla siemenet säilyvät kuitenkin normaalisti vähemmän kuin vuoden kasvukykyisinä maassa. Ruis ei myöskään pysty Suomessa villiintymään pysyviksi viljelykarkulais- tai villipopulaatioiksi.

Jäätikasvien ehkäisemiseksi voidaan käyttää erityisiä toimia, kuten kasvilajin/lajikkeen vaihtoa ja itäneiden kasvien torjuntaa muokkaamalla maa itämisen jälkeen myöhään syksyllä tai ennen kylvöä seuraavana keväänä.

Pölyty

Rukiilla siemen syntyy tuulen välityksellä tapahtuvan ristipölytyksen tuloksena. Pölyä lentää ja ristipölytystä tapahtuu verrattain kauas, kuten ilmenee siementuotannossa sovellettavista eristys-eräisyyksistä.

Syysruis kukkii Etelä-Suomessa yleensä kesäkuun 10.-20. päivien välisenä aikana, ja kevätruus aloittaa kukinnan heinäkuun alussa. Tätä voidaan käyttää hyväksi geenivirran vähentämiseksi viljelmillä muuntogeenisten ja muiden ruislajikkeiden välillä.

Huonokasvuisissa laikuissa syysruis voi kuitenkin kukkia myös myöhemmin, jolloin pienen päällekkäisyyden mahdollisuus kukkimisajoissa on olemassa. Risteytymistä saattaa tällöin tapahtua josain mitassa. Toisaalta mahdolliset risteytymät eivät ole hyvin sopeutuneita kumpaankaan viljelytapaan vaan karsiutuvat viljeltäessä pääosin pois.

Risteytymäksilöihin kohdistuu voimakas valintapaine. Jos syysmuotoisia siemeniä kylvetään kevätiljana, ne eivät kuki tai kukkivat liian myöhään (jolloin siemenet eivät ehdi kypsiksi korjuu-aikaan mennessä). Jos kevätkuotoisia siemeniä kylvetään syksyllä, taimet eivät usein ole kunnolla sopeutuneita talven rasituksiin.

Syys- ja kevätkuodot eroavat toisistaan sekä ns. vernalisaatiota (keväistymistä) että kylmänkestävyyttä säätelevien geenien suhteen. Kukkiakseen riittävän aikaisin syyskuodot vaativat pitkän kylmäkäsittelyn. Sen ne saavat, kun siemenet kylvetään ja itävät syksyllä ja taimet (versonkärjet) kokevat kylmän talvikauden. Kevätkuodoilla kylmäkäsittelyä ei tarvita.

Vernalisaatiota säätelee ainakin kolme eri geeniä, joiden välillä on myös yhdysvaikutuksia, ja kylmänkestävyyteen vaikuttavat lukuisat geenit (Pugsley 1971, Hömmö 1994a,b, Trevaskis ym. 2003, Yan ym. 2004). Syys- ja kevätkuotojen hybridit ovat käyttökelpoisia välimuotoisten lajikkeiden jalostukseen lauoissa ilmastoissa, mutta Suomen ankariin oloihin ne eivät olisi sopeutuneita (Braun & Săulescu 2002).

Hyvänä esteenä siitepölyn kulkeutumiselle toimivat Suomen oloissa viljelysten väliset metsäkaistat. Apuna voidaan käyttää myös kookkaiden kasvien tai tavanomaisen rukiin viljelyä suojavaistoina ei-muuntogeenisen ruisviljelyn reunalla.

Koska ruis ei ole mukana ESGEMO-tutkimuksessa (ks. *Geenivirta rapsista rypsiin*), sen geenivirtaa pellolta toiselle olisi vielä aiheellista tutkia Suomen oloissa nykyaikaisilla populaatiogeneettisillä menetelmillä, jotta perinteisten eristyskäytösten toimivuus saadaan varmistetuksi.

Siementen leviäminen

Siemenpankki

Pinnalle jääneet kevätiljojen jyvät kostuvat syyssateiden tuloksena ja tuhoutuvat talven aikana. Viljoilla siemenet harvoin säilyvät vuotta pidempään kasvukykyisinä. Hapettomaan tilaan kynnön yhteydessä joutuneita jyviä saattaa periaatteessa säilyä itämiskykyisinä vuotta pitempäänkin maan siemenpankissa, jolloin ruista voi ilmestyä viljelykselle jääntikasveina. Viljelykierrossa ne on kuitenkin helppo tunnistaa ja eliminoida.

Siementen leviäminen peltolohkojen välillä

Puimureiden tai kylvökoneiden välityksellä jyvät voivat levitä pellolta toiselle. Tämä estetään puhdistamalla koneet huolellisesti ennen niiden siirtämistä.

Siementen leviäminen kuljetuksessa ja varastoinnissa

Kuljetuksissa ja varastoinnissa tilalla muuntogeenisiä ja muita jyviä on pidettävä toisistaan erillään, erityisesti jos tilalla käytetään viljelyyn omaa kylvösiementä.

Siementen leviäminen siemenierissä

Kylvösiemenien muuntogeenisen aineksen osuus vaikuttaa suuresti koko sadon muuntogeenisen aineksen kokonaismäärään. Kun käytetään tilan omaa siementä, on kiinnitettävä huomiota mahdollisuuteen, että muuntogeenistä ainesta saattaa jääntikasvien tuloksena sekoittua peltolohkolta myöhemminä vuosina korjattavaan siemeneen.

Toimenpidesuositukset muussa kuin kylvösiementuotannossa (kynnysarvo 0,9 prosenttia, luomussa työlukuna 0,1 prosenttia; gm-tuotannon oletettu³⁵ osuus enintään 20 prosenttia rukiin kokonaisviljelyalasta)

Muuntogeenisen rukiin jälkeen on mahdollista viljellä tavanomaisesti tai luonnonmukaisesti tuotettua ruista, kun huolehditaan

- rikkakasvien torjunnasta jääntikasvien kasvun estämiseksi (ohje)
- asianmukaisesta ja myöhäisestä maan muokkauksesta (ohje)
- viljelykierrosta => muuntogeenisen rukiin jälkeen ruista viljellään aikaisintaan kahden vuoden kuluttua, luomutuotannossa aikaisintaan kolmen vuoden kuluttua (määräys).

Samalla alueella voidaan viljellä sekä muuntogeenistä että tavanomaisesti tai luonnonmukaisesti tuotettua ruista, kun

- huolehditaan eristyskäytösten noudattamisesta => 300 m, hybrideillä 500 m, luomutuotannossa 600 m (määräys)
- käytetään mieluusti suuria, nelionmuotoisia peltolohkoja (ohje)

³⁵ Oletusarvot eivät ole suosituksia vaan ainoastaan työlukuja (skenaarioita), joita on käytetty hyväksi tarvittavia toimenpiteitä arvioitaessa

- eriytetään eri tuotantomuotojen sadonkorjuu (ohje).

Lisävarmistuksina voidaan käyttää

- eri aikoina kukkivia ruislajikkeita (kevät- vs. syysruis) (ohje)
- muuntogeenisen viljelyksen puoleisella reunalla kookkaiden kasvien viljelyä puskuri-
vyöhykkeenä; suojakaistoina voidaan käyttää myös tavanomaista ruista, jonka sato korja-
taan erikseen (määräys).

Tavanomaisilla ja luonnonmukaisesti tuotettujen peltolohkojen muuntogeenisen aineksen osuus on mahdollista jäädä alle kynnsarvojen, kun

- edellä esitettyjen toimenpiteiden lisäksi koneet puhdistetaan huolellisesti (ohje),
- käytetään sertifioitua kylvösiementä (määräys),
- naapurien välisestä yhteistyöstä on sovittu (määräys),
- valvontatoimenpiteet kohdistetaan oikein ja niitä on riittävästi (määräys).

3. Rypsi ja rapsi

Taustaa

Rypsi (*Brassica rapa*) on lajina täysin ristisiittoinen. Rapsi (*Brassica napus*) on itsepölytteinen, mutta ristisiitos on mahdollinen noin 30 prosentin todennäköisyydellä. Pölytys voi tapahtua tuulen tai hyönteisten avulla. Hybridilajikkeiden kylvösiementuotannossa käytetään hedesteriilien ja -fertiilien kasvien sekoituksia (osuus 80/20).

Rypsin siemenet sisältävät öljyä noin 40 prosenttia ja valkuaisaineita noin 20 prosenttia. Öljyn koostumus on ravitsemuksellisesti hyvää. Rypsi on myös arvokas valkuaisrehukasvi. Rypsiöljyä voidaan käyttää myös voiteluaineisiin ja kasvinsuojeluaineiden kiinnitteisiin. Kokeiluja polttoainekäytöstä on myös tehty (Hyytiäinen ym. 1999).

Rypsin ja rapsin vuosittainen kokonaisviljelyala on noin 70 000 - 80 000 hehtaaria (tästä rapsia muutama tuhat hehtaaria), mikä vastaa viittä prosenttia Suomen kokonaisviljelyalasta. Rypsin viljelyala on kasvanut noin 10 000 hehtaarilla viime vuosina, kun kiintiöitä on lakattu soveltamasta öljykasveilla EU:ssa. Rypsin viljelyn toimivuus riippuu myös tehokkaiden torjunta-aineiden saata-
vuudesta. Luonnonmukaisesti kasvatetun rypsin viljelyala on 3,5 prosenttia koko rypsi-alasta. Vuonna 2003 ala oli 2 800 ha.

Rypsin kasvu-aika on ollut 101 - 104 päivää (Kangas ym. 2003), ja sitä viljellään enimmäkseen Lappeenranta - Tampere - Vaasa -linjan eteläpuolella. Rapsi vaatii noin 10 päivää pidemmän kasvuajan ja menestyy vain eteläisessä Suomessa. Rypsin ja rapsin keskisato vuosina 1991 - 2001 on ollut 1 516 kg/ha (MMM/TIKE).

Viljelykäytännöt

Viljelykierto

Rypsi ja rapsi ovat hyviä viljojen esikasveja (ohra, kevätvehnä), mutta ne voivat olla myös rikkakasveja, koska niiden siemeniä itää maasta vielä vuosia viljelyn jälkeen. Rapsin siemenet ovat erityisen herkkiä varisemaan. Tautien takia öljykasveja ei pitäisi viljellä samalla paikalla kuin joka viides vuosi.

Siemenviljely

Rypsin ja rapsin sertifioidun kylvösiemenen käyttöaste on likimain 100 prosenttia. Tilan oman kylvösiemenen käyttöaste on kuitenkin viime vuosina ollut kasvussa.

Rypsin ja rapsin kylvösiemenviljelmälle asetettavat vaatimukset (sertifioitu kylvösiemen, kynnysarvo-oletuksena 0,3 prosenttia)

- Jos tilalla on kylvösiemenviljelys jostain rypsi- tai rapsilajikkeesta, ei tilalla saa olla ko. lajikkeesta mitään muita viljelyksiä, joista korjataan tuleentunut siemensato. Rypsistä saa kylvösiemenviljelyssä yhdellä tilalla viljellä vain yhtä lajiketta.
- Esikasvirajoitukset. Sertifioidun kylvösiemenen tuotannossa pitää olla kulunut viisi vuotta siitä, kun viljelyksellä on viimeksi viljelty saman kasvilajin eri lajiketta tai saman lajikkeen aitoudeltaan tuntematonta erää.
- Eristysetäisyydet. Siemenviljelyksellä on noudatettava 200 m (hybridilajikkeille 300 m) eristysetäisyyksiä sellaisiin kasvustoihin nähden, joiden kanssa ei-toivottu risteytyminen on mahdollista.
- Kasvuston ominaisuudet.
Aitouden suhteen vaaditaan, että kasvuston on oltava lajikkeeltaan tunnistettavaa ja lajikepuhdasta. Hybridilajikkeille lajikepuhtauden on oltava vähintään 90 prosenttia, ja hedesteriiliä risteytysvanhempaa käytettäessä hedesteriliteetin on oltava vähintään 98 prosenttia. Muilla kuin hybrideillä on lajikepuhtauden oltava vähintään 99,7 prosenttia, jos lajike on tarkoitettu muuhun kuin rehukäyttöön, ja vähintään 99,0 prosenttia, jos lajike on tarkoitettu yksinomaan rehukäyttöön.
Kasvitautilien, puhtauden ja rikkakasvien osalta vaatimukset ovat samat kuin viljoilla, paitsi että hukkakaura ei ole hylkäysperuste.
- Siementavaran laatuvaatimukset. Lajikepuhtauden vaatimukset ovat samat kuin kasvustoilla. Itävyyden, puhtauden ja terveyden osalta vaatimukset ovat samat kuin viljoilla. Siementen kosteus saa olla enintään 10 prosenttia, ja muiden kasvilajien siemeniä sallitaan enintään 0,3 prosenttia.

Sukulaislajit

Rapsilla on Euroopassa useita vilttejä sukulaislajeja, joiden kanssa se voidaan keinotekoisesti risteyttää. Pohjolan luonnossa se risteytyy merkittävässä mitassa kuitenkin lähinnä vain peltokaalin kanssa. Harvemmin risteytymistä tapahtuu peltoretikan ja rikkasinapin kanssa; nämä hybridit eivät kuitenkaan juuri pysty tuottamaan myöhempiä takaisinristeytymäjälkeläisiä, eivätkä ne ole siirtäneet rapsin geenejä peltoretikan tai rikkasinapin perimään (Chevre ym. 2004).

Geenivirtaa sukulaislajien välillä tapahtuu luonnossa aina jossain mitassa. Tarkasteltaessa asiaa rinnakkaiselon kannalta on kyse vain tämän geenivirran voimakkuudesta. Eli: a) onko risteytyminen niin voimakasta ja b) esiintyykö sukulaislaji viljelmillä tai ympäristöissä niin runsaana, että sen kautta voisi syntyä (kynnysarvojen kannalta) merkittävä geenivirta kyseisen viljelykasvin lajikkeesta tai pellosto toiseen. Harvoin tällainen voi tulla kyseeseen - geenivirta viljeltävän kasvilajin sisällä on joka tapauksessa paljon voimakkaampaa kuin "mutkan" eli toisen kasvilajin kautta.

Rapsilla on lisäksi lukuisia sellaisia viljeltäviä sukulaiskasveja, joiden kanssa se risteytyy, kuten esimerkiksi lanttu, sinappi ja rypsi. Sinappia ei Suomessa viljelty v. 2004 kaupallisesti ollenkaan ja

lantun viljelyala oli vain 460 ha. Sen sijaan rypsin ja rapsin keskenään risteytyminen on jo ongelmallisempaa suuremman viljelyalan takia.

Geenivirta gm-rapsista rypsiin

Muuntogeenisiä rypsilajikkeita ei ole vielä missään puolella maailmaa viljelykäytössä, joten muuntogeenijä voi luomurypsiin kulkeutua lähinnä gm-rapsista. Rapsi on tetraploidi, rypsi taas diploidi laji. Niiden risteytymä on kromosomiluvultaan triploidi ja siis varsin steriili. Siemeniä syntyy vähän, ja niistä kasvavat kasvit ovat kromosomistoltaan sekalaisia ja elinvoimaltaan heikkoja - vain pari prosenttia niistä selviää hengissä pellon oloissa.

Rypsiä ei maailmalla juuri viljellä, eikä siltä siksi ole saatavissa geenivirtaa koskevia tutkimustuloksia kuten rapsilta. Geenivirtaa rapsista viereisen pellon rypsiin Suomen oloissa tutkitaan Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitoksessa (MTT) osana Suomen Akatemian ESGEMO-ohjelmaa. Tutkimuksen tavoitteina on kehittää rypsilille (*Brassica rapa*), rapsille (*Brassica campestris*) ja perunalle (*Solanum tuberosum*) edullinen, herkkä ja luotettavasti toimiva dna-työkalu geenivirran ja gm-sekoittumisen havaitsemiseen; käyttää tätä työkalua siitepölyn ja jääntikasvien mukana tapahtuvan geenivirran analysointiin tutkimusaineistosta; mallintaa kerätyn tutkimusaineiston pohjalta geenivirtaa ja sekoittumisriskin suuruutta; sekä laatia tutkimusaineiston ja mallien pohjalta suositukset rinnakkaisviljelyä varten Suomen ilmasto- ja viljelyoloihin.

Tutkimussuunnitelman pohjana ovat aiemmin julkaistut riskitutkimukset, jotka on kuitenkin tehty eteläisemmissä olosuhteissa. Suomen agro-ekosysteemeissä tuotetun geenivirtaa kuvaavan tutkimusaineiston pohjalta laaditaan viljelyä koskevia suosituksia, joilla pyritään minimoimaan tahattoman gm-sekoittumisen riski. Hankkeessa tuotetaan uutta tietoa muuntogeenisistä kasveista tapahtuvan geenivirran riskeistä pohjoisissa oloissa, kehitetään dna-merkkejä geenivirran havaitsemiseksi ja laaditaan viljelysuositukset gm-sekoittumisen minimoimiseksi.

Geenivirta rapsin ja peltokaalin välillä

Peltokaali on rypsin rikkakasvimainen kantamuoto, ja sitä esiintyy Suomessa yleisesti rikkakasvina. Se on itsesteriili kasvilaji, kuten monet villikasvit (viljelykasveista ominaisuus on usein jalostettu pois). Jos peltokaalia esiintyy harvakseltaan rapsipellon sisällä, se ei juuri saa kukkiinsa hedelmöittämissä kelpoista, vierasta peltokaalin siitepölyä. Näissä oloissa rapsin pöly voi toimia korvikkeena ja hedelmöittää osan peltokaalin kukista - mikäli lajien kukkimisajaksot menevät osaksi limittäin. Vaikka peltokaalin kehitys on nopeampaa, osa lajien kukkimisajasta on limittäin Englannissa ja risteytymistulosten perusteella myös Tanskassa (Norris ym. 2004, Jörgensen ym. 2004).

Rapsin ja peltokaalin risteytyvät ovat samassa mitassa steriilejä kuin rapsin ja rypsin risteytyvät (ks. edeltä). Jos pellolla kuitenkin kasvaa vuodesta toiseen runsaasti peltokaalia, voi pieni osa hybrideistä (rapsi x peltokaali tai rapsi x rypsi) sittenkin onnistua risteytymään takaisin peltokaaliin päin. Tanskalaisessa tutkimuksessa tällaista havaittiin eräällä entisellä luomuviljelyksellä mutta ei tavanomaisilla viljelmillä, joilla rikkatorjunta oli kunnossa (Jörgensen ym. 2004). Muualla maailmassa tehdyissä tutkimuksissa risteytyminen rapsista viljelyksen ulkopuolelle peltokaaliin on osoittautunut varsin vähäiseksi - risteytymäyksilöiden osuus oli rapsipellon vieressä Englannissa 0,4 - 1,5 prosenttia (Scott & Wilkinson 1998).

Jos risteytyminen ja takaisinristeytyminen muodostaisivat säännönmukaisen ketjun, voisi peltokaaliin päästä aikaa myöten siirtymään genejä rapsista. On kuitenkin huomattava, että luomussa ei

peltokaaliin (tai rypsiinkään) kulkeutunut herbisidinkestävyuden geeni pääsee rikastumaan, sillä ominaisuus ei suo kasville luomupellolla valintaetua.

Geenivirta rypsin ja peltokaalin välillä

Rypsin kanssa peltokaali risteytyy helposti, sillä se kuuluu samaan lajiin ja molempien kromosomiluku on sama. Em. tanskalaistutkimuksen (Jørgensen ym. 2004) nojalla on arveltu, että vaikeassa rikkatilanteessa tämä saattaisi aiheuttaa puhtausvaikeuksia varsinkin luomurypsin viljelyssä ja kylvösiementuotannossa.

