

02 RUOANTUOTANTO ENNEN, NYT JA TULEVAISUUDESSA

Ruoantuotannossa tavoitellaan kestävyyttä.

Korkean kotieläintuotoksen taustalla on jalostus ja ruokinnan kehittyminen.

Kestävällä tehostamisella pyritään korkeampiin satoihin ja tuotoksiin pienemmillä tuotantopanoksilla.

Ilmastomuutoksen hillitsemiseksi kehitetään ilmastoystävällisiä tuotantotekniikoita.





2.1 Kasvintuotannon kehityskulku keräilytaloudesta geenitekniikkaan

Maatalouden ensiaskeleet

Ruokaa keräilevät ihmiset toimivat ensimmäisinä kasvinjalostajina keräillessään siemeniä. Tapahtui tiedostamatonta valintaa ja kerääjäkansan toimenpiteiden suosimien kasviyksilöiden perimä alkoi yleistyä. Puhutaan viljelykasvien **domestikaatiosta** eli **sopeuttamisesta** ihmisten toimille ja varhaisen maanviljelyn palvelukseen. Viljelykasvien ominaisuuksia, jotka

jalostuivat domestikaation yhteydessä, ovat esimerkiksi siementen varisematomuus, joka mahdollisti siementen keräämisen.

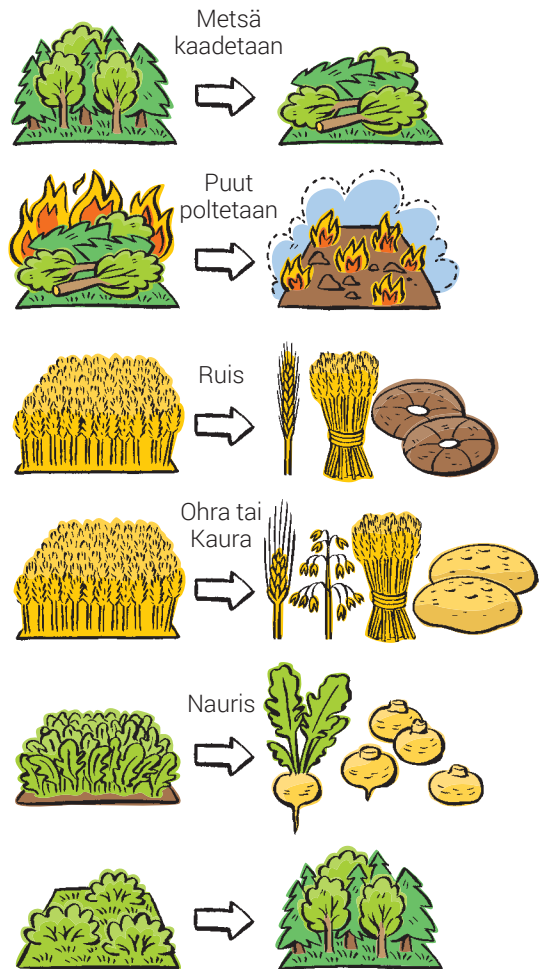
Tärkeimpien viljelykasvien domestikaatio tapahtui maantieteellisesti verraten rajallisilla alueilla, joissa oli tihentymä lajin lähisukulaisia ja joilla lajin geneettinen monimuotoisuus oli suuri. Näitä alueita, joissa viljelykasvien domestikaatio tapahtui, kutsutaan

geenikeskuksiksi. Vähitellen viljelykasvit levittäytyivät geenikeskuksista uusille asuinpaikoille siirtyvien ihmisten mukana. Esimerkiksi ensimmäiset viitteet ohran viljelystä Suomessa ajoittuvat 7 000 vuoden päähän.

Suomessa laajat metsästys- ja kalastusalueet sekä harva asutus mahdollistivat **keräilytalouden** pitkään. Maanviljely oli kuitenkin houkutteleva vaihtoehto, sillä se mahdollisti pysyvien kotien rakentamisen ja perheiden suojaamisen petoeläimiltä suljetuissa pihapiireissä. Suomessa **kaskiviljely** oli varhaisimpia viljelymuotoja. Tällöin kehittyi muun muassa **kasvinvuorotus** eli viljelykasvien vuosittainen järjestys samalla peltoalueella. Kaskeamisen jälkeen ravinnerikkaaseen maahan kylvettiin ensimmäisenä vuonna arvokkain viljelykasvi, ruis. Seuraavina vuosina kylvettiin ohraa, sitten vaatimattomampaa kauraa ja viimeisinä vuosina ennen kuin alue sai metsittyä uudelleen, naurista.