Jos geenivirta peltokaalista rypsiin olisi käytännössä merkittävää, niin rypsiin voisi periaatteessa palata siitä aikanaan pois jalostettuja haittaominaisuuksia, kuten erukahappo ja glukosinolaatit. Öljyn laadunvalvonnassa tällaisesta ei ole kuitenkaan havaittu merkkejä.

Peltokaalin ja rypsin kukkimisen päällekkäisyydestä ei ole Suomesta suoria tutkimustietoja. Rypsiä ei muualla juuri viljellä, joten ulkomaisia tutkimuksia ei ole käytettävissä. Koska kyseessä on sama kasvilaji, lienee kehitysrytmi kuitenkin varsin samanlainen.

Päinvastoin kuin Englannissa ja Tanskassa, meillä viljellään öljykasveja (rypsi, rapsi) kuitenkin vain keväällä kylvettäviä lajikkeita. Niiden kehitys jää jälkeen niistä peltokaalin taimista, jotka ovat peräisin syksyllä itäneistä siemenistä. Osa peltokaalin siemenistä itänee kuitenkin vasta keväällä, ja tällaisten taimien kehitysrytmi lienee hyvin tahdissa rypsin kanssa. Joka tapauksessa peltokaalin kukkimiskausi on pitkä, joten päällekkäisyyttä rypsin kukinnan kanssa ilmeisesti esiintyy.

Peltokaalin torjunta rypsi- tai rapsiviljelykseltä on vaikeaa. Koska kasvi on läheistä sukua, olisi siihen tehoavasta torjunta-aineesta haittaa myös viljelykasville. Rypsipellolla käytettävät torjunta-aineet (napropamidi ja trifluraliini) tehoavatkin peltokaaliin huonosti. Herbisidinkestävä lajike helpottaisi lähisukuisten rikkakasvien torjuntaa. Vuoroviljelyn väli vuosina (viljan seasta) peltokaali voidaan sitä vastoin torjua tehokkaasti nykyisinkin siihen hyvin purevilla valmisteilla.

Luonnonmukaisessa tuotannossa peltokaalin torjuntatulos on huonompi. Peltokaalin torjuntaan viljelmältä ja sertifioidun kylvösiemenen käyttöön kannattaakin kiinnittää huomiota yleensäkin luomurypsin viljelyssä ja erityisesti rinnakkaiselossa muuntogeenisten lajikkeiden kanssa.

Leviämistiet

Variseminen

Rypsin ja rapsin viljelyn jälkeen viljapellossa esiintyy tavallisesti rikkakasveina rypsiä ja rapsia. Ne ovat kuitenkin erittäin herkkiä viljoilla käytettäville rikkatorjunta-aineille, joten huolellisella ja oikein ajoitetulla kemiallisella torjunnalla jääntikasvit voidaan pitää kohtuullisen hyvin kurissa, lukuun ottamatta luomuviljelyä. Myös puinnin yhteydessä on varisemisen ehkäisemisestä huolehdittava. Varisemista ei kuitenkaan voida kokonaan välttää, sillä rypsin ja rapsin siemenet ovat pieniä. Osa siemenistä varisee pellolle jo ennen puintia, osa puimurin leikkuupöydältä laonnostokelan ravistelemina ja loput seulastolta.

Pölytys

Rypsillä ja rapsilla pölytyksen onnistuminen riippuu lajikkeesta, ilmasto-olosuhteista ja muista pölytyksen leviämisosuhteista, kuten tuulesta. Koska rypsi on täysin ristisiittoinen laji, sen lajikeominaisuuksilla ei ole pölytyksen kannalta merkitystä. Rapsilla saman lajikkeen risteytyminen vaihtelee suuresti sen mukaan, mikä on ilman lämpötila, tuulen suunta ja voimakkuus, sekä pellon koko ja topografia. Ristipölytyksen edellytyksenä on, että eri lajikkeilla kukinta tapahtuu samaan aikaan. Suomessa rypsilajikkeet kukkivat miltei samaan aikaan. Rapsi kukkii hieman rypsiä myöhemmin. Lisäksi on muistettava, että vaikka suurin osa pölytyksistä tapahtuu peltoalueella, pieniä määriä siementä voi levitä ojiin, teiden laitoihin, rakennusten vierustoille jne. ja itää siellä.

Öllykasvien mesi on pölyttäjähönteisten mieleen. Hönteiset etsivät tavallisesti mettä muutaman sadan metrin etäisyydellä, mutta mehiläiset voivat lentää muutaman kilometrinkin päähän pesistään.

Pölytyksen kautta tapahtuva geenivirta kasvien välillä vaihtelee suuresti. Vaihteluun vaikuttavat

- siitepölyä luovuttavan kasvin ja sitä ottavan kasvin kokoero
- siitepölyä luovuttavan kasvin ja sitä ottavan kasvin luontaiset erot, niiden hedelmällisyys, aitous ja kukinta-aika
- geenivirta jääntikasveista, ts. jääntikasvien määrän rajoittaminen
- erilaiset ympäristöolosuhteet, esim. tuulen suunta ja voimakkuus, ilman lämpötila
- pellon koko ja sijainti
- lajike, ja onko kasvi risti- vai itsepölytteinen
- eristysetiäisyydet.

Peltolohkojen koko ja muoto vaikuttavat leviämiseen. Mitä leveämpi peltolohko on, sitä vähäisempää on suhteellisesti siihen kohdistuva geenivirta. Kapealla ja pitkällä peltolohkolla vaikutus on suurin. Tanskalaisen mallin mukaan muuntogeenisen aineksen osuus voidaan pitää pienelläkin pelolla 95 prosentin varmuudella alle 0,3 prosentin, jos peltolohkojen välinen etäisyys on 200 m (Damgaard & Kjellsson 2003).

Suurten rapsipeltojen välinen pölyttyminen jää Iso-Britanniassa todennäköisesti alle 0,1 prosentin (Ramsay ym. 2003). Seitsemän hehtaarin suuruinen "lähettäjäpelto" pystyi pölyttämään alle 5 prosenttia 10 metrin päässä sijaitsevan pienen "vastaanottajarivin" siemenaiheista, vaikka tämä kilpaileva pölylähte koostui vain 10 kasviyksilöstä. Näinkin epäsuhtaisissa oloissa yli 95 prosenttia siemenistä syntyi siis lähipölytyksestä (alle 10 metrin etäisyydeltä); tavallisella rapsipelolla kasvia ympäröivät lähinaapurit joka puolelta ja 99 prosenttia siemenistä syntyy lähipölytyksen tuloksena.

Siementen leviäminen

Siemenpankki

Sadonkorjuussa osa siemenistä varisee pelloille. Siementen hävikkiin vaikuttavat laji, lajikkeet sekä paikalliset olosuhteet. Hävikki vaihtelee viidestä 10 prosenttiin, mutta se voi nousta 50 prosenttiin. Jääntikasvit risteytyvät osittain keskenään ja pölytyksen lähde sekoittuu uuteen satoon ja uusiin kasveihin.

Öljykasvien siemenpankit ovat hyvinkin tavallisia viljellyissä peltolohkoissa ja ne voivat säilyä maaperässä vuosikausia, jopa 10 - 12 vuotta. Keskimäärin neliömetriltä on löydetty öljykasvien siemeniä 100 kpl (DIAS 2003).

Viljelykierrolla ja maan muokkauksella voidaan estää siemenpankin muodostumista ja vaikuttaa sen kokoon. Heti sadonkorjuun jälkeen kynnetty pelto lisää siemenpankkia. Siemenet jäävät maa-aineksen sisään ja aloittavat jatkuvan itämislevon, jonka kuluessa ne voivat säilyä joskus pitkäänkin itämiskykyisinä. Öljykasvien siementen normaali itämislepo on heikko, jos varisseet siemenet jäävät maan pinnalle sadonkorjuun jälkeen kosteissa olosuhteissa. Itämislepoa voidaan estää siirtämällä maan muokkausta myöhempään syksyyn tai seuraavaan kevääseen. Myös rikkakasviruiskutus yhdessä sopivaan aikaan suoritettavan maan muokkauksen kanssa vähentää siemenpankkia.

Siementen leviäminen peltolohkojen välillä

Siemenet ovat tärkeä satunnainen leviämistie. Siementen leviämisen myötä kasvit voivat levittäytyä uusille kasvupaikoille seuraavina kasvukausina. Öljykasvien siemenet leviävät helposti erityisesti sadonkorjuun yhteydessä.

Arvioidaan, että geenivirta luonnollisen siementen leviämisen kautta (tuulen tai eläinten avulla) on vähäisempää kuin pölytyksen kautta tapahtuva geenien leviäminen. Työkoneiden välityksellä siemenet voivat levitä pellolta toiselle. Tämä estetään parhaiten pesemällä koneet huolellisesti ennen niiden siirtämistä. Erityisesti pienten rypsin ja rapsin siementen leviämistä koneiden välityksellä ei voida kuitenkaan täysin estää.

Siementen leviäminen kuljetuksessa ja varastoinnissa

Rypsin ja rapsin siemenet ovat pieniä ja pyöreitä. Niitä varisee helposti pellolta pellolle kuljetusten välissä ja varastoinnissa. Huolellisuus kuljetuksissa ja puhdistuksissa voi vähentää leviämistä, mutta sitä voidaan tuskin estää kokonaan.

Siementen leviäminen siemenerissä

Kylvösiemenerien muuntogeenisen aineksen osuus vaikuttaa suuresti koko sadon muuntogeenisen aineksen kokonaismäärään. Kun käytetään tilan omaa kylvösiementä, jäätikasvit ja rikkasiemenet voivat lisätä muuntogeenisen aineksen osuutta korjatussa siemensadossa. Lajikesekaannusten välttämiseksi olisikin käytettävä sertifioitua kylvösiementä.

Toimenpidesuositukset muussa kuin kylvösiementuotannossa (kynnysarvona 0,9 prosenttia, luomussa työlukuna 0,1 prosenttia; muuntogeenisen tuotannon oletettu³⁶ osuus enintään 15 prosenttia rypsin ja rapsin kokonaisviljelyalasta)

Muuntogeenisen rypsin tai rapsin jälkeen tavanomaisen tai luonnonmukaisesti viljellyn rypsin tai rapsin viljely on mahdollista, kun huolehditaan

- rikkakasvien torjunnasta jäätikasvien kasvun estämiseksi (ohje),
- asianmukaisesta ja myöhäisestä maan muokkauksesta (ohje),
- viljelykierrosta => rypsiä ja rapsia aikaisintaan kahdeksan vuoden välein, luomutuotannossa oltava muuntogeenisten viljelystä vähintään 12 v (määräys).

³⁶ Oletusarvot eivät ole suosituksia vaan ainoastaan työlukuja (skenaarioita), joita on käytetty hyväksi tarvittavia toimenpiteitä arvioitaessa

Samalla alueella voidaan viljellä sekä muuntogeenistä ja tavanomaisesti ja luonnonmukaisesti tuotettua rypsiä ja rapsia, kun

- eristystäisyydet ovat tarpeeksi pitkät => 200 m, hybrideillä 300 m, luomutuotannossa 400 m (määräys),
- eriytetään eri tuotantomuotojen sadonkorjuu (ohje),
- käytetään suuria, neliönmuotoisia peltolohkoja (ohje).

Tavanomaisten ja luonnonmukaisesti tuotettujen peltolohkojen muuntogeenisen aineksen osuus on mahdollista jättää alle kynnsarvojen, kun

- edellä esitettyjen toimenpiteiden lisäksi koneet puhdistetaan huolellisesti ja sato kuljetetaan siementenpitävissä konteissa (ohje),
- käytetään sertifioitua kylvösiementä (määräys),
- naapurien välisestä yhteistyöstä on sovittu (määräys),
- valvontatoimenpiteet kohdistetaan oikein ja niitä on riittävästi (määräys).

4. Sokerijuurikas

Taustaa

Sokerijuurikas (*Beta vulgaris*) on pelkästään ristipölytteinen. Sen viljelyala on noin 30 000 ha, joka vastaa vajaata kahta prosenttia Suomen kasvintuotannon kokonaisalasta. Tuotanto on sopimus-pohjaista. Tuotanto keskittyy pääasiassa Salon ja Säkylän sokeritehtaiden läheisyyteen Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa, mutta tuotantoa on myös Etelä-Hämeessä ja Etelä-Savossa. Keski-määräinen tuotantoala tilaa kohden on noin seitsemän hehtaaria.

Sokerijuurikas kylvetään mahdollisimman aikaisin, mielellään jo huhtikuussa ja korjataan mahdollisimman myöhään lokakuussa. Sokerijuurikkaan vuotuinen keskisato on noin 35 tn/ha, joka vastaa sokerina 6 000 kg/ha.

Viljelykäytännöt

Sokerijuurikas on vaativa viljelykasvi. Viljelyn onnistumiseksi monien kasvutekijöiden on osuttava kohdalleen. Sopivimmat maalajit ovat hietamaat ja liejusavet. Juurikaslohkon ojituksen on oltava kunnossa. Maan rakenteen säilyttämiseksi sekä rikkakasvien ja kasvintuhoojien leviämisen estämiseksi kolmevuotinen viljelykierto olisi suositeltavaa.

Sokerijuurikas on kaksivuotinen ja kukkii toisena vuonna. Koska kasvi ei talvehdi Suomessa, se ei siis muodosta meillä siementä. Villijuurikas sen sijaan muodostaa siemenen jo ensimmäisenä vuonna, ja se voi risteytyä sokerijuurikkaan kanssa Euroopan kylvösiementen tuotantoalueilla.

Huonolaatuisen kylvösiemenen käytöstä onkin ollut seurauksena hybridikasvin, rikkajuurikkaan, vakiintuminen monilla juurikkaan tuotantoalueilla Euroopassa. Rikkajuurikas on ominaisuuksiltaan kelvoton sokerin tuotantoon. Lisäksi se kukkii jo ensimmäisenä vuonna ja tuottaa pitkään lepotilaan pystyviä siemeniä, joita kertyy maan siemenpankkiin.

Niillä alueilla, joilla rikkajuurikas ei vielä ole vakiintunut, sen yleistymistä voidaan estää käyttämällä laadukasta, risteytymistä mahdollisimman vapaata kylvösiementä. Turvallisin kylvösiemenen tuotantojärjestelmä soveltaa tetraploidia pölyttäjälinjaa ja diploidia vastaanottajalinjaa, jolloin saadaan triploidi juurikaslajike.

Paikoitellen rikkajuurikas on kuitenkin Euroopassa jo niin runsas, että sokerijuurikkaan viljely on käynyt mahdottomaksi. Kasvia ei pystytä torjumaan juurikasviljelykseltä perinteisillä keinoilla, sillä se on ominaisuuksiltaan liiaksi sokerijuurikkaan kaltainen. Rikkakasvien torjunta-ainetta kestäviä muuntogeenisiä juurikaslajeja viljeltäessä rikkajuurikas ei ole ongelma. Rikkajuurikkaat voitaisiin torjua viljelmältä herbisidillä, ja vuosien myötä niiden siemenpankki saataisiin laimenemaan (Dijk 2004, Soukup & Holec 2004).

Sokerijuurikkaan nostossa syntyy aina korjuutappioita, jotka voivat olla jopa 20 prosenttia. Nostokoneen oikeilla säädöillä ja huolellisella ajolla tappiot voidaan pudottaa muutama prosenttiin. Korjuussa juurikasta jää pellolle monessa eri vaiheessa. Maahan voi jäädä juurikkaita muutamasta kymmenestä kilosta tuhansiin kiloihin riippuen mm. koneen nostosyvyydestä ja vantaiden kunnosta.

Leviämistiet

Sokerijuurikkaan lehden ruusuke muodostuu ensimmäisenä vuotena ja kukinto sekä siemenet toisena vuotena. Muutama yksilö voi kuitenkin kukkia jo ensimmäisenä vuonna, jos ne ovat saaneet kylmävirityksen. Rinnakkaiselon kannalta ongelmallisinta ovat villijuurikkaat, jotka ovat suotuisia leviämisteitä, koska villijuurikkaat risteytyvät sokerijuurikkaan kanssa. Sokerijuurikas voi helposti risteytyä myös rehijuurikkaan ja punajuuren kanssa.

Jääntikasviongelma sen sijaan on vähäinen. Tavanomaisessa Suomen talvessa maahan jääneet tai kuljetuksen aikana tippuneet juurikkaat mätänevät.

Ristisiittoisen sokerijuurikkaan siitepöly siirtyy pääasiassa tuulen mukana, mutta hyönteiset toimivat myös pölyttäjinä. Tuulen mukana siitepöly voi levitä pitkiäkin matkoja, jopa viiden kilometrin päähän. Etäisyyden myötä pölypitoisuudet ja hedelmöitystasaajuus kuitenkin vähenevät voimakkaasti.

Sokerijuurikkaan kylvösiementuotantoa ei ole Suomessa. Sokerijuurikkaan tuotanto on sopimus- tuotantoa. Jalostaja toimittaa viljelijälle kylvösiemenen, jonka aitous, puhtaus ja muu laatu on analysoitu. Sokerijuurikkaan tulisi kukkia vasta toisena kasvatusvuotena, siis vain kylvösiemenviljelmillä. Mutta myös korjattavia juurikkaita kasvatettaessa saattaa muodostua jonkin verran kukkavar- sia jo ensimmäisenä vuonna. Nämä kukkavarret on poistettava lajiristeytymien välttämiseksi.

Toimenpidesuositukset muussa kuin kylvösiementuotannossa (kynnysarvona 0,9 prosenttia, luomussa työlukuna 0,1 prosenttia; muuntogeenisen tuotannon oletettu³⁷ osuus enintään 50 prosenttia sokerijuurikkaan kokonaistuotantoalasta)

Muuntogeenisen aineksen leviämisen estämiseksi on

- kitkettävä kukkivat juurikkaat ja torjuttava villijuurikkaat (ohje)
- puhdistettava kylvökoneet huolellisesti, erityisesti jos koneet ovat yhteiskäytössä (ohje)
- mahdollisten jääntikasvien hävittämiseksi suoritettava tehokas maanmuokkaus myös keväällä (ohje)
- järjestettävä kasvinvuorottelu, jolloin joka toinen vuosi on viljeltävä muuta kuin sokerijuurikasta tai muuta *Beta*-suvun lajia³⁸ (määräys)
- valvontatoimenpiteet kohdistettava oikein ja niiden on oltava riittäviä (määräys).

³⁷ Oletusarvot eivät ole suosituksia vaan ainoastaan työlukuja (skenaarioita), joita on käytetty hyväksi tarvittavia toimenpiteitä arvioitaessa

³⁸ Tarkoituksena on minimoida gm-juurikkaan mahdollisuudet kukkia ja risteytyä villijuurikkaiden tai muiden juurikkaiden kanssa (ks. Leviämistiet).

5. Peruna

Taustaa

Perunan tärkeimmät tuotantomuodot ovat ruokaperuna, ruokateollisuusperuna, tärkkelysperuna ja siemenperuna (taulukko 9). Tavanomaisessa tuotannossa perunaa viljellään noin 30 000 hehtaarilla, ja sen keskisato on 26,2 tn/ha. Luomutuotannon osuus perunan viljelyalasta on noin kaksi prosenttia, ja siinä keskisato on 12,9 tn/ha.

Ammattimainen perunantuotanto on keskittynyt rannikkoalueille, missä viljelyyn soveltuvat maalajit ovat yleisiä. Ruokateollisuus- ja tärkkelysperuna tuotetaan etupäässä raaka-ainetta hyödyntävien tehtaiden läheisyydessä Pohjanmaalla ja Satakunnassa. Korkeimpien siemenperunan laatu- luokkien lisäys ja viljely on puolestaan keskittynyt Pohjois-Pohjanmaalle korkealaatuisen siemenperunan tuotantoalueelle (high grade), jossa erityisesti hyönteisten levittämiä virustauteja ei juuri esiinny. Kotitarveviljelyssä käytetyn siemenperunan alkuperä on useissa tapauksissa tuntematon.

Taulukko 9. Perunan tuotanto ja viljelyala tuotantomuodoittain vuonna 2002
(lähteet: MMM/TIKE; KTTK:n julkaisuja B2 Luomutuotanto 2/2003).

| | perinteinen tuotanto | | luomutuotanto | |
|-----------------------|----------------------|--------|---------------|------|
| | [t] | [ha] | [t] | [ha] |
| ruokaperuna | 289 000 | 11 300 | | 362 |
| ruokateollisuusperuna | 126 300 | 4 200 | | |
| tärkkelysperuna | 264 000 | 8 800 | | 28 |
| siemenperuna ym. | 100 800 | 5 400 | | 13 |
| muu peruna | | | | 214 |
| yhteensä | 780 100 | 29 800 | 7 950 | 616 |

Peruna poikkeaa muista viljelykasveista siten, että ammattimaisen tuotannon lisäksi perunaa viljellään runsaasti puutarhoissa. Kotitarpeeksi viljeltäessä siemenperunana käytetään usein ylimääräiseksi jäänyttä ruokaperunaa, jonka alkuperä on tuntematon. Ammattimaisen perunantuotannon erityispiirteenä on puolestaan sopimustuotanto.

Erityisesti ruokaperuna- ja tärkkelysperunateollisuus hankkii raaka-aineen sopimustuottajilta, jolloin tuotetun perunan korkeat laatuvaatimukset tulevat parhaiten toteutetuksi. Sopimusviljelyyn liittyy usein hyvin tiukat lajikevaatimukset sekä lajikkeen mukana annettavat yksityiskohtaiset viljelyohjeet sekä kasvukauden aikainen neuvonta ja tehtyjen viljelytoimenpiteiden seuranta. Sen sijaan ruokaperuna, joka tuotetaan kauppaan nk. irtoperunaksi, on harvemmin sopimustuotantoa tai perustuu löyhempään yhteyteen viljelijän ja kaupan välillä. Monet kauppaketjut ovat tosin pyrkineet varmentamaan ruokaperunan laatua sopimusviljelyn ja pakkaamotoiminnan kautta.

Sertifioinnin edellytyksenä ei ole enää kansalliselle lajikelistalle hyväksyminen, vaan Euroopassa hyväksytyt perunalajikkeet ovat hyväksytyjä viljelyyn myös Suomessa. Uusien lajikkeiden maahantuojat haluavat kuitenkin testata lajikeominaisuuksia Suomen oloissa ennen lajikkeen laajempaa levitystä. Peruna poikkeaa muista viljelykasveista siinä, että Euroopassa jalostettuja lajikkeita voidaan hyödyntää myös Suomessa. Siemenperunoiden esi-idätys lyhentää perunan kasvukautta ja mahdollistaa tietyin rajoituksin kasvukausivaatimukseltaan poikkeavien tai Euroopan oloihin jalostettujen lajikkeiden viljelyn myös Suomessa.

Perunan jalostustoiminta tapahtuukin suuressa määrin Euroopassa, lähinnä Hollannissa. Lajikelistoille tulevat uudet perunalajikkeet ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ulkomaista alkuperää. Suomalaiset siemenperunayritykset ja alan teollisuus puolestaan hankkivat eurooppalaisten lajikkeiden edustusoikeuksia Suomessa. Käytännössä tämä tarkoittanee sitä, että Euroopassa yleistyvät muuntogeeniset perunalajikkeet tulevat viljelyyn Suomessa pääasiassa lajike-edustajiensa kautta. Suomessa on kuitenkin kenttäkokeissa täällä jalostettuja koelinjoja teollisuuden non-food-käyttöön tarkoitetusta tärkkelysperunasta, jossa mukuloiden tärkkelyspitoisuutta on kohotettu geenitekniikan avulla.

Viljelykäytännöt

Viljelykierto

Riittävä viljelykierto on perunan viljelyn edellytys. Perunaan erikoistuneilla tiloilla viljellään monesti liian suuria peruna-aloja peltoalaan nähden. Tilalla saattaa olla koneistusta ainoastaan perunan viljelyä varten. Yksipuolisessa perunaviljelyssä kasvintuhoojavaara lisääntyy nopeasti ja maan rakenne heikkenee. Suositeltavaa olisikin viljellä perunaa enintään puolella tilan peltoalasta. Tällöin on mahdollista toteuttaa viisivuotista viljelykiertoa, jossa on kaksi vuotta perunaa ja kolme vuotta välikasveja. Välikasveiksi sopivat parhaiten viljat, 1 - 2-vuotinen nurmi tai palkokasvit.

Siemenviljely

Ammattimaisesti viljellyn perunan sertifioidun siemenen käyttöaste on noin 45 prosenttia.

Siemenperunan tuotannossa asetettavat vaatimukset (sertifioitu siemenperuna, kynnysarvo-oletuksena 0,3 prosenttia)

- Viljelmällä, joka tuottaa sertifioidun luokan siemenperunaa, saa tuottaa muuta perunaa samanaikaisesti vain sillä edellytyksellä, että muut perunaviljelykset on perustettu vähintään sertifioidulla siemenperunalla ja että ne viljelytarkastetaan. Tuotettavan muun perunan on oltava eri lajiketta kuin tuotettava siemenperuna.
- Esikasvirajoitukset.
Siemenperunaviljelystä, jolla tuotetaan siemenperunaa, ei saa sijoittaa lohkolle, missä perunaa on viljelty, varastoitu tai käsitelty, ellei tästä ole kulunut vähintään kaksi vuotta. Siemenperunaa saa viljellä samalla lohkolle kaksi kasvukautta peräkkäin seuraavien rajoitusten:
a) viljeltävä lajike on kumpanakin vuotena sama, ja b) toisena vuotena viljeltävän perunan laatuluokka voi olla enintään se, mihin ensimmäisen vuoden viljelytarkastuksessa todettu kasvuston sieni- ja bakteeritautien määrä oikeuttaa.
- Eristysetäisyydet.
Kasvitautilien leviämisen estämiseksi siemenperunaviljely ei saa olla 10 metriä lähempänä toista alemman laatuluokan perunaviljelyä, ruoka- tai teollisuusperunavarastoa tai kasvihuonetta.
- Vaatimukset kasvintuhoojista ja maalevintäisistä virooseista, mekaanisista tai fysiologisista vioituksista, mullan ja roskien määristä.
- Aitous vähintään 99,5 prosenttia.

Sukulaislajit

Geenivirta perunasta sen sukulaislajeihin on Suomessa hyvin epätodennäköistä. Täällä esiintyviä lähisukulaisia ovat mustakoiso (*Solanum nigrum*) ja punakoiso (*S. dulcamara*). Perunan ja mustatai punakoison risteytymisen mahdollisuutta on tutkittu suorittamalla lajien välisiä pölytyksiä käsin. Yrityksistä huolimatta risteyttäminen ei ole onnistunut eikä siemeniä ole muodostunut (Eijlander & Stiekema 1994). Siten rikkakasvien kautta tapahtuva muuntogeenien leviäminen perunalla Suomessa vaikuttaa tulosten perusteella lähes mahdottomalta.

Leviämistiet

Pölytytys

Peruna on suvuttomasti, mukuloiden kautta lisättävä viljelykasvi. Siitepölyn leviäminen on perunan tapauksessa rajallista, sillä kukkiin ei muodostu mettä, joka houkuttelisi siitepölyä levittäviä hyönteisiä pölyttämään. Ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu, että muuntogeenisten perunalajikkeiden viljelykseltä ei leviä siitepölyä muihin perunoihin, jotka ovat kasvaneet 20 metrin etäisyydellä (Tynan ym. 1990, McPartlan & Dale 1994, Connor & Dale 1996). Vastaavasti Suomen siemenperunanviljelyksessä ei perunakasvustojen viljelyetäisyydellä tai edellisen vuoden kasvilajilla ollut tilastollisesti mitään vaikutusta siihen, löytyikö seuraavana vuonna viljelyksiltä vieraita lajikkeita (Tuomisto 2005).

Siitepölyn leviämistä muuntamattomiin perunalajikkeisiin voidaankin estää riittävästi eristysvyöhykkeillä. Tällöin säästytään pohdinnalta säilyykö perunan kukinnoista pölytyksen kautta muodostunut marja ja siemenet itämiskykyisinä seuraavaan vuoteen ja pystyvätkö siemenistä kasvuun lähteneet taimet menestymään seuraavana vuonna.

Jääntikasvit

Työtehoseuran ja VAKOLA:n perunankorjuututkimuksissa 1980-luvun lopulla maahan jääneen perunan määräksi mitattiin jopa yli tonni hehtaarilta. Jos mukuloiden keskikoko olisi 30 grammaa, maahan jäänyttä perunaa olisi miltei 35 000 kpl/ha. Perunantutkimuslaitoksen tutkimuksissa on havaittu, että jääntiperunoiden muodostamaa kasvustoa voi esiintyä jopa neljä vuotta perunanviljelyn lopettamisen jälkeen.

Rinnakkaiselon ongelmaksi muodostuu perunakasvustossa jääntiperunoiden aiheuttamat lajike-sekaannukset, jos peräkkäisinä vuosina samassa pellossa viljellään eri lajiketta. Peräkkäisten perunavuosien lajikerajoitukset pienentävät sekalajikkeisuuden riskiä. Jos peruna- tai sokerijuurikas-lajiketta vaihdetaan muuntogeenisestä tavalliseen, on välissä pidettävä vähintään yksi välivuosi ja kyseisellä viljelyalalla on viljeltävä viljaa tai öljy- ja kuitukasveja tai ala on nurmetettava. Myös viljelykiertovaatimuksia on syytä miettiä lajike-sekaannusten välttämiseksi.

Jääntiperunan torjunnassa tavoitteena tulisi olla estää perunoiden nostossa maahan jääneiden perunoiden säilyminen massa talven yli itämiskykyisinä. Perunantutkimuslaitoksen viljelyjärjestelmä-tutkimuksessa vuonna 2001 heti syksyllä kynnetyistä maasta löytyi neljä jääntiperunayksilöä/10 m². Keväällä kynnetyssä ja syksyllä pelkästään kultivoidussa maassa jääntiperunaa ei esiintynyt yhtään.

Paras keino välttää jääntikasviongelma olisi kynnön siirtäminen keväälle. Kun perunalla ollut pelto jätetään syksyllä kyntämättä, nostossa maan pintaosiin jääneet perunat eivät hautaudu kyntökerroksen alaosaan vaan ovat koko talven lähellä pellon pintaa ja siten alttiina vuorottain jäätymiselle ja

sulamiselle. Nostossa maan alle jääneitä mukuloita saa vielä paremmin esille syksyisin yöpakkasten tuhottavaksi, kun pellon pinta äestetään perunannoston jälkeen 5-7 cm:n syvyyteen. Äestyksen toistaminen muutaman pakkasyön jälkeen varmentaa jääntiperunan paleltumisen. Esikasvirajoituksilla pystytään myös välttämään jääntikasviongelma.

Kuljetuksen ja varastoinnin aikana tapahtuva perunaerien sekaantuminen sekä kotitarveviljelijöiden käyttämän siemenperunan jäljitettävyyden puute lienevät merkittävin tapa, jolla muuntogeeniset ja ei-muuntogeeniset perunat voivat sekoittua keskenään. Muuntogeenisiä lajikkeita voidaan viljellä ilman merkittävää sekaantumisongelmaa sopimustuotannossa sekä ruoka- että tarkkelysperunateollisuuden tarpeisiin. Sen sijaan kotitarveviljelijöiden palstoilla mahdollisuus muuntogeenisten ja muiden perunalajikkeiden sekaantumiselle on ilmeinen.

Geenivirtaa perunan viljelyssä Suomen oloissa tutkitaan Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitoksessa osana Suomen Akatemian ESGEMO-ohjelmaa (vrt. *Geenivirta rapsista rypsiin*). Perunanviljelyksillä seurataan jääntimukuloiden talvehtimisen ja uudelleen kasvun mahdollisuuksia erilaisissa olosuhteissa. Suomen agro-ekosysteemeissä tuotetun geenivirtaa kuvaavan tutkimusaineiston pohjalta tuotetaan viljelyä koskevia suosituksia, joilla pyritään minimoimaan tahattoman gm-sekaantumisen riski.

Toimenpidesuosituksot perunan muussa kuin siemenperunatuotannossa (kynnysarvona 0,9 prosenttia, luomussa työlukuna 0,1 prosenttia; muuntogeenisen tuotannon oletettu³⁹ osuus enintään 50 prosenttia perunan kokonaisviljelyalasta)

Muuntogeenisen aineksen leviämisen estämiseksi

- jos käytetään TOS-siemenperunaa, se on hankittava alueilta, joissa ei ole tuotettu muuntogeenistä perunaa, kun halutaan muuntogeenisestä aineksesta täysin vapaata siemenperunaa. Luomutuotannossa pystytään parhaiten estämään muuntogeenisen aineksen satunnainen esiintyminen, kun käytetään luonnonmukaisesti tuotettua siemenperunaa (ohje)
- työkoneet puhdistettava erityisen huolellisesti, kun ne ovat yhteiskäytössä ja alueilla, joilla viljellään muuntogeenistä perunaa (ohje)
- määritettävä eristystäisyydet => 20 m (määräys)
- kerättävä ja hävitettävä jääntikasvit (ohje)
- järjestettävä kasvinvuorottelu: perunaa saa viljellä enintään kaksi vuotta peräkkäin samalla lohkolla (määräys)
- muokattava maa sadonkorjuun jälkeen siten, että jääntikasvit jäävät maan pintaan (ohje)
- järjestettävä oikea-aikainen ja tarpeen mukainen torjunta-ainekäsittely (ohje)
- gm-perunan jälkeen saa lohkolla viljellä ei-gm-perunaa vasta 2 vuoden kuluttua, ja siemenä on tällöin käytettävä sertifioitua siemenperunaa (määräys)
- valvontatoimenpiteiden oltava riittäviä, ja ne on kohdistettava oikein (määräys).

³⁹ Oletusarvot eivät ole suosituksia vaan ainoastaan työlukuja (skenaarioita), joita on käytetty hyväksi tarvittavia toimenpiteitä arvioitaessa

6. Nurmikasvit

Taustaa

Nurmenviljely alkoi Suomessa vasta noin sata vuotta sitten, vaikka sitä yritettiin käynnistää jo 1700- ja 1800-lukujen vaihteessa. Nurmikasvit ovat siten ominaisuuksiltaan lähellä luonnonvaraisia heiniä. Ne ovat ristisiittoisia. Tärkeimmät nurmikasvilajit ovat timotei, nurminata, koiranheinä, ruokonata, raiheinä, niittynurmikka ja puna-apila.

Nurmenviljelyn osuus peltoalastamme on noin 30 prosenttia (657 000 ha), josta luomutuotannon osuus vuonna 2003 oli 8,6 prosenttia (57 000 ha). Nurmikasvien kylvösiementen tuotantoala on viime vuosina ollut 8 000 – 11 000 hehtaaria (11 300 ha v. 2003 ja noin 8 000 ha v. 2004). Kuivaheinäala oli vuonna 2003 noin 101 000 hehtaaria. Uusia nurmien käyttökohteita ovat golfkentät ja nurmikot. Vuonna 2003 nurmi- ja nurmikkokasvien kylvösiementä tuotettiin noin 6 000 tonnia ja tuotiin 1 600 tonnia (KTTK 2003). KTTK:n siementarkastusosaston tuontitilasto ei kuitenkaan kerro kaikkea sisämarkkinakaupan määrää.

Muuntogeenisistä nurmikasveista englanninraiheinän (*Lolium perenne* L.) ja rainadan (*Festulolium*) gm-lajikkeet saattaisivat olla Suomessa ensimmäiseksi ajankohtaisia. Sellaisista ei kuitenkaan ole EU:ssa vireillä yhtään tuotehakemusta.

Viljelykäytännöt

Viljelykierto ja jäätikasvit

Myös nurmikasveilla jäätikasviongelma voidaan parhaiten estää viljelykierrolla riippumatta siitä, ovatko jäätikasvit peräisin tuotantovuoden sadosta vai maan siemenpankista. Nurmen jälkeen kevätvilja, öljykasvi, sokerijuurikas tai peruna ovat hyviä viljelykiertokasveja. Nurmi rikkakasvina palkokasveja lukuun ottamatta on helppo torjua torjunta-ainekäsittelyillä. Luonnonmukaisessa tuotannossa mekaaninen torjunta on ainoa rikkakasvien torjuntakeino.

Siemenviljely

Nurmikasvien sertifioidun kylvösiemenen käyttöaste on noin 80 prosenttia.

Nurmikasvien kylvösiemenviljelmälle asetettavat vaatimukset (sertifioitu kylvösiemen)

- Kylvösiemeneksi viljeltävästä lajikkeesta ei tilalla saa olla muita viljelyksiä, joista korjataan tuleentunut siemensato.
- Esikasvirajoitukset. Sertifioidun kylvösiemenen tuotannossa pitää olla kulunut heinäkasveilla 2 vuotta ja nurmipalkokasveilla 3 vuotta siitä, kun viljelyksellä on viimeksi viljelty saman kasvilajin eri lajiketta tai saman lajikkeen aitoudeltaan tuntematonta erää.
- Eristysetäisyytenä sellaisiin kasvustoihin nähden, joiden kanssa ei-toivottu risteytyminen on mahdollista, on 200 m, jos viljelys on kooltaan enintään 2 ha, ja 100 m, jos viljelys on kooltaan yli 2 ha.
- Kasvuston ominaisuudet.
Kasvuston on oltava lajikkeeltaan tunnistettavaa ja lajikeaitoa. Kylvösiementuotannossa saa viljeltävästä lajikkeesta selvästi poikkeavia tyyppisiä olla enintään 1 kpl/m², niittynurmikalla kuitenkin 4-6 kpl m².

- Siementavaran laatuvaatimukset.
Aitouden suhteen vaaditaan, että siementen on oltava riittävän lajiketunnistettavia ja puh-
taita. Lajista riippuen itävyysvaatimus on 70 - 85 prosenttia, puhtausvaatimus 75 - 98 pro-
senttia, ja muiden kasvilajien siementä saa olla 3,1 - 4,1 prosenttia painosta. Kosteus saa olla
enintään 14 prosenttia, ja siementen käyttökelpoisuutta alentavia kasvintuhoojia sallitaan
vain vähän.

Sukulaislajit

Nurmikasvien viljellessä sukulaisia kasvaa kaikkialla ympäristössä, muun muassa ojanpientareilla ja metsissä.

Leviämistiet

Pölyty

Sekä kylvösiemenen että kuivaheinän tuotannossa kasvusto ehtii osittain tai kokonaan kukkia. Nurmikasvit ovat ristisiittoisia, ja tuuli kuljettaa heinien siitepölyä. Siitepölyä on vielä sadan metrin päässä pellostä jäljellä noin kymmenesosa (siitepölyn elinajasta eri lajeilla tarvitaan tietoa).

Muuntogeenisessä nurmirehun tuotannossa kasvien kukkiminen tulee estää. Rehuntuotannossa kasvusto niitetään kaksi tai kolme kertaa kasvukauden aikana jo hyvissä ajoin ennen kukkimista. Kasvustossa kehittyy kuitenkin myös aikaisia versoja, joilla kukkimista saattaa tapahtua, vaikka pääkasvusto niitettäisiinkin hyvissä ajoin ennen röyhylle tuloa. Siksi myös nurmirehuntuotannossa on riski muuntogeenisen aineiston leviämisestä luontoon. Muuntogeenisessä nurmirehuntuotannossa pitää myös varautua siihen, ettei kasvustoa päästä jostain syystä niittämään esim. märkyyden vuoksi ja kasvusto pääsee kukkimaan. Rehuntuotannossa olisi myös syytä vaatia tietty suojaetäisyys. Lisäksi voitaisiin selvittää, olisiko kukkiminen tai siitepölyn tuotanto mahdollista kokonaan estää esim. koirassteriliteettiä hyväksikäyttäen (vrt. kukkimattomat gm-koivut). Kytkemällä jalostettavaan hyötygeeniin tiukasti vaikka vain osittaisenkin steriliteetin aiheuttava geeni, voidaan geenivirtaa jalostetusta kasvista vähentää dramaattisesti (Slavo v ym. 2004). Myös monia muita geneettisiä leviämisen estomekanismeja on jo kehitetty tai tutkittavana.

Jos jalostettu geeni tuo kasviin ominaisuuksia, jotka eivät paranna kasvin ekologista sopeutumista luonnossa tai rikkakasvina, geenin ekologiset vaikutukset ovat minimaalisia. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi korkea proteiini- tai vitamiinipitoisuus tai siemenen parempi rehulaatu (Lu ym. 2004).

Kasviin jalostettu ominaisuus ei pääsäännön mukaan yleisty luonnon populaatioissa, jos siitä ei ole kasville etua luonnon oloissa. Tällainen ei-adaptiivinen ominaisuus on esimerkiksi hidaskasvuisuus, joka on (geenitekniikan avulla) jalostettu golfkentille tarkoitettuun rölliin. Ominaisuus parantaa merkittävästi golfnurmiin laatua sekä vähentää golfkenttien hoitotyötä ja ympäristörasitusta. Jos ominaisuus siirtyisi ympäristön villiheiniin risteytymällä, se karsiutuisi niistä - kasville haitallisena - pois nopeasti luonnon valinnassa. Luonnon heinäkasvustoilla ei sen vuoksi olisi juuri merkitystä tällaisen ominaisuuden siirtymisessä viljelmän ulkopuolelle tai toisille viljelmille (Dijk 2004, Pilon ym. 2004).

Vain hyvin pienissä populaatioissa saattaa neutraali ominaisuus joskus nousta yleiseksi puhtaan sattuman tuloksena. Pieni (villi)populaatio ei kuitenkaan voi toimia rinnakkaiselon kannalta mer-

kittäväenä geenivirran välittäjänä viljelykasvin viljelykseltä toiselle, etenkin jos kyse on eri kasvilajista.

Variseminen

Nurmikasvien siemenet myös varisevat kypsyessään helposti ja nurmikasvien tuleentuminen on yleisesti ottaen melko epätasaista. Siementen säilyvyydestä pellossa on myös vähän tutkittua tietoa saatavilla. Siementuotannon päätyttyä lohkolle tulisi viljellä kasvilajia, joka ei pysty risteytymään kyseisen nurmikasvin kanssa. Linnut ja muut eläimet aiheuttavat myös sekaantumista, sillä ne saattavat kuljettaa siemeniä ja röyhynpätkiä pitkiäkin matkoja.

Muuntogeenisen nurmirehun kulkeutuminen korjuukoneiden mukana muualle ja kasvullinen lisääntyminen maahan tippuneista korrenpalasista olisi riskitekijä ainoastaan muuntogeenisellä ruokohelellä. Muilla nurmikasveilla ei tietyvästi tapahdu vastaavaa aggressiivista vegetatiivista kasvua pelkistä korrenpaloista.

Timotei ja nurminata

Nurmiemme valtalaji on timotei, jonka viljely perustui pitkään luonnonvaraisiin paikalliskantoihin mutta nykyisin jalostettuihin lajikkeisiin. Toinen tärkeä nurmiheinä on Suomessa nurminata. Vuonna 2003 timotein kylvösiementä sertifioitiin 2 594 tonnia (luomussa 50 tonnia) ja tuotiin 0,35 tonnia; nurminadan kylvösiementä sertifioitiin 454 tonnia (luomussa 8 tonnia) ja tuotiin 26,5 tonnia (KTTK 2003).

Nurmiheinillä hyvin suuri osa hedelmöityksestä tapahtuu aivan lähietäisyydeltä saapuneesta pölystä (DIAS 2003). Tämä vähentää kaukokulkeutuneen siitepölyn määrällistä merkitystä siementen syntymisessä kertaluokalla tai kahdella. Lähimmät kasviyksilöt ovatkin tärkeimmässä asemassa tahatonta geneettistä sekaantumista torjuttaessa.

Erityistä huomiota on siksi kiinnitettävä jääntikasvien ja kyseisten lajien rikkayksilöiden torjuntaan viljelykierrossa, jottei niistä virtaisi geenejä lohkolle myöhemmin ehkä viljeltävään ei-muuntogeeniseen lajikkeeseen, ja jottei niiden siemeniä kertyisi itämiskykyisinä huomattavia määriä maaperän siemenpankkiin. Rikkaheinien leviämistä viljelykselle pellon reunoilta voidaan estää jättämällä sen reunaan työkoneen levyinen kaista maata paljaaksi.

Timoteilla siemeniä voi säilyä itämiskykyisinä pidempään kuin muilla heinälajeilla, jos ne sijoitetaan kokeissa noin 25 cm syvyyteen eikä maata sittemmin käännetä (kyntökäsittelyt tuovat osan koesiemenistä lähemmäs pintaa ja heikentävät niiden säilymistä) (DIAS 2003).

Varisseiden siementen kannattaa antaa olla maan pinnalla mahdollisimman kauan, jotta mahdollisimman moni niistä ehtii itää tai tuhoutua ennen maan muokkausta. Syyskyntöä kannattaakin lykätä myöhään syksyyn tai mahdollisuuksien mukaan seuraavaan kevääseen asti.

Puna-apila

Nurmipalkokasveista on Suomessa tärkein puna-apila. Vuonna 2003 sen kylvösiementä sertifioitiin 62 tonnia (luomussa 24 tonnia) ja tuotiin 38 tonnia (KTTK 2003).

Puna-apila on vahvasti itsesteriili laji ja vaatii ristipölytyksen. Pölyttäjinä toimivat mehiläiset ja kimalaiset.

Geenivirta on apiloilla merkittävästi vähäisempää kuin siitepölyn kulkeutuminen, sillä siementen syntyminen vaatii (hormonaalisista syistä) huomattavan siitepölymäärän, mikä kertyy kukkaan vain useiden pölyttäjävierailujen tuloksena. Tutkimukset osoittavat lisäksi, että hedelmöittävä pöly on useimmiten peräisin hyvin läheltä, viimeksi vieraillusta apilan kukasta (DIAS 2003).

Apilan siementen itävyys laski tanskalaisissa kokeissa alle 1 prosentin, kun niitä säilytettiin kyntökerroksessa häiritsemättä kolme vuotta. Muualta maailmasta on raportoitu itävyyden säilyneen paljon pidempiä aikoja. Syy saattaa olla ns. kovissa siemenissä, jotka voivat ilmeisesti asettua tavallista syvempään lepotilaan. Suuri osa siemenistä voi olla tällaisia, jos olot ovat siementen kypsymiskaudella kuumia ja kuivia (Tanskassa kovia siemeniä esiintyy puna-apilalla keskimäärin vain 6,7 prosenttia) (DIAS 2003).

Siemenpankin kautta ehkä pitkäänkin jatkuvan sekoittumisen minimoimiseksi on puna-apilan jäätikasvit torjuttava huolellisesti kaikissa viljelykierron vaiheissa, mikäli viljelyksellä on aiemmin kasvatettu muuntogeenistä puna-apilaa. Erityisesti tämä on aiheellista sertifioidun kylvösiemenen tuotannossa.

Toimenpidesuositukset muussa kuin kylvösiementuotannossa (kynnysarvona 0,9 prosenttia, luomussa työlukuna 0,1 prosenttia; muuntogeenisen tuotannon oletettu⁴⁰ osuus enintään 10 prosenttia nurmikasvien kokonaisviljelylasta)

Nurmikasvien siitepölyn leviämistä voidaan rajoittaa, mutta ei kokonaan estää,

- lajikohtaisesti riittävillä eristysetäisyyksillä => 200 m (määräys),
- kasvuston niittämisellä ennen kukintaa (ohje),
- kasvinvuorottelulla, vähintään 3 vuoden väli viljelyssä (määräys),
- myöhäisellä syyskynnöllä tai kevätkynnöllä, jolloin suurin osa siemenistä itää (ohje),
- rikkakasvien tehokkaalla torjunnalla (ohje),
- jättämällä työkoneiden leveyden verran maata paljaaksi (määräys),
- oikein suunnatuilla ja riittävillä valvontatoimenpiteillä (määräys).

4. LAINSÄÄDÄNTÖTARPEET

Rinnakkaiseloa koskevat toimenpidesuositukset ovat sekä ohjeellisia että määräysten luontoisia. Todennäköistä on, että on tarpeen laatia kokonaan uusi laki, jossa määriteltäisiin rinnakkaiselon yleiset tavoitteet ja toimintaperiaatteet sekä vastuut ja niiden seuraamukset. Alemman asteisilla säädöksillä annettaisiin määräykset muun muassa kylvösiemenen käytöstä, eristysetäisyyksistä, suoja-kaistoista, viljelykierrosta ja naapurien välisestä yhteistyöstä sekä valvontatoimenpiteistä. Suositusten luonteisia olisivat esimerkiksi ohjeet jäätikasvien hävittämisestä, rikkakasvien torjunnasta, sadonkorjuusta, koneiden puhdistuksesta ja huollosta, maan muokkauksesta sekä käytettävien peltolohkojen koosta ja muodosta.

Lainsäädännöllisiä toimenpiteitä koskevia tarkasteluja ja ehdotuksia käsitellään ensisijaisesti työryhmän loppuraportissa, joka valmistuu vuoden 2005 lopulla (jolloin mahdollisesti myös komission säädökset kylvösiementen kynnysarvoista on päätetty).

⁴⁰ Oletusarvot eivät ole suosituksia vaan ainoastaan työlukuja (skenaarioita), joita on käytetty hyväksi tarvittavia toimenpiteitä arvioitaessa

5. LÄHDEKIRJALLISUUTTA

APUA (2004). Antibiotics in the ecosystem. Alliance for the Prudent Use of Antibiotics.
www.tufts.edu/med/apua/Ecology/ecologynews.html

Beadle GW, Tatum EL (1941). Genetic control of biochemical reactions in *Neurospora*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 27: 499-506.

Bigler F, Babendreier D, Kuske S (2002). Ecological risks due to biological control of the European corn borer with *Trichogramma*. *Agrarforschung* 9(08): 316-321.

Bouis HE (2003). Micronutrient fortification of plants through plant breeding: Can it improve nutrition in man at low cost? *Proc. Nutr. Soc.* 62: 403-411.

Bradford KJ, Van Deynze A, Gutterson N, Parrott W, Strauss SH (2005). Regulating transgenic crops sensibly: lessons from plant breeding, biotechnology and genomics. *Nature Biotechnol.* 23: 439-444.

Braun HJ, Săulescu NN (2002). Breeding winter and facultative wheat. In *Bread Wheat Improvement and Production* (Curtis BC, Rajaram S, Macpherson HG, eds). *FAO Plant Production and Protection Ser. No. 30*.

Broothaerts W, Mitchell HJ, Weir B, Kaines S, Smith LMA, Yang W, Mayer JE, Roa-Rodryguez C, Jefferson RA (2005). Gene transfer to plants by diverse species of bacteria. *Nature* 433: 629-633.

BTNK (2004). Muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiselo. Biotekniikan neuvottelukunta, joulukuu 2004, 48 s. + 9 s. liitteitä. www.biotekniikanneuvottelukunta.fi/muistiot/rinnelomietinto.pdf

Candolfi MP, Brown K, Grimm C, Reber B, Schmidli H (2004). A faunistic approach to assess potential side-effects of genetically modified Bt-corn on non-target arthropods under field conditions. *Biocontrol Sci. Technol.* 14: 129-170.

Carpenter JE, Gianessi LP (2001). *Agricultural Biotechnology: Updated Benefit Estimates*. Nat. Center for Food and Agric. Policy, Washington. www.ncfap.org

Carter TR (1998). Changes in the thermal growing season in Nordic countries during the past century and prospects for the future. *Agric. Food Sci. Finl.* 7: 161-179.

CBD (1992). *The Convention on Biological Diversity*. UNEP 1992.
www.biodiv.org/convention/articles.asp

CFSAN (2001). *Background Paper in Support of Fumonisin Levels in Corn and Corn Products Intended for Human Consumption*. U. S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Center for Veterinary Medicine, Nov. 9, 2001.

Chambers PA, Duggan PS, Forbes JM, Heritage J (2001). The fate of antibiotic marker genes in transgenic plant feed material fed to chickens. *J. Antimicrobial Chemotherapy* 49: 161-164

Chandler VL, Wessler S (2001). Grasses. A collective model genetic system. (Editorial). *Plant Physiol.* 125: 1155-1156.

Chen XX, Li W-D, Wu K-M, Feng H-Q, Xu G, Guo Y-Y (2004). Effects of transgenic cotton carrying *CryIA+CpTI* and *CryIAc* genes on diversity of arthropod communities in cotton fields in North China. *Chinese J Agric. Biotech.* 1: 17-21.

Chevre A-M, Ammitzböll H, Breckling B, Dietz-Pfeilstetter A, Eber F, Fargue A, Gomez-Campo C, Jenczewski E, Jörgensen R, Lavigne C, Meier MS, den Nijs HCM, Pascher K, Seguin-Swartz G, Sweet J, Stewart CN Jr, Warwick S (2004). A review of interspecific gene flow from oilseed rape to wild relatives. In *Introgression from genetically modified plants into wild relatives* (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p.235-251. CABI Publishing.

Clements MJ, Campbell KW, Maragos CM, Pilcher C, Headrick JM, Pataky JK, White DG (2003). Influence of *Cry1Ab* protein and hybrid genotype on fumonisin contamination and fusarium ear rot of corn. *Crop Sci.* 43:1283-1293.

Cockburn A, Crevel R, Debruyne E, Grafström R, Hammerling U, Kimber I, Knudsen I, König A, Kuiper HA, Peijnenburg AACM, Penninks A, Poulsen M, Schauzu M, Wal JM, Cellini F, Chesson A, Colquhoun I, Constable A, Davies HV, Engel KH, Gatehouse AMR, Holst B, Kärenlampi S, Leguay JJ, Noteborn HPJM, Pedersen J, Smith M, Aarts HJM, Buhk HJ, Corthier G, Flint H, Hammes WP, Jacobsen BL, Midtvedt T, van den Eede G, van der Kamp JW, van der Vossen J, von Wright A, Wackernagel W, Wilcks A, Hammes WP, Berdal KG, Créminon C, Heissenberger A, Holst-Jensen A, Kleiner J, Kok EJ, Leimanis S, Marvin HJP, Miraglia M, Rentsch J, van Rie JPPF, Schimmel H, Toet D, Zagon J, Beekman V, Frewer L, Kettlitz B, Lassen J, Scholderer J, Banati D, Boutrif E, de Gooijer CD, Hansen M, Haslberger A, Jansen RTA, Kearns P, Langguth S, Leglise P, Madden EH, Magnavacchi A, Nill K, Pascal G, Rawling R, Renckens S, Somogyi A, Taeymans D, Walsh M (2004). Genetically modified crops in the EU: food safety assessment, regulation, and public concerns. Overarching report of ENTRANSFOOD, the European network on safety assessment of genetically modified food crops (Eds. König A, Kleter G, Hammes W, Knudsen I, Kuiper H). European Commission 2004, 99 p.

www.entransfood.com/Overarching%20paper.pdf

Codex Alimentarius (2003a). Principles for the Risk Analysis of Foods Derived from Modern Biotechnology. *CAC/GL* 44-2003, 4 p. ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/princ_gmfoods_en.pdf

Codex Alimentarius (2003b). Guideline for the Conduct of Food Safety Assessment of Foods Derived from Recombinant-DNA Plants. *CAC/GL* 45-2003, 16 p.

ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/guide_plants_en.pdf

Conner AJ, Glare TR, Nap J-P (2003a). The release of genetically modified crops into the environment. Part II: Overview of ecological risk assessment. *Plant J.* 33: 19-46.

www.blackwellpublishing.com/plantgm/Conner.pdf

Conner AJ, Glare TR, Nap J-P (2003b). Popular Summary of: The release of genetically modified crops into the environment. II. Overview of ecological risk assessment.

www.lifesciencesnetwork.com/repository/connerpaper2.pdf

Connor AJ, Dale AJ (1996). Reconsideration of pollen dispersal data from field trials of transgenic potatoes. *Theor. Appl. Genet.* 92: 505-508.

Damgaard C, Kjellsson G (2003). Pollen dispersal between fields of GM and non-GM oilseed rape: meta-analysis of available data and the possibilities for co-existence. GMCC03, 1st Eur. Congr. Co-Existence of GM Crops with Conventional and Organic Crops. Denmark.

DIAS (2003). Report from the Danish Working Group on the Co-existence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic Crops. DIAS report Plant Production no. 94. Danish Institute of Agricultural Sciences, Nov. 2003.

Dijk H Van (2004). Gene exchange between wild and crop in *Beta vulgaris*: How easy is hybridization and what will happen in later generations? *In* Introgression from genetically modified plants into wild relatives (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p.53-61. CABI Publishing.

Drebs A, Nordlund A, Karlsson P, Helminen J, Rissanen P (2002). Tilastoja Suomen ilmastosta 1971 - 2000. Ilmatieteen laitos.

Eijlander R, Stiekema WJ (1994). Biological containment of potato (*Solanum tuberosum*): Outcrossing to the related wild species black nightshade (*Solanum nigrum*) and bittersweet (*Solanum dulcamara*). *Sex Plant Reprod* 7: 29-40.

EMBO (2000). EMBO statement on Genetically Modified Organisms and the Public.
www.eurodoctor.it/embo_statement.html

EU (1999). Euroopan yhteisön puheenvuoro YK:n yleiskokouksessa 15.10.1999.

EU (2002). Life sciences and biotechnology – A Strategy for Europe. COM(2002) 27 final, 35 p.
www.honeybee.helsinki.fi/~tammisol/ECStratBiot.pdf

EU (2003a). Biotieteet ja biotekniikka - strategia Euroopalle. Raportti edistymisestä ja tulevan linjasta. KOM(2003) 96 lopullinen.

EU(2003b). Komission suositus, annettu 23 päivänä heinäkuuta 2003, ohjeista kansallisten strategioiden ja parhaiden käytänteiden laatimiseksi muuntogeenisten viljelykasvien sekä tavanomaisen ja luonnonmukaisen maataloustuotannon rinnakkaiseloon (2003/556/EY).
<http://honeybee.helsinki.fi/esgemo/raportit/suositus.pdf>

EUCARPIA (1989). Statement on risk assessment regarding the release of transgenic plants.
EUCARPIA Bulletin 18:16

Faegri K, Iversen J (1989). Textbook of pollen analysis. Wiley & Sons, New York, 328 p.

Fitt G, Wilson L (2003). Non-target effects of Bt-cotton: A case study from Australia, Canberra CSIRO Entomology, Biotechnology of *Bacillus thuringiensis* and its environmental impact: proceedings of the 4th Pacific Rim conference (eds Akhurst R, Beard C, Hughes PAE). CSIRO, Canberra, pp. 175-182.

Flavell RB, Dart E, Fuchs RL, Fraley RT (1992). Selectable marker genes: Safe for plants.
BioTechnol. 10: 141-144.

Gelvin SB (2005). Gene exchange by design. *Nature* 433: 583-584.

Gianessi LP, Silvers CS, Sankula S, Carpenter JE (2002). Plant Biotechnology: Current and Potential Impact For Improving Pest Management In U.S. Agriculture An Analysis of 40 Case Studies. Nat. Center for Food and Agric. Policy, Washington. www.ncfap.org

Gianessi LP, Sankula S, Reigner N (2003). Plant Biotechnology: Potential Impact For Improving Pest Management In European Agriculture. Potato case study. Nat. Center for Food and Agric. Policy, Washington. www.ncfap.org

Gressel J, Hanafi A, Head G, Marasas W, Obilana AB, Ochanda J, Souissi T, Tzotzos G (2004). Major heretofore intractable biotic constraints to African food security that may be amenable to novel biotechnological solutions. *Crop Protection* 23: 661–689.

Hamm U, Gronefeld F (2004). The European market of organic food: Revised and updated analysis. Univ. of Kassel, Germany 2004.

Hammer K (1975). Die Variabilität einiger Komponenten der Allogamieneigung bei der Kulturgerste (*Hordeum vulgare* L.s.1.). *Kulturpflanze* 23: 167-180.

Hammer K (1977). Fragen der Eignung des Pollens der Kulturgerste (*Hordeum vulgare* L.s.1.). *Kulturpflanze* 25: 13-23.

Hanin M, Paszkowski J (2003). Plant genome modification by homologous recombination. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6:157-162.

Hare P, Chua N (2002). Excision of selectable marker genes from transgenic plants. *Nature Biotech.* 20: 575-580.

Head G, Freeman B, Moar W, Ruberson J, Turnipseed S (2001). Natural enemy abundance in commercial Bollgard® and conventional cotton fields, Proc. Beltwide Cotton Conferences, Anaheim, California, National Cotton Council, Memphis, Tennessee.

Head G, Surber JB, Watson JA, Martin JW, Duan JJ (2002). No detection of Cry1Ac protein in soil after multiple years of transgenic Bt cotton (Bollgard®) use. *Environm. Entomol.* 31: 30-36.

Herman EM (2003). Genetically modified soybeans and food allergies. *J Exp. Botany* 54: 1317-1319.

Herman EM (2004). Making food less allergenic with the help of genetic engineering. Esitelmä MMM:n geenitekniikkaseminaari Helsingissä 26.11.2004.

Herman EM, Helm RM, Jung R, Kinney AJ (2003). Genetic modification removes an immunodominant allergen from soybean. *Plant Physiology* 132: 36–43.

Hossain F, Pray C, Lu Y, Huang J, Fan C, Hu R (2004). Genetically modified cotton and farmers' health in China. *Int. J Occup. Environ. Health* 10: 296-303.

Hyytiäinen T, Hedman-Partanen R, Hiltunen S (1999). Kasvintuotanto 2. Kirjayhtymä, Helsinki, 251s.

- Hämäläinen E, Korpela S, Långfors K (1983). Mehiläishoitajan käsikirja, Otava, 201 s.
- Hömmö LM (1994a) Hardening of some winter wheat (*Triticum aestivum* L.), rye (*Secale cereale* L.), triticale (X *Triticosecale* Wittmack) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars during autumn and the final winter survival in Finland. *Plant Breeding* 112: 285-293.
- Hömmö LM (1994b). Resistance of winter cereals to various winter stress factors - inter- and intraspecific variation and the role of cold acclimation. *Agric. Sci. Finl.* 3 (Suppl. No. 1): 1-32.
- ICSU (2003). New Genetics, Food and Agriculture: Scientific Discoveries – Societal Dilemmas. International Council for Science, 58 p.
www.icsu.org/Gestion/img/ICSU_DOC_DOWNLOAD/90_DD_FILE_ICSU_GMO%20report_May%202003.pdf
- Jacot Y, Ammann K, Al Mazyad PR, Chueca C, David J, Gressel J, Loureiro I, Wang H, Benavente E (2004). Hybridization between wheat and wild relatives, a European Union research programme. *In* Introgression from genetically modified plants into wild relatives (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p. 63-73. CABI Publishing.
- James C (2004). Preview. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2004. *ISAAA Briefs* No. 32 - 2004.
- Jørgensen RB, Ammitzböll H, Hansen LB, Johannessen M, Andersen B, Hauser TP (2004). Gene introgression consequences in *Brassica*. *In* Introgression from genetically modified plants into wild relatives (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p.253-262. CABI Publishing.
- Kangas A, Laine A, Niskanen M, Salo Y, Vuorinen M, Rahkonen A (2003). Tärkeimmät peltokasvilajikkeet 2004. *In*: Maatalouskalenteri 2004. Maatalouskalenteri 57: 186-191.
- Karlsson AL, Alm R, Ekstrand B, Fjelkner-Modig S, Schiött Å, Bengtsson U, Björk L, Hjernø K, Roepstorff P, Emanuelsson CS (2004). Bet v 1 homologues in strawberry identified as IgE-binding proteins and presumptive allergens. *Allergy* 59: 1277-1284.
- KTTK (2003). Siementuotannon vuositilastot 2003 - 2004. Kasvintuotannon tarkastuskeskus. *Kylvösiemen* 3/2004, s. 11-22.
- KTTK (2004). Luonnonmukainen maatalous 2003 - Tilastoja. Kasvintuotannon tarkastuskeskus.
- Kuvshinov V, Koivu K, Kanerva A, Pehu E (2001). Molecular control of transgene escape from genetically modified plants. *Plant Sci.* 160: 517-522.
- Lahtinen J (2005). Peruslohkojen keskikoko TE-keskuksittain Suomessa vuoden 2001 lopussa. MMM Tike. Lähde: Maatilarekisteri.
- Laurila J, Lasko I, Valkonen JPT, Hiltunen R, Pehu E (1996). Formation of parental type and novel glycoalkaloids in somatic hybrids between *Solanum brevidens* and *S. tuberosum*. *Plant Sci.* 118: 145-155.
- Levy SB (1998). The challenge of antibiotic resistance. *Sci. Amer.* (March 1998): 32-39.

Lewis W, Vinay P, Zenger V(1983). Airborne and allergenic pollen of North America. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 254 p.

Liu Q, Ingersoll J, Owens L, Salih SS, Meng R, Hammerschlag FA (2001). Increased resistance to *Erwinia amylovora* exhibited by transgenic 'Royal Gala' apple (*Malus x domestica* Borkh.) shoots, carrying a modified cecropin Mb39 gene. *Acta Hort. Proc.* 560: 95-99.

Lolle SJ, Victor JL, Young JM, Pruitt RE (2005). Genome-wide non-mendelian inheritance of extra-genomic information in Arabidopsis. *Nature* 434: 505-509.

Lu B-R, Song Z-P, Chen J-K (2004). Crop to wild gene flow in rice and its ecological consequences. In *Introgression from genetically modified plants into wild relatives* (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p.139-150. CABI Publishing.

Lyssenko TD (1948). Die Situation in der biologischen Wissenschaft. Verlag Kultur und Fortschritt GMBH Berlin

Magg T, Bohn M, Klein D, Merditaj V, Melchinger AE (2002). Concentration of moniliformin produced by Fusarium species in grains of transgenic Bt maize hybrids compared to their isogenic counterparts and commercial varieties under European corn borer pressure. *Plant Breeding* 122: 322-327.

Marasas WFO, Riley RT, Hendricks KA, Stevens VL, Sadler TW, van Waes JG, Missmer SA, Cabrera J, Torres O, Gelderblom WCA, Allegood J, Martínez C, Maddox J, Miller JD, Starr L, Sullards MC, Roman AV, Voss KA, Wang E, Merrill AHJr (2004). Fumonisin Disrupts Sphingolipid Metabolism, Folate Transport, and Neural Tube Development in Embryo Culture and In Vivo: A Potential Risk Factor for Human Neural Tube Defects among Populations Consuming Fumonisin-Contaminated Maize. *J. Nutr.* 134: 711-716.

Maumbe BM, Swinton SM (2003). Hidden health costs of pesticide use in Zimbabwe's smallholder cotton growers. *Soc. Sci. Med.* 57: 1559-1571.

McPartlan HC, Dale PJ (1994). An assessment of gene transfer by pollen from field grown transgenic potatoes to non-transgenic potatoes and related species. *Transg. Res.* 3: 216-225.

Men X, Ge F, Liu X, Yardim EN (2003). Diversity of arthropod communities in transgenic Bt cotton and nontransgenic cotton agroecosystems. *Environm. Entomol.* 32: 270-275.

Mendel G (1866). Versuche über Pflanzen-Hybriden. *Verh. Naturforsch. Ver. Brünn* 4: 3-47.

MMM (2001). Tavanomainen hyvä maatalouskäytäntö. 23 s.

MMM (2003). Maa- ja metsätalousministeriön geenitekniikkastrategia ja toimenpideohjelma vuosille 2003 - 2007. Työryhmämuistio MMM 2003:18.

www.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2003/tr2003_18.pdf

MMM (2004). Geenitekniikka ja luonnonvarat. Uusia mahdollisuuksia hallitusti hyödyntäen. Maa- ja metsätalousministeriö 2004.

- MMM (2005). Luonnonmukaisen elintarviketuotannon yhteistyöryhmän loppuraportti. Työryhmämuistio MMM 2005:2.
- Monarch Watch (2000). [Monarkkiperhosen populaatiokoko]. *Monarch Watch* vol.3 (1995) - vol.8 (2000), Univ. of Kansas. www.MonarchWatch.org
- Motavalli PP, Kremer RJ, Fang M, Means NE (2004). Impact of genetically modified crops and their management on soil microbially mediated plant nutrient transformations. *J Env. Qual.* 33: 816-824
- MTTL (2004). Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2004. Niemi J & Ahlstedt J. (toim.): MTT Taloustutkimus, Julkaisuja 104.
- Muhos (2004). Esitys horisontaalisen maaseudun kehittämisohjelman ohjelmamuutokseksi. Ohjelmamuutostyöryhmän (Muhos-ryhmä) esitys 18.6.2004. 27 s.
- Munkvold GP, Hellmich RL, Rice LG (1999). Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and non-transgenic hybrids. *Plant Disease* 83:130-138.
- NAAEC (2004). Maize & biodiversity. The effect of transgenic maize in Mexico. Commission for Environmental Cooperation, NAAEC (North American Agreement on Environmental Cooperation), Nov. 2004, 50 p.
- Naranjo SE, Ellsworth PC (2003). Looking for functional non-target differences between transgenic and conventional cottons: Implications for biological control. Univ. of Arizona, <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1283>
- NERC (2005). Gene Flow in Plants and Microorganisms Initiative. Natural Environment Research Council, UK. www.nerc.ac.uk/publications/latestpressrelease/2005-29geneflowmediabrief.asp
- Nilsson S, Praglowski J, Nilsson L (1977). Atlas of airborne pollen grains and spores in Northern Europe. Bokförlaget Natur och Kultur, Stockholm, 159 p.
- Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK (1996). Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *New England J Medic.* 334: 688-692.
- Norelli JL, Jones AL, Aldwinckle HS (2003). Fire blight management in the 21st century: Using new technologies that enhance host resistance in apple. *Plant Dis.* 87: 756-765.
- Norris C, Sweet J, Parker J, Law J (2004). Implications for hybridization and introgression between oilseed rape (*Brassica napus*) and wild turnip (*B. rapa*) from an agricultural perspective. In *Introgression from genetically modified plants into wild relatives* (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p.107-123. CABI Publishing.
- NRC (2004). Composition of altered food products, not method used to create them, should be basis for federal safety assessment. National Research Council, USA, July 27, 2004. <http://www4.nationalacademies.org/news.nsf/isbn/0309092094?OpenDocument>
- OECD (2000). Report of the Task Force for Safety of Novel Foods and Feeds. Organisation for Economic Co-operation and Development, 17th May 2000, C(2000)86/ADD1.

[www.oilis.oecd.org/oilis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee7/c125685b0057c558c12568e2003323af/\\$FILE/10077438.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee7/c125685b0057c558c12568e2003323af/$FILE/10077438.PDF)

OECD (2001-2005). Consensus documents on compositional considerations for new varieties of cultivated plants, No. 1-13. OECD Task Force for the Safety of Novel Foods and Feeds.

www.oecd.org/document/9/0,2340,en_2649_34385_1812041_1_1_1_1,00.html

- Viimeisin: Consensus document on compositional considerations for new varieties of alfalfa and other temperate forage legumes: Key feed nutrients, antinutrients and secondary plant metabolites. Series on the Safety of Novel Foods and Feeds, No. 13, ENV/JM/MONO(2005)13, OECD 2005.

Oja H (2005). Auringon nousu- ja laskuajat Helsingissä ja Vaasassa sekä keskimäärin Tanskassa. MMM:n tilaama selvitys.

Oksman-Caldentey K-M, Inze D (2004). Plant cell factories in the post-genomic era: new ways to produce designer secondary metabolites. *Trends Plant Sci.* 9: 433-440.

Oksman-Caldentey K-M, Saito K (2005). Integrating genomics and metabolomics for engineering plant metabolic pathways. *Curr. Opin. Biotechnol.* 16: 174-179.

Ow D (2004). Expression of transgenes from specific chromosome locations. ABIC 2004, Köln, 12.-15.9.2004.

Paine JA, Shipton CA, Chaggar S, Howells RM, Kennedy MJ, Vernon G, Wright SY, Hinchliffe E, Adams JL, Silverstone AL, Drake R (2005). Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nature Biotech.*, Advance online publication 27 March 2005, 6 p.

Papst C, Utz HF, Melchinger AE, Eder J, Magg T, Klein D, Bohn M (2005). Mycotoxins produced by *Fusarium* spp. Isogenic Bt vs. non-Bt maize hybrids under European Corn Borer pressure. *Agron. J.* 97: 219-224.

Perez C, Fabijanski S, Perkins E (2004). Plant artificial chromosomes, uses thereof and methods of preparing plant artificial chromosomes. *U.S. Pat. Appl.* No. 20040214290, Oct. 28, 2004, 130 p.

Phipps RH, Park JR (2002). Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *J Animal Feed Sci.* 11: 1-18.

Pilson D, Snow AA, Rieseberg LH, Alexander HM (2004). A protocol for evaluating the ecological risks associated with gene flow from transgenic crops into their wild relatives: the case of cultivated sunflower and wild *Helianthus annuus*. In *Introgression from genetically modified plants into wild relatives* (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), 219-233. CABI Publishing.

Pray CE, Huang J, Hu R, Rozelle S (2002). Five years of Bt cotton in China - the benefits continue. *Plant J.* 31: 423-430.

Preuss D (2004). Assembling plant chromosomes: Analysis of centromere structure and function. ABIC 2004, Köln, 12.-15.9.2004.

- Pudney PD, Buckley SL, Sidebottom CM, Twigg SN, Sevilla MP, Holt CB, Roper D, Telford JH, McArthur AJ, Lillford PJ (2003). The physico-chemical characterization of a boiling stable antifreeze protein from a perennial grass (*Lolium perenne*). *Arch Biochem Biophys.* 410: 238-245.
- Pugsley AT (1971). A genetic analysis of the spring-winter habit of growth in wheat. *Austral. J. Agric. Res.* 22: 21-31.
- Ramsay G, Thompson CE, Squire GR (2003). Quantifying landscape-scale gene flow in oilseed rape. Final Report of DEFRA Project RG0216. DEFRA, London, 50 p.
- Redenbaugh K, Berner T, Emlay D, Frankos B, Hiatt W, Houck C, Kramer M, Malyj L, Martineau B, Rachman N, Rudenko L, Sanders R, Sheehy R, Wixtrom R (1993). Regulatory issues for the commercialization of tomatoes with an antisense polygalacturonase gene. *In Vitro Cell Dev. Biol.* 29P: 17-26.
- Regal PJ (1994). Scientific principles for ecologically based risk assessment of transgenic organisms. *Mol. Ecol.* 3: 5-13.
- Ritala A, Nuutila AM, Aikasalo R, Kauppinen V, Tammissola J (2002). Measuring gene flow in the cultivation of transgenic barley. *Crop Science* 42: 278-285.
- Romeis J, Dutton A, Bigler F (2004). Bacillus thuringiensis toxin (Cry1Ab) has no direct effect on larvae of the green lacewing *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). *J Insect Physiol.* 50: 175-183.
- Rowlandson K, Tackaberry E (2003). Edible vaccines: alternatives to conventional immunization. *AgBiotechNet* 5 Sep. 2003, ABN 115, 7 p.
- Rufener Al Mazyad P, Ammann K (2002). Das "chinesische Baumwollwunder": Fakten und Fiktionen. Der Greenpeace-Bericht: Ein Machwerk unseriöser Gentech-Gegner. *Novo* 60, www.novo-magazin.de/60/novo6034.htm
- Ryynänen A (1973). *Rubus arcticus* L. and its cultivation. *Ann. Agric. Fenn.* 12: 1-76.
- Saxena D, Stotzky G (2001). Bacillus thuringiensis (Bt) toxin released from root exudates and biomass of Bt corn has no apparent effect on earthworms, nematodes, protozoa, bacteria, and fungi in soil. *Soil Biol. Bioch.* 33: 1225-1230.
- Scott SE, Wilkinson M (1998). Transgene risk is low. *Nature* 393: 320.
- Sears MK, Hellmich RL, Stanley-Horn DE, Oberhauser KS, Pleasants JM, Mattila HR, Siegfried BD, Dively GP (2001). Impact of *Bt* corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98: 11937-11942.
- Shoemaker NB, Vlamakis H, Hayes K, Salyers AA (2001). Evidence for extensive resistance gene transfer among *Bacteroides* spp. and among *Bacteroides* and other genera in the human colon. *Appl. Env. Microbiol.* 67: 561-568.
- Sidebottom C, Buckley S, Pudney P, Twigg S, Jarmann C, Holt C, Telford J, McArthur A, Worrall D, Hubbard R, Lillford P (2000). Heat-stable antifreeze protein from grass. *Nature* 406: 256.

- Simmonds NW (1979). Principles of crop improvement. Longman, London and New York. 408 p.
- Skjelvåg AO (1998). Climatic conditions for crop production in Nordic countries. *Agric. Food Sci. Finl.* 7: 149-160.
- Smalla K, Borin S, Heuer H, Gebhard F, van Elsas JD, Nielsen K (2000). Horizontal transfer of antibiotic resistance genes from plants to bacteria - are there new data to fuel the debate? Proc. 6th Int. Symp. The Biosafety of Genetically Modified Organisms, Saskatoon, Canada, July 2000, 8p.
- Smith JM (2005). Petoksen siemenet. Rauhanpuolustajat ja LIKE, 320 s.
- Song J, Bradeen JM, Naess KS, Raasch JA, Wielgus SM, Haberlach GT, Liu J, Kuang H, Austin-Phillips S, Buell CR, Helgeson JP, Jiang J (2003). Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100: 9128-9133.
- SOT (2002). The safety of genetically modified foods produced through biotechnology. Society of Toxicology Position Paper, Sep. 25th, 2002, 16 p. www.asa-europe.org/pdf/gmfoods.pdf
- Soukup J, Holec J (2004). Crop-wild interaction within the *Beta vulgaris* complex: Agronomic aspects of weed beet in the Czech Republic. In Introgression from genetically modified plants into wild relatives (den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, eds), p.203-218. CABI Publishing.
- Summers A (2002). Generally overlooked fundamentals of bacterial genetics and ecology. *Clinical Infectious Diseases* 34: S85-S92.
www.journals.uchicago.edu/CID/journal/issues/v34nS3/020124/020124.html
- Swords K (2004). All-Native DNA Transformation. A new approach for genetic engineering. ABIC 2004, Köln, 12.-15.9.2004.
- Lohtander-Buckbee K, Törmäkangas K, Ruohonen-Lehto M (2004). Menetelmien valinta muuntogeenisten kasvien ympäristövaikutusten arviointiin ja seurantaan. *Suomen ympäristö* 736, Suomen ympäristökeskus, 130 s.
- Tammisola J (2003). Kasvinjalostus ja ruoka-allergiat. *Allergia & Astma* 3/2003.
www.honeybee.helsinki.fi/~tammisol/AArua303.pdf
- Tammisola J (2004a). Syödäänkö rokote allergiaan? *Allergia & Astma* 2/2004.
www.honeybee.helsinki.fi/~tammisol/AAspa204.pdf
- Tammisola J (2004b). Parempia kasvilajikkeita kehitysmaille – miksi ja miten? *Futura* 4/04, s.38-57. www.honeybee.helsinki.fi/~tammisol/Futura151204webp180305.pdf
- Tammisola J, von Wright A (2005). Kasvinjalostus ja ravinnon haitta-aineet. *Kehittyvä Elintarvike* 2/2005, s. 56-57. www.honeybee.helsinki.fi/~tammisol/KehElint2_05.pdf
- TIKE (2004). Maataloustilastollinen vuosikirja 2004. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus.
- Tirri R, Lehtonen J, Lemmetyinen R, Pihakaski S, Portin P (2001). Biologian sanakirja. Otava.

Tonsor SJ (1985). Leptokurtic pollen-flow, non-leptokurtic gene-flow in a wind-pollinated herb, *Plantago lanceolata*. *Oecologia* 67: 442-446.

Trevaskis B, Bagnall DJ, Ellis MC, Peacock WJ, Dennis ES (2003). MADS box genes control vernalization-induced flowering in cereals. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 100: 13099-13104.

Tuomisto J (2005). Tuloksia meneillään olevasta tutkimuksesta. Tilastolähde: KTTK:n siementarkastuspöytäkirjat.

Tveito OE, Førland E, Alexandersson H, Drebs A, Jónsson T, Tuomenvirta H, Vaarby-Laursen E (2001) Nordic climate maps, DNMI Report 06/01 KLIMA.

Tynan JL, Williams MK, Conner AJ (1990). Low frequency of pollen dispersal from a field trial of transgenic potatoes. *J. Genet. & Breed.* 44: 303-306.

UGASH (2004). Are there hazards for the consumer when eating food from genetically modified plants? Union of the German Academies of Science and Humanities Commission Green Biotechnology, Nov. 2004.

www.akademienunion.de/files/memorandum_gentechnik/memorandum_green_biotechnology.pdf

USDA (1995-2000). Cotton Varieties Planted (Annual 1995-2000). Agricultural Marketing Service - Cotton Program, Memphis, Tennessee.

Verso (2004). Komissiolle esitetyt muutokset ympäristötukeen. Maatalouspolitiikan uutiskirje, joulukuu 2004. Maa- ja metsätalousministeriö.

VYR (2004). Vilja-alan markkinakatsaus 01/2004. Vilja-alan yhteistyöryhmä helmikuu 27.2.2004, 33 s.

Watrud LS, Lee EH, Fairbrother A, Burdick C, Reichman JR, Bollman M, Storm M, King G, Van de Water PK (2004). Evidence for landscape-level, pollen-mediated gene flow from genetically modified creeping bentgrass with CP4 EPSPS as a marker. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 14533-14538.

WMO (1996). Climatological Normals for the period 1961 - 1990. World Meteorological Organization, WMO/OMM - No. 847, Geneva.

Wu K (2002). A brief statement on the studies of the ecological impact of Bt cotton conducted by Dr. Kongming Wu's lab, Institute of Plant Protection, CAAS. Available from www.botanischergarten.ch/debate/WuKongmingRsptoGreenp.pdf

Yan L, Loukoianov A, Blechl A, Tranquilli G, Ramakrishna W, SanMiguel P, Bennetzen JL, Echenique V, Dubcovsky J (2004). The wheat VRN2 gene is a flowering repressor down-regulated by vernalization. *Science* 303: 1640-1644.

Ylikangas V (2004). Peltotilujärjestelyjen tarve ja mahdollisuudet Suomessa. Maanmittauslaitos.

Liite A. Jalostuksen teknisiä ja biologisia keskustelukysymyksiä

Rinnakkaiselo, niin kuin se Euroopan unionissa käsitetään, koskee maataloutta ja sen käytäntöjä siten, että tavanomainen, luonnonmukainen ja muuntogeenisiä organismeja hyödyntävä maatalous ovat tasavertaisia ja että tuotteiden eriyttäminen onnistuu merkintäsäännösten edellyttämällä tavalla.

Rinnakkaiselotarkasteluissa on kyse tuotteista, jotka on todettu turvallisiksi ihmisen, eläinten ja ympäristön kannalta ja ovat saaneet markkinointiluvan. Rinnakkaiseloon liittyvät kysymykset koskevat lähinnä maatalouden käytännön järjestelyjä eriyttämisen toteuttamiseksi sekä taloudellisen vastuun järjestämistä sen varalta, että tuotteissa tapahtuisi sekoittumista siinä mitassa, että siitä aiheutuisi tuottajille taloudellista tappiota.

Muuntogeenisten kasvien käyttöön tuotannossa liittyy kuitenkin muitakin näkökohtia kuin rinnakkaiselon toteuttaminen. Näistä käydään laajaa keskustelua, erityisesti muuntogeenisten kasvien ympäristö- ja terveysvaikutuksista. Seuraavassa tarkastellaan siksi kasvijalostukseen ja sen geenitekniikkaan liittyviä teknisiä ja biologisia kysymyksiä.

Geenin sijaintipaikka perimässä

Luonto itse muuttaa geenien sijaintia kromosomeissa klassillisilla kromosomimutaatioilla (inversio, deleetio, duplikaatio, translokaatio). Ilmiö on tunnettu jo 1920-luvulta asti, eikä se aiheuta huolta kasvien jalostuksessa. Uudessa paikassa geeni voi toimia paremmin tai huonommin kuin ennen, mutta huonot lopputulokset karsiutuvat pois luonnon tai jalostajan suorittamassa valinnassa. Vanhassa kasvinjalostuksessa geenin sijainti kromosomeissa oli tiedossa vain harvoin. Nykyaikaisten geenikartoitusohjelmien myötä monen geenin sijainti on nykyisin ainakin likimäärin selvillä, mistä on apua myös perinteisessä jalostustyössä.

Varhaisemmassa geenitekniikassa ei soluun siirrettävän geenin liittymiskohtaa kromosomiin voitu etukäteen määrätä, vaan siirretty geeni liittyi satunnaiseen paikkaan kasvin kromosomeissa. Geeni saattoi tällöin joutua alueelle, jossa sen toiminta heikkenee. Lähistön geenit saattavat myös joskus vaikuttaa toistensa säätelyyn, mitä osataan ehkäistä sijoittamalla jalostettavan geenin päihin tyhjää dna-rihmaa eristeeksi. Kiinnittyvä geeni saattaa myös periaatteessa osua toisen geenin alueelle ja sammuttaa sen toiminnan. Tällaista esiintyy kuitenkin harvoin viljelykasveilla (esimerkiksi ohra, vehnä, maissi, palkokasvit), sillä niiden kromosomeista vain noin viisi prosenttia on koodaavaa geenialuetta (poikkeuksena riisi, jonka perimä on hyvin pieni ja dna:sta puolet on geenejä). Kromosomeissa on kuitenkin tuhansia paikkoja, joissa muuntogeeni toimii hyvin. "Onnistuneita osumia" löydetään yleensä riittävästi tuottamalla joitakin kymmeniä muuntogeenisiä kasvinjoja. Niistä vain parhaat valitaan jatkotutkimuksiin. Geenin toteutunut kiinnittymiskohta voidaan selvittää geeniteknisesti jälkikäteen ja karsia pois epäsovikat kasvinlinjat.

Geenejä sammuttavat mutaatiot ovat sinänsä yleisiä luonnossa. Tavallisesti tällainen geenin sammuminen heikentää kasvin menestymistä, jolloin linja karsiutuu pois itsestään tai jalostajan valinnassa. Jos muutos kuitenkin johtaa vaikkapa haittageenin sammumiseen, sitä voidaan käyttää jalostuksessa.

Uusimmassa geeniteknikassa kehitetään metodeja, joiden avulla siirrettävän geenin kiinnittymispaikka kromosomissa voidaan tietyissä tilanteissa määrätä jo ennalta⁴¹. Kasviin voidaan nimittäin viedä ennakkoon muutaman dna-emäksen mittainen "kiinnittymisalusta", johon geeni on jälkeensä kiinnitettävissä. Edeltävissä kokeissa kehitetään suuri joukko eri kasvulinjoja, joissa kiinnittymisalusta sijaitsee eri paikassa. Näiden linjojen avulla voidaan laboratoriotutkimuksissa selvittää, mitkä kiinnittymispaikoista ovat geenitoiminnan kannalta parhaita. Lopuksi siirrettävä geeni sitten lisätään tutkittuun, hyvin toimivaksi tiedettyyn paikkaan kasvin kromosomissa (Ow 2004). Haluttaessa geeni voidaan tällöin jälkeensä myös leikata kromosomista pois tai lisätä sen viereen muita hyötygeenejä.

Siirtogeenin kiinnittymiskohdan mahdollisia ei-toivottuja vaikutuksia voidaan kasveillakin lähitulevaisuudessa välttää koostamalla siirrettävistä geneistä oma pieni "minikromosomi" (Perez ym. 2004, Preuss 2004). Tämä on erityisen hyödyllistä, kun kasviin siirretään samalla kertaa useita geenejä. Minikromosomin toiminnalliset osat (pää eli telomeerit sekä kromosomia liikuttava sentromeeri) saadaan kasvista itsestään. Kromosomin käsivarsiin ei sijoiteta muita geenejä kuin kasviin jalostettavat geenimuodot. Valmis minikromosomi viedään sitten soluun tavallisilla geeninsiirtotekniikoilla (Preuss 2004). Jalostetut minikromosomit ovat osoittautuneet kasveissa hyvin vakaiksi, sillä kasvit hyväksyvät kromosomiluvun muutoksia paljon vapaammin kuin eläimet.

Geenin toiminnan stabiilisuus

Geenitekniikkaa sovellettaessa saattaa kasviin siirretty geeni "hiljentyä" useissa alkuvaiheen kasvulinjoissa. Tämä liittyy usein tilanteeseen, jossa joko itse siirtogeeniä tai sen lähisukuisia geenejä on kasvin perimässä useita kopioita. Kasvi hiljentää geenejä kiinnittämällä niiden dna-emäksiin metyyliiryhmiä, jotka toimivat eräänlaisina sordiinoina. Vahvasti metyloiduista geneistä ei solussa synny geenituotteita (proteiineja). On huomattava, että normaalistikin huomattava osa kasvin geneistä on joko "pysyvästi" tai tilapäisesti hiljennettyinä. Kasveilla siihen on varaa, sillä niillä on usein soluissaan koko geenistö useana toistona (kasvien evoluutiossa risteytyminen ja polyploidia ovat erittäin yleisiä). Monet näistä "kerrannaisgeneistä" voivat olla kotoisin eri kasvilajeilta. Kasviyksilön ominaisuudet riippuvat siitä, mitkä ominaisuuteen vaikuttavista geneistä ovat toiminnassa.

Siirtogeenin toiminnan mahdollinen hiljentyminen ei koske perimän muita geenejä. "Hiljaisten linjojen" ongelma on hoidettavissa tavallisilla jalostuksen keinoilla tuottamalla alkuvaiheessa jalostukseen ylimääräisiä koelinjoja, joista parhaat valitaan jatkoon (Tammisola 2004b), ja seuraamalla linjojen stabiiliutta usean sukupolven ajan. On huomattava, että dna-metylaatiosta johtuvat ongelmat koskevat myös perinteistä risteytysjalostusta. Risteytyksissä kaukaisten sukulaisten tai villilajien kanssa voi kasvin dna-metylaatio purkautua ja rakentua uudelleen, jolloin kasvi voi muuttua odottamattomalla tavalla: piileviä haittageenejä voi käynnistyä ja tärkeitä hyötygeenejä vaimentua. Toisaalta geneettinen muuntelu on jalostuksen perusedellytys, ja näistäkin toissijaisista muutoksista saattaa olla jalostajalle myös hyötyä.

Riippuen käytetystä menetelmästä saattaa jalostettavasta geenistä kiinnittyä kasvin perimään useampi kuin yksi kopio. Kun lajiketta myöhemmin lisätään suvullisesti, saattavat nämä kopiot erota toisistaan sukusolujen muodostumisessa. Jälkeläislinjojen välillä voi silloin esiintyä vaihtelua gee-

⁴¹ Näissä ns. targetointitekniikoissa ei kuitenkaan voida hyödyntää sitä perinteisen geenitekniikan etua, että valmiiseen eliittilajikkeeseen voidaan lisätä hyötygeeni lajikkeen muuta geeniyhdistelmää muuttamatta. Targetointitekniikat sopivat toistaiseksi lähinnä niihin tilanteisiin, joissa hyötygeeni lisätään tulevan jalostustyön lähtökohtana toimivaan jalostuspopulaatioon.

nin kopiomäärässä ja ehkä myös geenin ilmentymisen tasossa. Siksi nykyisin yleensä varmistetaan molekyylibiologisilla analyyseillä, että geeni on jalostuslinjassa vain yhtenä kopiona⁴².

Valinnan apugeenit

Kun geeninsiirrossa halutaan solujen tai solukoiden joukosta löytää ja rikastaa soluja, joissa siirto on onnistunut, käytetään usein hyväksi jotain valinnan apugeeniä. Muuntogeeninen solu saadaan esimerkiksi näkyviin jollain värjäysmenetelmällä, tai apugeeni tuo solulle kestävyyttä jotain kasvisoluille muutoin haitallista käsittelyä tai kemikaalia vastaan. Jalostettaessa lajiketta herbisidinkestäväksi toimii jalostettava kestävyysgeeni itse tällaisena valintamarkkerina. **Varhaisemmassa geenitekniikassa** valinnan apugeeni jäi usein mukaan lopulliseen lajikkeeseen, missä siitä ei kuitenkaan ole enää hyötyä. Päinvastoin, geeni estää hyödyntämästä samaa valintakeinoa myöhemmin, jos kasviin haluttaisiin tuoda lisää hyötyominaisuuksia. **Uudemmassa geenitekniikassa** valinnan apugeeni ei yleensä jää mukaan lopulliseen kasvilajikkeeseen. Tähän on kehitetty useita eri keinoja (Hare & Chua 2002). Kun jalostettava geeni ja apugeeni tarjotaan solulle erillisinä (esimerkiksi kahdessa eri plasmidissa), vaikkakin yhtäaikaan, ne saattavat kiinnittyä perimässä eri kohtiin. Siinä tapauksessa ne voidaan erottaa toisistaan jälkepäin tavallisten risteytysten avulla. Eräissä uusimmista menetelmistä taas voidaan kiinnittynyt apugeeni leikata pois kasvilinjan perimästä jälkepäin sopivien entsyymien avulla (Ow 2004).

Antibioottiresistenssi on ominaisuus, joita käytetään usein apuna valinnassa. Hoidoissa sisäisesti käytettävät antibiootit tuhoavat yleensä bakteereita, mutta eivät vahingoita korkeampia eliöitä (eli aiotumallisia, esimerkiksi eläimiä, kasveja ja sieniä). Eräät antibiootit haittaavat kuitenkin myös kasvisoluja, joten niitä voidaan käyttää avuksi valinnassa kasveilla. (Tällaiset antibiootit eivät useinkaan sovellu sisäisesti käytettäväksi tautien hoitoon, koska ne aiheuttavat vakavia sivuvaikutuksia). Teoriassa bakteerit voivat – joskin erittäin harvoin – ottaa perimäänsä kasvilla olevia geenejä. Evoluution aikaskaalassa sillä on merkitystä. Koska eri lajeihin kuuluvat bakteerit kykenevät toisinaan vaihtamaan keskenään geenejä, on tunnettu huolta antibioottiresistenssigeenien kulkeutumisesta suolisto- tai patogeenibakteereihin tätä kautta.

Riskiä tarkasteltaessa on otettava huomioon, että kasvibioteknikassa hyödynnettävät resistenssigeenit ovat kotoisin maaperän bakteereista, joissa ne ovat laajalle levinneitä ja yleisiä (Flavell ym. 1992, Smalla ym. 2000, Summers 2002, APUA 2004). Saamme niitä runsaasti ympäristöstämme muun muassa tuoreravinnossa olevien bakteerien mukana (Levy 1998). Tärkeä lähde ovat myös kotieläinten ja ihmistenkin suolistossa olevat bakteerit, joiden joukossa usein on antibioottiresistentejä muotoja. Yhtäältä siirtogeenisen kasvin jokainen solu sisältää antibioottiresistenssigeenin, joten laajamittaisessa viljelyssä ympäristössä ja ravinnossa olevien antibioottiresistenssigeenien määrä lisääntyy, mikä saattaa lisätä siirtymisen todennäköisyyttä. Uusimpien tutkimustulosten mukaan geenien mahdollisuus siirtyä gm-viljelykasveista maabakteereihin on kuitenkin häviävän pieni (NERC 2005). Toisaalta resistenssigeenit siirtyvät bakteerista toiseen verrattomasti tehokkaammin kuin kasviperäisestä dna:sta bakteeriin. Kvantitatiivisten riskinarviointien perusteella bakteerit saavat resistenssigeenejä monta kertaluokkaa helpommin suoraan toisiltaan kuin muuntogeenisistä kasveista (Redenbaugh ym. 1993, Chambers ym. 2001, Shoemaker ym. 2001).

Geenien siirtymistä toimintakykyisenä bakteereihin voidaan estää siirtogeenien rakenteella, sillä korkeammassa eliöissä geenien rakenne poikkeaa bakteerien geneeistä. Geenimme ovat perimässä

⁴² Toisaalta kun pyritään haittageenin hiljentämiseen, kasviin voidaan tietoen tahtoen jalostaa hiljentävä geenimuoto useana kopiona.

paloina, joita erottavat toisistaan koodaamattomat välialueet (intronit). Bakteerigeenit sitä vastoin ovat yhtenäisiä (ilman katkoja), eikä bakteerisolu siksi pysty hyödyntämään korkeampien eliöiden geenejä. Valinnassa käytettävien resistenssigeenien toiminta bakteereissa voidaan estää katkomalla geenin rakenne usealla intronilla.

Lopullisen varmistuksen vuoksi nykyiset EU-säädökset⁴³ kieltävät jättämästä markkinoille saatettaviin lajikkeisiin sellaisia apugeenejä, jotka koodaavat vastustuskykyä antibiooteille, joilla on merkitystä tautien hoidossa.

Jalostuksen hallittavuus

Geenitekniikan käyttöön ottamisella on pyritty välttämään **valintaan ja risteytyksiin** perustuvan jalostuksen ongelmana olevaa suurta satunnaisuutta, jolloin lajiketta parannettaessa menetetään usein huomattava osa aiemman jalostustyön tuloksista. Tämä on ongelmallista erityisesti kasvullisesti lisättävillä ristisiittoisilla kasvilajeilla (marjat, hedelmät, peruna jne), joiden lajikkeet on usein löydetty suuren risteytys- ja valintatyön lopputuloksena, eikä niiden perimää voida risteytysten jälkeen enää rakentaa ennalleen. Itsesiittoisilla lajeilla tämä kuitenkin yleensä onnistuu 10 - 20 takaisinristeytyskuvon avulla.

Geenitekniikan etuna on, että olemassa olevan lajikkeen hyvät ominaisuudet voidaan säilyttää ja lajiketta voidaan pyrkiä parantamaan vain tietyn tai tiettyjen ominaisuuksien osalta. Tämä on mahdollista, koska a) siirtogeenin mukana ei siirry ei-toivottuja geenejä ja b) ominaisuus lisätään lajikkeen kasvulliseen solukkoon eikä kasvi joudu käymään läpi suvullista lisääntymistä (jossa lajikkeen ainutkertainen ominaisuusyhdistelmä hajoaa).

Perinteisessä mutaatiojalostuksessa tarvittava työmäärä on hyvin suuri. Mutaatiot ovat harvinaisia ja laadultaan satunnaisia, joten joudutaan tutkimaan hyvin suuria jälkeläismääriä. Yhtä toivottua muutosta kohden syntyy satojatuhansia ei-toivottuja geneettisiä muutoksia. Jos haluttaisiin muuttaa vaikkapa vain kahta tai kolmea eri dna-emästä geenin eri osissa, ei toivottua mutanttia saada käytännössä aikaan ollenkaan sattuman tuloksena.

Geenitekniikalla pyritään vähentämään jalostuksen työmäärää, koska muutosten täsmällisyys pienentää analysoidavan jälkeläisaineiston määrää. Kun haluttu geenimuoto (tai geenin muutettava alue) voidaan rakentaa valmiiksi etukäteen ja viedä sitten kasviin, riittää yleensä joidenkin kymmenien koelinjojen tuottaminen.⁴⁴ Geenin säätelyalueen avulla voidaan myös ohjata geeni toimimaan vain toivotussa kasvin osassa tai solukossa.

Siirtogeenien liittymisen kasvin perimään on esitetty voivan aiheuttaa hallitsemattomia ilmiöitä perimässä esimerkiksi hiljentämällä tai aktivoimalla olemassa olevia geenejä. On kuitenkin muistettava, että **perinteinen jalostus** voi itse asiassa laukaista laajempia kaoottisia ilmiöitä, esimerkiksi hiljentää toimivia ja tuoda näkyviin piileviä geenejä (ks. edellä). Kaukoristeytykset voivat myös aiheuttaa mutaatioita käynnistämällä kasvin ”hyppivät geenit”, transposonit. Nämä ilmiöt lisäävät jalostusaineiston perinnöllistä vaihtelua, mikä on jalostuksen perusedellytys. Mikäli tavoitteena on kuitenkin vain parantaa valmista lajiketta jonkin tietyn ominaisuuden osalta, voi tällainen hallitsematon vaihtelu viedä jalostusta tarpeettoman primitiiviselle lähtötasolle (Tammisola 2004b).

⁴³ Direktiivi 2001/18/EY

⁴⁴ Jos pyritään jalostamaan kasvin olemassa olevaa geeniä sijaintipaikallaan ns. ohjatulla mutageneesillä (ks. 1.5. Geenitekniikka ja muuntogeeniset viljelykasvit, *Uusi geenimuoto lisätään kasviin*) on jälkeläisiä kuitenkin seulottava suuria määriä, koska muutostaajuus on toistaiseksi alhainen.

Geenien ensisijaisen vaikutuksen ohella niillä on jo kauan tiedetty olevan myös muita, "**odottamattomia**" vaikutuksia (Mendel 1866). Kasvinjalostuksessa eri geenien ennakoimattomia yhdysvaikutuksia (mm. epistasia, erityinen yhdistymiskyky SCA, heteroosi, hybridilajikkeet) on käytetty hyväksi siinä kuin päävaikutuksiakin (Simmonds 1979). Risteytysvanhemmiksi on valittu sellaisia yksilöitä, joiden jälkeläistössä tällaiset yhdysvaikutukset ovat - risteytyskokeiden perusteella - osoittautuneet suotuisimmiksi.

EU:n laaja tutkimusprojekti (ENTRANSFOOD, 2000 - 2003) tulee asiasta seuraaviin päätelmiin. "Viljelykasvien perimät muuttuvat kaiken aikaa lukuisilla luonnollisilla ja ihmisen aiheuttamilla mekanismeilla. Muuntogeenisten viljelykasvien turvallisuuteen ravintona ei liity enempää epävarmuutta kuin perinteisesti jalostetuilla viljelykasveilla. Odottamattomia muutoksia, jotka muuttavat ravintokasvien koostumusta, syntyy yhtä todennäköisesti luonnollisen rekombinaation ja mutageneesin tuloksena kuin geenimuuntelua käytettäessä. Muuntogeenisistä kasveista saatavan ravinnon turvallisuutta koskevat kysymykset ovat periaatteessa samat kuin perinteisellä ravinnolla" (Cockburn ym. 2004).

Kun ominaisuuksia viedään kasviin geenitekniikan avulla, vaikutukset geenien yleiseen ilmene- mistasoon kasvissa voivat olla vähäisempiä kuin perinteistä jalostusta käytettäessä, ilmeni uusim- missa tutkimuksissa (NERC 2005).

Jalostettu ominaisuus on biologisesti merkittävä

Gm-kasvien sääntelyssä noudatetaan maailmalla kahta lähestymistapaa. Toinen näistä on ominai- suus- ja riskiperustainen, ja perustuu tiedeyhteisössä usein esitettyyn näkemykseen, että viljely- kasvin mahdolliset ekologiset ja ravitsemukselliset vaikutukset riippuvat siihen jalostetuista ominai- suuksista eivätkä kasvinjalostuksessa sovelletuista menetelmistä (EUCARPIA⁴⁵ 1989, EMBO 2000, OECD 2000, SOT⁴⁶ 2002, ICSU⁴⁷ 2003, NRC⁴⁸ 2004, Conner ym. 2003a,b, Cockburn ym. 2004, Bradford ym. 2005). Toinen lähestymistapa on tekniikkalähtöinen. Ensin mainittua lähestymistapaa soveltaa Kanada, missä kasvinjalostusta koskevia säädöksiä sovelletaan kaikkiin kasveihin, joihin on jalostettu oleellisesti uusia ominaisuuksia (Plants with Novel Traits), jalostustavasta riippumatta. EY-säädöksissä noudatettava lähestymistapa on puolestaan tekniikkalähtöinen. Lähestymistapojen eroa valottanee, että Kanadan lain piiriin kuuluvat myös perinnejalostuksella kehitetty herbisidin- kestävä auringonkukka ja imidatsolinkestävä rapsi, joita EY:n tekniikkalähtöiset säädökset eivät koske.

Ekologia

Säädännön mukaan⁴⁹ muuntogeenisen kasvin ympäristövaikutukset on aina selvitettävä ennen kuin kasvi voidaan hyväksyä viljeltäväksi EU:ssa. Mahdollisten ympäristövaikutusten tarkkailemiseksi edellytetään myös muuntogeenisten kasvien viljelyn seurantaa (Lohtander-Buckbee ym. 2004).

⁴⁵ Euroopan kasvinjalostustutkijoiden liitto

⁴⁶ Society of Toxicology

⁴⁷ International Council for Science (Maailman tiedeneuvosto) on 103 kansallisen tiedeakatemian ja 27 kansainvälisen tiedeliiton katto-organisaatio.

⁴⁸ Amerikan tiedeneuvosto

⁴⁹ Direktiivi 2001/18/EY ja asetus (EY) N:o 1829/2003.

Kasvin ekologiset vaikutukset riippuvat sen ominaisuuksista (Conner ym. 2003a,b, NAAEC 2004). Edellytyksenä vaikutusten syntymiseen on yleensä se, että kasvi menestyy tietyssä ympäristössä, ja mahdollisesti kykenee levittäytymään. Viljelykasvien kohdalla leviämistä rajoittaa se, että monet viljelykasvit tai niiden viljelymuodot ovat alkuperältään eksoottisia eivätkä menesty kasvatusseutujensa luonnossa. Tällaisia ovat meillä esimerkiksi peruna, viljat, kurkku, herne, tomaatti, eräät viljelymarjat (paitsi herukat) ja monet hedelmäpuut. Jalostus heikentää edelleen viljelykasvin mahdollisuuksia selvitä itsenäisesti luonnossa, sillä kasvin ominaisuuksien muuttaminen ihmisen etujen mukaiseksi tapahtuu useimmiten kasvin ekologisen sopeutumisen kustannuksella. Maissi ei enää selviä lainkaan ilman ihmisen apua, eikä tomaatti ole 200 vuodessa pystynyt kehittämään villikantoja Euroopassa.

Leviämistä voi toisaalta tapahtua myös viljeltyjen ja luonnonkasvien välillä tapahtuvan geenivirran välityksellä. Käytännössä kuitenkin jalostetut ominaisuudet eivät ole asettuneet pysyvästi luontoon, koska kasvilaji omaksuu käyttöönsä vain sellaisia ominaisuuksia, joista on sille itselleen hyötyä ympäristön oloissa. Haitalliset ominaisuudet karsiutuvat pois luonnon valinnassa. Jos risteytyvät **villit sukulaislajit** puuttuvat ympäristöstä, viljelykasvin geenit eivät voi siirtyä luonnonkasveihin. Tämä on tilanne useimmilla tärkeillä ravintokasveilla Suomessa ja esimerkiksi maissilla Euroopassa. (Poikkeuksena ovat rypsi ja rapsi, joilla on Euroopan ristikkukasveissa viljeltyjä tai rikkakasvimaisia sukulaislajeja). Muuntogeeniset kasvit eivät myöskään levitä geneejään tehokkaammin kuin perinteiset, ellei tähän ominaisuuteen ole nimenomaan pyritty vaikuttamaan. Geenimuuntelun avulla pystytään toisaalta kehittämään lajikkeita⁵⁰, joiden avulla voidaan merkittävästi vähentää luontaista geenivirtaa viljelykasveista villikasveihin (Kuvshinov ym. 2001).

Ekologisesti "epäkiinnostavia" jalostusominaisuuksia (Regal 1994, Conner ym. 2003a,b) ovat sellaiset, jotka heikentävät kasvin sopeutuneisuutta luonnonoloissa. Tällaisia ovat monet tavallisimmista jalostusominaisuuksista. Kasvin itsensä kannalta ovat epäedullisia lähes kaikki kasvin ravitsevuutta, käytettävyyttä tai tuotelaatua (meidän kannaltamme) parantavat muutokset, kuten proteiinjalostus tai ihmiselle haitallisten geenien sammuttaminen (esim. rypsin erukahappo ja perunan alkaloidit).

Sekä perinteisellä jalostuksella että geenitekniikalla on pyritty parantamaan **kasvin kestävyyttä** ympäristön rasituksille. Kestävyysjalostusta on harjoitettu vuosisatoja tuomalla viljelyalueille taudinkestävyyttä ja olojen sietokykyä eksoottisista lähteistä - geenivaroista, joita seudulla ei ole koskaan esiintynyt. Kestävyysjalostus ei silti yleensä tee viljelykasvista villi- tai rikkakasvia. Jos esim. perunaan onnistutaan jalostamaan kylmänkestävyyttä, ei se silti valtaa Suomen niittyjä tai männiköitä, koska sen menestymistä luonnossa rajoittavat monet muutkin tekijät, kuten kilpailu ja kasvinsyöjät. Kylmää kestävämpi peruna voisi kuitenkin talvehtia pellolla paremmin talven yli, kuten perunat Keski-Euroopassa. Tämä edellyttäisi tarkennuksia viljelyohjeisiin, etteivät lajikkeet sekaantuisi nykyistä enempää viljelyssä.

Myös viljelykasveihin siirretyt taudinkestävyysgeenit voisivat lisätä niiden kilpailukykyä luonnossa. Taudinkestävyyttä on jalostettu viljelykasveihin sekä perinteisin jalostusmenetelmin että geenitekniikalla. Esimerkiksi **rutonkestävä peruna** on saatu jalostetuksi siirtämällä kestävyysgeeni villistä perunalajista valmiisiin viljelyperunalajikkeisiin geenitekniikalla (kuva A.1.), jolloin villiperunan haitallisia ominaisuuksia ei ole siirtynyt mukana viljelyperunoihin.⁵¹ Perinteisellä jalostuksella siirto ei onnistu, koska nämä perunalajit eivät risteidy keskenään. Kyseinen gm-peruna on kestävä kaikille tunnetuille ruttoroduille (Song ym. 2003). Tällaisen yleisen rutonkestävyyden etuna

⁵⁰ Ns. GURT-tekniikat

⁵¹ Eri perunalajien koko geenistöjen yhdistämistä esimerkiksi risteyttämällä tulisi välttää, sillä hybrideihin voi muodostua uusia alkaloideja (Laurila ym. 1996, Oksman-Caldentey & Inze 2004).

on se, että kokemuksen perusteella se murtuu hitaammin taudinaiheuttajan evoluution myötä kuin tietyille ruttorodulle spesifinen kestävyys. Rutonkestäviä lajikkeita viljeltäessä satotappiot pienenevät ja torjunta-aineiden käyttö vähenee (Gianessi ym. 2002, 2003). Rutonkestävien lajikkeiden tuleminen käyttöön voisi hyödyttää myös luomuviljelijöitä, koska taudin leviämispaine muilta viljelmiltä luomupelloille vähenisi.



Kuva A.1. Rutonkestävä peruna. Tutut perunalajikkeet voidaan jalostaa jälkikäteen rutonkestäviksi geenitekniikan avulla (oikealla). Kuva: Univ. of Wisconsin.

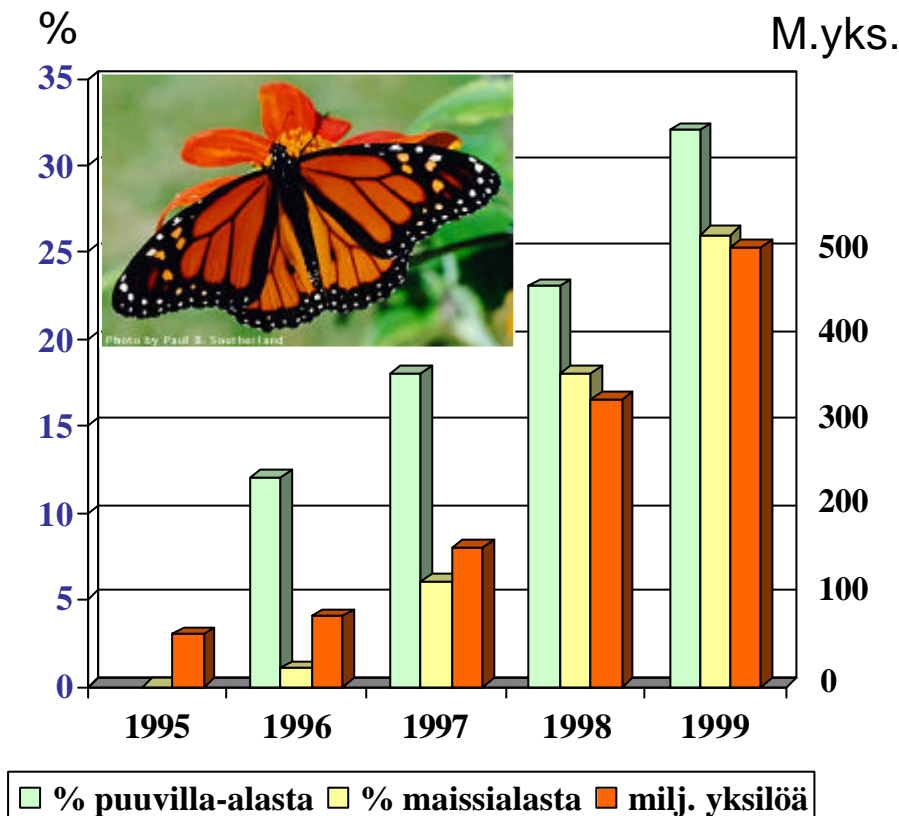
Geenitekniikan avulla on kehitetty myös **tuhohyönteisille vastustuskykyisiä kasveja**. Hyönteiskestävien kasvien on ajateltu edustavan ympäristön kannalta ihanteellista, pistemäistä torjuntaa, koska torjunta kohdistuu vain kasvia syövään tuholaiseen. Muissa torjuntatavoissa (ruiskutukset, loiset jne.) kielteiset vaikutukset kohdistuvat myös muihin ympäristön eliölajeihin (Bigler ym. 2002).

Toisaalta on esitetty epäilyjä siitä, että hyönteiskestävyys voisi aiheuttaa haittaa myös muille kuin kohdehyönteisille. Koisankestävä Bt-maissin siitepölyn havaittiin heikentävän monarkkiperhosten toukkien elinkykyä alustavissa laboratoriokeissa, joissa monarkin toukille syötettiin Bt-maissin siitepölyä ja heteiden osia. Monarkin toukkien ravintokasvi ei tosin ole maissi vaan myrkyllinen silkkiyrtti⁵², jota kasvaa kuivilla kedoilla ja peltojen rikkakasvina. Kokeen ajatuksena oli, että maissin siitepölyä joutuu pellolla kasvavien silkkiyrttien lehdille. Laajoissa ekologisissa tutkimuksissa selvisi kuitenkin, että koisankestävä maissin viljelystä ei todellisuudessa ole ollut haittaa pellon hyönteisille (maissin tuholaisia lukuun ottamatta), vaan ne ovat päinvastoin hyötyneet huomattavasti kohdistuvien torjuntäkäsittelyjen⁵³ vähentyessä (Saxena & Stotzky 2001, Head ym. 2002, Bigler ym. 2002, Motavalli ym. 2004, Romeis ym. 2004, Candolfi ym. 2004). Nettohyötyjiin kuuluvat myös monarkkiperhoset (kuva A.2., Sears ym. 2001), kuitenkin siten, että uusimmat lajikkeet ovat perhosten kannalta edullisimpia. Niissä on kiinnitetty huomiota siihen, ettei perhostoukkiin vaikuttavaa torjuntaproteiinia muodostu siitepölyssä. Aiemmin oli kaupallisessa viljelyssä (2 prosentin osuudella) yksi lajike, jonka pölyssä sitä esiintyi, mutta lajike ei ole enää käytössä.

⁵² Monarkin toukat ovat silkkiyrtin myrkylliselle immuuneja, mutta tulevat kasvia syödessään itse myrkyllisiksi, mikä suojaa niitä toukkia syövilta vihollisilta

⁵³ Ruiskutukset, loisten levitys, kyntäminen

Koisankestävän maissin viljely (30 - 40 prosenttia USA:n maissialasta) näyttää tutkimusten mukaan vähentäneen pysyvästi maissikoisan ylisuuria populaatioita ja satotappioita alueella. On myös havaittu, että koisankestävässä maississa esiintyy homemyrkkijä vähemmän kuin tavallisessa maississa (Munkvold ym. 1999, Magg ym. 2002, Clements ym. 2003, Papst ym. 2005). Toukansyömissä tähkissä kasvavat homesienet tuottavat homemyrkkijä, jotka aiheuttavat munuais- ja maksavaurioita, syöpää (CFSAN 2001) sekä kehityshäiriöitä ja hermostovaurioita (Marasas ym. 2004).



Kuva A.2. Yökköskestävän puuvillan¹ ja koisankestävän maissin² viljelyalat sekä monarkki-perhosten lukumäärä³ USA:ssa vuosina 1996 - 1999.

¹USDA (1995-2000); ²Carpenter & Gianessi (2001); ³Monarkkikanta kasvoi tutkimuskaudella ennätyslukemiin, Monarch Watch (2000).

Merkittävimpiä ympäristöhyötyjä on havaittu yökköskestävää **Bt-puuvillaa** viljeltäessä. Perinteinen puuvilla on nimittäin maailman myrkytetyin viljelykasvi. Hyönteiskestävät lajikkeet selviävät vähemmällä torjunta-aineruiskutuksilla⁵⁴, joten haitat viljelijän terveydelle vähenevät (Maumbe & Swinton 2003, Hossain ym. 2004) ja ympäristön tila paranee. Hyönteiskestävien lajikkeiden viljelyllä ja niiden ympäristössä on biologinen monimuotoisuus kasvanut merkittävästi (Head ym. 2001, Wu 2002, Rufener Al Mazyad & Ammann 2002, Fitt & Wilson 2003, Naranjo & Ellsworth 2003, Men ym. 2003, Chen ym. 2004). Taloudellisesti kestävydestä hyötyvät yleensä eniten kehitysmaiden pienviljelijät, joilla ei ole varaa viljelytekniikkaan eikä torjunta-aineisiin (Pray ym. 2002, Gressel ym. 2004).

Kestäviä Bt-lajikkeita on viljelty mm. USA:ssa, Kanadassa ja Kiinassa 1990-luvulta lähtien laajassa mitassa; EU:n alueella niiden merkittävää kaupallisesta viljelyä on ollut vain Espanjassa. Kauppa-

⁵⁴ Hyönteismyrkkijien käyttötarve on pudonnut jopa viidesosaan, ja terveydelle vaarallisimmista aineista, kuten organofosfaateista ja -klooreista, on päästy eroon.

lista viljelyä EU:ssa on rajoittanut mm. se, että lajikkeiden hyväksyntä markkinoitaviksi on ollut monista syistä hidasta, ja viljelyn mahdollisista ympäristövaikutuksista on kannettu huolta. Toisaalta on arvioitu, että mikäli puolet EU:n maissi-, rapsi-, sokerijuurikas-, ja puuvilla-alasta viljeltäisiin kestäväillä muuntogeenisillä lajikkeilla, vähenisi torjunta-aineiden käyttö 14,5 miljoonaa kg, dieselöljyn kulutus 20,5 miljoonaa litraa, ja hiilidioksidipäästöt ilmakehään 73 000 tonnia vuodessa (Phipps & Park 2002).

Allergiat

Gm-ruuasta käydyssä keskustelussa on tunnettu huolta siitä, että gm-kasveihin muista organismeista siirrettyjen geenien tuotteet voivat olla mahdollisia allergeeneja. Tällöin aiemmin hyvin siedetty ruoka-aine voisikin muuttua allergikolle haitalliseksi. **Varhaisissa jalostuskokeissa** (v.1991) tällainen tilanne tulikin esille, kun soijaan siirrettiin parapähkinästä arvokkaan varastoproteiinin geeni soijapavun rehulaadun parantamiseksi. Tämän muuntogeenisen soijan jatkotutkimuksissa havaittiin kuitenkin, että kyse oli parapähkinän silloin vielä identifioimattomasta allergisoivasta proteiinista, eikä soijalinjaa siksi koskaan otettu käyttöön (Nordlee ym. 1996).

Säädöksissä ja kansainvälisissä normeissa on nykyisin määrätty menettelyistä, joilla allergeenisen proteiinin tuoton mahdollisuus ravinnoksi tarkoitettussa kasvissa minimoidaan biotekniikassa. Eri-tyisesti kiinnitetään huomiota geeneihin, jotka ovat peräisin yleisesti allergisoivasta eliölajista. Gm-kasveista peräisin olevat **uuselintarvikkeet** tutkitaankin huolellisemmin kuin mitkään elintarvikkeet ihmiskunnan historiassa (Cockburn ym. 2004, Tammisola & von Wright 2005). Muunnetun proteiinin turvallisuus selvitetään Maailman terveys- ja ruokajärjestöjen (WHO, FAO) yhteisten normien⁵⁵ mukaisesti (Codex Alimentarius 2003a,b). Geenimuuntelua käytettäessä jalostettava geeni tunnetaan, joten sen kasvissa tuottaman proteiinin (proteiinien⁵⁶) ominaisuuksia voidaan tutkia haitattomuuden varmistamiseksi. Taustana käytetään olemassa olevaa tietoa allergeeneista. Kasveissa tiedetään olevan kolme proteiiniiryhmää, joihin kliinisesti relevantit ruoka-aineallergeenit kuuluvat. Muuntogeenin koodaaman proteiinin sukulaisuus näihin on tarkoin selvitettävä. Allergisoivien proteiinijaksojen rakenteesta on nykyään myös olemassa runsaasti tietoa, ja siirtogeenin koostumusta voidaan mm. verrata näihin tietopankkeihin. Mikään allergeenejä etukäteen seulova menetelmä ei toimi täydellä varmuudella, mutta gm-ruuan allergisoivat ominaisuudet voidaan selvittää paljon tehokkaammin kuin perinteisillä menetelmillä tuotettujen uuselintarvikkeiden.

Perinteisessä jalostuksessa on usein kyse tuhansista tuntemattomista proteiineista, joiden allergiaominaisuuksia ei voida yleensä selvittää. Tätä ei normaalisti edes yritetä, eikä perinteiselle jalostukselle ole säädetty asiaa koskevia vaatimuksia. Tunnetun geenin käytön ja tuotetulle lajikkeelle suoritettavien turvallisuustutkimusten perusteella Saksan tiedeakatemioiden liitto arvioi, että muuntogeeniset kasvilajikkeet ovat itse asiassa allergioiden kannalta oleellisesti turvallisempia kuin perinteisesti jalostetut uudet lajikkeet (UGASH 2004).

Allergiakysymyksiä tarkasteltaessa on muistettava, että myös perinteiset ruokakasvit (esimerkiksi vehnä, pähkinät, paprika, kiivit, soija, mansikka) ovat usein allergisoivia (Karlsson ym. 2004). **Immunologisesti tärkeimpien** allergeenien poistaminen tärkeiden ruokakasvien syötävistä osista näyttää olevan eräissä tapauksissa mahdollista jalostuksella, erityisesti geeniteknikalla (Tammisola

⁵⁵ WHO:n ja FAO:n yhteisessä, kansainvälisissä normeja laativassa elimessä (Codex Alimentarius) on hyväksytty neljän vuoden työn tuloksena ohjeistukset menettelyistä, joita noudatetaan muuntogeenisten kasvilajikkeiden turvallisuutta selvittäessä (erityisesti allergiakysymysten osalta).

⁵⁶ Toisin kuin nisäkkäillä, kasveilla yksi geeni tuottaa melkein aina vain yhtä proteiinia. Vielä selkeämmin tämä koskee siirtogenejä.

2003, 2004a, Karlsson 2004). Kun haittaproteiinien tuotanto kasvissa sammutetaan kohdistetusti, tuloksista hyötyvät oireiden vähenemisenä ne allergikot, joiden allergiaspektrissä poistettavat proteiinit ovat tärkeitä. Soijapavun 1 400 siemenproteiinista noin kahdenkymmenen on havaittu voivan aiheuttaa allergiaa, ja näistä seitsemän on osoittautunut merkittäviksi amerikkalaisen aikuisväestön potilasaineistoissa. Soijapavun kaksi pahinta allergiaproteiinia on jo saatu poistetuiksi ja työ on käynnissä kolmanneksi pahimman sammuttamiseksi. Tutkijoiden tarkoituksena on yhdistää nämä kolme parannusta samaan soijalinjaan risteyttämällä, jolloin tahattomasta soijan saannista aiheutuva immunologinen rasitus voisi pienentyä 95 prosenttia (IgE-tasolla mitattuna) amerikkalaisilla soija-allergikoilla (Herman 2003, 2004, Herman ym. 2003).

Geenin alkuperä

Geenitekniikasta käydyssä keskustelussa on puhuttanut paljon mahdollisuus siirtää geenejä lajirajojen yli, mikä ei perinteisillä jalostustekniikoilla ole ollut mahdollista kuin rajoitetusti.⁵⁷ Seuraukset ovat arveluttaneet tahoja, joiden mielestä lajirajojen ylittäminen on lähtökohtaisesti luonnotonta tai joiden mielestä se voi aiheuttaa odottamattomia haittavaikutuksia, joiden vakavuutta ei kokemuksen puutteessa voida arvioida. Toisen, vallitsevan näkökulman mukaan taas biologian kannalta keskeistä ei ole geenin (informaation) alkuperä vaan sen toiminta eli mitä geeni eliössä tekee ja mitä proteiinia se koodaa (Cockburn ym. 2004). On myös huomattava, että kasvien evoluutiossa ja perinteisessä kasvinjalostuksessa lajirajoja ylitetään melko usein.

Varhaisemmassa geenitekniikassa käytettiin kasvien geenimuuntelussa usein mikrobiperäisiä geenejä ja geenien rakenneosia (kuten geenitoiminnan säätelyalueita). Syynä oli lähinnä se, että tuolloin ei vielä ollut juuri saatavissa jalostuskäyttöön yksityiskohtaista tietoa kasvien geneeistä. **Modernien geenikartoitusohjelmien** myötä tilanne on nyt kokonaan toinen ja tunnetaan tuhansia kasvigeenejä ja niiden säätelyalueita. Monet niistä toimivat kasveissa tehokkaammin kuin mikrobiperäiset vastineensa. Kasvien geenimuuntelussa voidaan nykyisin käyttää puhtaasti kasviperäisiä rakenneosia (kuten Boreal Kasvinjalostus Clean Gene Crops™ -periaatteessaan) (Swords 2004). Esimerkiksi kylmää kestävästä mikrobista tai jäämerenlohesta saatava geeni voisi suojata viljelykasvia kylmävaurioilta⁵⁸, mutta paljon tehokkaampia kylmänkestävyyden geenejä on jo löydetty esimerkiksi raiheinästä (Sidebottom ym. 2000, Pudney ym. 2003). On esitetty, että luonnosta tunnettujen yli 10 000 villin heinäkasvilajin geenivaroista voidaan löytää arvokkaita perintötekijöitä viljakasvien laadun ja ekologisen kestäväyyden parantamiseksi (Chandler & Wessler 2001).

Kasvinjalostuksen teoria

Genetiikan katsotaan alkaneen tieteenä, kun Gregor Mendel julkaisi tutkimustuloksensa vuonna 1866. Ne osoittivat, että perinnöllisyys pohjautuu toisiinsa sekoittumattomiin, erillisiin perimän yksiköihin, joita myöhemmin alettiin kutsua geneeiksi (Mendel 1866).

Mendelin tutkimukset jäivät kuitenkin muutamaksi vuosikymmeneksi unohduksiin. Jalostuksen kvantitatiiviselle tilastoteorialle (biometriikka) loi samaan aikaan perustan tilastotieteilijä Francis Galton, Darwinin pikkuserkku. Teoriaa kehittäessään Galton nojasi pavuilla tekemiensä valinta-

⁵⁷ Monet bakteerilajit pystyvät tosin siirtämään luontaisesti geenejä kasvin perimään, mitä käytetään hyväksi eräissä geenitekniikan menetelmissä. Toisin kuin on luultu, geenejä pystyvät siirtämään kasveihin paitsi agrobakteerit, myös eräiden muiden bakteerisukujen lajit (Gelvin 2005, Broothaerts ym 2005).

⁵⁸ Yhtään tällaista viljelykasvia ei ole kuitenkaan ollut koskaan markkinoilla, esimerkiksi mediassa yleistä "kalamansikkaa".

kokeiden mittaustuloksiin, ja hän keksi myös korrelaatiokäsitteen, regressioanalyysin sekä perinnöllisyyden kaksostutkimukset.

Kun Mendelin perinnöllisyyslait löydettiin uudelleen vuonna 1900, jalostajat ryhtyivät niitä soveltamaan varsin nopeasti. Neuvostoliitossa nousi kuitenkin myöhemmin ideologisista syistä valtaan ns. holistinen näkemys perinnöllisyydestä. Sen mukaan perimä on erottamaton kokonaisuus, eikä "reduktionisti" Mendelin genejä siis voinut olla olemassa. Geenit olivat "kapitalistien keksintö työväenluokan nujertamiseksi" (Lyssenko 1948). Neuvostoliiton holistista liikettä johti agrologi Trofim Lyssenko, jonka oppeihin kuului myös hankittujen ominaisuuksien periytyminen. Stalin antoi käsityksille tukensa, ja vuonna 1948 nämä "luonnonlait" vahvistettiin puoluekokouksen päätöksillä ja "mendelistis-morganilaisia" geeniopeja puolustaneet biologit vangittiin (Lyssenko 1948).

Kvantitatiivisten ominaisuuksien jalostaminen pohjautui 1900-luvulla kuitenkin lähinnä biometriikkaan. Kvantitatiivisen genetiikan teoria kehittyi matemaattisesti yhä komplisoidummaksi, mutta se nojasi moniin yksinkertaistaviin olettamuksiin niin kasvipopulaatioista kuin ominaisuuksien geeniperustasta. Ominaisuuteen vaikutti suuri määrä genejä, joista kaikilla oli siihen yhtä vähäinen vaikutus.

Biometriikan oletusten epärealistisuutta alettiin arvostella jo 1960-luvulla⁵⁹. Kasvigeenejä oli silloin kuitenkin löydetty vasta vähän eikä asiaan tullut selvyttä. Vuosisadan lopussa geenitietoa saatiin runsaasti ja kritiikki varmistui aiheelliseksi. Nykytiedon mukaan ominaisuuden arvoon vaikuttaa yleensä voimakkaasti muutama geeni, ja kohtalainen vaikutus saattaa olla useilla muilla geneillä (minkä lisäksi monilla geneillä on moniin ominaisuuksiin vähäisiä vaikutuksia).

Uuden geenitiedon (järjestelmällisen geenikartoituksen) myötä on tullut mahdolliseksi löytää näitä suuri- tai keskivaikutteisia genejä. Liian yksinkertaistavan, vanhan tilastoteorian sijasta voidaan nyt useinkin soveltaa täsmällisempää Mendel-genetiikkaa jalostuksessa.

Eräät holistisen ajattelutavan nykyiset edustajat⁶⁰ moittivat kasvibiologian soveltajia "legoleikeistä" ja reduktionismista ja jopa väittävät, että "bioteollisuus toimii neljäkymmentä vuotta vanhojen tieteellisten käsitysten varassa" (Smith 2005). Klassillinen "yksi geeni - yksi entsyymi" -periaate (Beadle & Tatum 1941), johon tässä ehkä viitataan, oli aikanaan Nobel-palkinnon arvoinen läpimurto genetiikassa. Kuuden vuosikymmenen biologinen tutkimustyö on siitä pitäen tarkentanut edelleen tietoa perinnöllisyydestä ja solujen toiminnasta.

Ihmisellä ja muilla nisäkkäillä muodostuu useammanlaisia proteiineja kuin niillä on genejä. Yhtenä syynä tähän ovat immuunijärjestelmän geenit, jotka pystyvät "koulutettuina" tuottamaan erittäin monenlaisia vasta-aineproteiineja ympäristön laajaa mikrobikirjoa vastaan. Toisaalta ihmisen geneistä 40 - 60 prosenttia koodaa useampaa kuin yhtä proteiinia. Syynä tähän on niiden informaatiota käsiteltäessä tapahtuva vaihtoehtoinen silmukointi (alternative splicing), jolloin yksi geeni voi tuottaa useita eri muotoja perustaltaan samaa proteiinia.

Kasveilla evoluutio on ratkaissut proteiinitason monimuotoisuuden toisella tavalla. Niillä yksi geeni koodaa yleensä vain yhtä proteiinia, mutta toisistaan hieman poikkeavia, lähisukuisia geenimuotoja saattaa sitä vastoin esiintyä perimässä useita. Kasveilla vaihtoehtoinen silmukointi on harvinaista.

⁵⁹ Kvantitatiiviseen genetiikkaan ja biometriaan perustuva jalostus on saanut aikaan suuria tuloksia, siitä huolimatta että se perustuu liian yksinkertaistavaan malliin periyymisestä (ääretön määrä genejä, joilla infinitesimaalisen pieni vaikutus kullakin).

⁶⁰ Näkyvimpänä biokemisti Mae-Wan Ho

Esimerkiksi lituruohon 28 000 tutkitusta geenistä vaihtoehtoisesti silmukoituvia oli vain 4,6 prosenttia. Siirtogeenillä, joihin ei yleensä ole rakennettu silmukoinnin vaatimia välikkeitä, vaihtoehtoista silmukointia ei voi tapahtua lainkaan.

Entä sitten tämän tiedon vaikutus jalostukseen? Kasveja on jalostettu 11 000 vuotta ilman tiedeperustaa, eläimiä kenties kauemminkin. Viime vuosikymmenten teoretieto auttaa kuitenkin ymmärtämään paremmin muun muassa geenien välisiä yhdysvaikutuksia (jotka olivat ilmiönä tuttuja jo Mendelille). Parempi ymmärrys ja osaaminen eivät siten heikennä vaan parantavat jalostuksen mahdollisuuksia.

Onko uusi jalostus täsmällistä vai ei? 'Täsmäkirurgiassa' voi sattua komplikaatioita, vaikka se onkin tarkempaa ja usein haitattomampaa kuin perinteinen, suuremman mittakaavan leikkaaminen. 'Täsmälääkkeilläkin' on sivuvaikutuksia, joskin paljon harvemmin kuin vaikutusmekanismiltaan epäspesifisillä vanhoilla lääkkeillä. Luonnontieteet eivät ole matematiikkaa, joten saavutettavissa oleva tarkkuuden taso on aina suhteutettava alan todellisuuteen.

Vastaavasti 'täsmäjalostuksesta' on asiallista puhua, vaikka biologiassa ei kaikki ole koskaan sataprosenttisesti hallinnassa. Uusi jalostus on näet useissa suhteissa merkittävästi tarkempaa kuin entinen.⁶¹ Kasvia muutetaan ihannetapauksessa vain sen verran kuin on välttämätöntä, mikä ei vanhoilla jalostusmenetelmillä ole useinkaan mahdollista.

⁶¹ Tärkeimpiä ovat seuraavat tekijät. Lajikkeen alkuperäinen, jalostustyön tuloksena kehitetty genotyyppi voidaan säilyttää, sillä tarvittavan geenin lisäämiseksi kasvia ei tarvitse altistaa geeniyhdistelmän hajottavalle suvulliselle lisääntymiselle. Kasviin tuodaan ainoastaan haluttu geeni puhtaana eikä sen mukana tuhansia, ei-toivottuja muita genejä tai geenimuotoja - dna-tasolla mitaten kasvin perimään tuodaan tällöin noin miljoonasosa siitä ulkopuolisen dna:n määrästä, mikä kasvin perimään siirtyy risteytettäessä. Kasviin tuotava geenimuoto voidaan rakentaa ja testata koodiltaan halutuksi ja toimivaksi ennakkoon, ennen kasviin liittämistä, kun taas "perinteisessä" mutaatiojalostuksessa geeniin syntyvää muutosta ei voida etukäteen määrätä, joten siinä yhtä toivottua muutosta kohti syntyy satoja tuhansia muita, ennakoimattomia muutoksia perimässä. Kun kasviin tuodaan hyötygenejä perinteiseen tapaan villilajeista risteyttämällä, niiden mukana voi saapua vaarallisia haittageenejä, ja kaukoristeytykset laukaisevat kasvis sa myös kaoottista geneettistä muuntelua.

MMM:n vuonna 2005 julkaisemat työryhmämuistiot

- 2005:1 Viljelijätukien sähköisen asiointin esiselvitysprojekti. Projektin loppuraportti
ISBN 952-453-212-3
- 2005:2 Luonnonmukaisen elintarviketuotannon yhteistyöryhmän loppuraportti
ISBN 952-453-213-1
- 2005:3 Osakeyhtiömuotoisten ja monialaisten maatilojen sukupolvenvaihdosten edistäminen
ISBN 952-453-214-X
- 2005:4 Maaseudun yritystoiminnan tuotteistettujen palvelujen ja viranomaiskäytäntöjen yhdenmukaistaminen -työryhmä
ISBN 952-453-219-0
- 2005:5 Maankäytön seurantajärjestelmien kehittäminen
ISBN 952-453-220-4
- 2005:6 Lusto-työryhmän muistio
ISBN 952-453-223-9
- 2005:7 Vesihuollon erityistilannetyöryhmän loppuraportti.
Ehdotukset toimenpiteiksi vesihuollon varautumisen kehittämiseksi
ISBN 952-453-225-5
- 2005:8 Ensisaapumispaikkavalvonnan järjestäminen
ISBN 952-453-226-3

ISSN 0781-6723
ISBN 952-453-227-1