Kaskeamalla muutettiin metsää pelloksi, jolla viljeltiin eri viljelykasveja. Peltoalueen viljely lopetettiin, kun maa köyhtyi ja kaskeamisen seurauksena maahan tulleet ravinteet loppuivat. Alue metsittyi hiljalleen, ja se voitiin kasketa uudelleen muutaman vuosikymmenen päästä. Liian tiheään toistuvat kaskeamiset vähensivät ravinteiden määrää ja pellon käyttöaika lyheni.

Kasvinvuorotus kaskiviljelyssä



Peltoviljelyn lisäksi taloissa saattoi olla lehmä, jolle kerättiin rehua talvea varten luonnonniityiltä ja metsistä. Lehmä tuotti kesäisin maitoa, josta saatiin korkeatasoista valkuaista ihmisille. Lisäksi kotieläinten lanta oli arvokas lan-

noite ja osin tärkeämpikin tuote kuin liha ja maito. Kun peltoviljely kehittyi, onnistuttiin rehua tuottamaan karjalle riittävästi talvea varten eikä rehun määrä enää rajoittanut kotieläintuotantoa.

Kasvintuotannon kemiallis-teknologinen kehitys

Maatalouden kehitys nopeutui kemiallis-teknologinen kehityksen myötä **vihreän vallankumouksen** aikana 1960-luvulta alkaen. Tavoitteena oli turvata riittävä ravinnonsaanti maapallon kasvavalle väestölle. Lukuisat huippututkijat kehittivät maatalous-

tuotantoa erilaisissa julkisissa ja maatalousyritysten vetämissä kansainvälisissä hankkeissa.

Aikakauden mullistavat keksinnöt niin kasvinjalostuksessa, kemianteollisuudessa kuin teknologiassa tukivat siirtymistä intensiiviseen viljelyyn, jossa tavoiteltiin korkeita hehtaarisatoja. Samalla kasvinjalostajat löysivät kääpiökasvuisuutta aiheuttavan geenimutaation ja onnistuivat kehittämään lyhytkortisia vehnälajikkeita. Vuonna 1909 opittiin lisäksi valmistamaan typilannoitteita Haver-Bosch-menettelmän avulla. Polttomootorilla toimivat traktorit tekivät tuloaan pelloille tehostaen työsaavutusta ja mahdollis-





Lehtialalla (eng. LAI leaf area index) tarkoitetaan sitä, kuinka paljon kasvustossa on yhteenlaskettua lehtien pinta-alaa yhtä neliömetriä maata kohden.

taen luopumisen suuren hevuskannan ylläpitämisestä. Kääpiögeenien laaja hyödyntäminen kasvinjalostuksessa mahdollistui, kun jalostusmateriaali luovutettiin kaikkien kasvinjalostajien käyttöön. Toinen merkittävä geenilöytö liittyi päivänpituusneutraalien jalostuslinjojen löytymiseen, mikä mahdollisti esimerkiksi vehnän viljelyn yleistymisen laajoille alueille ja sadon

muodostumisen hyvinkin erilaisissa päivänpituuksissa.

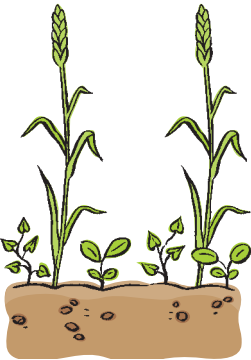
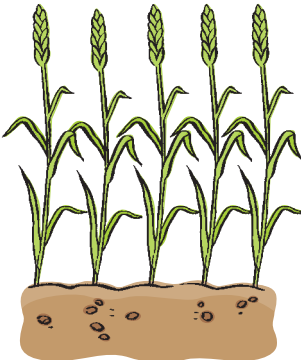
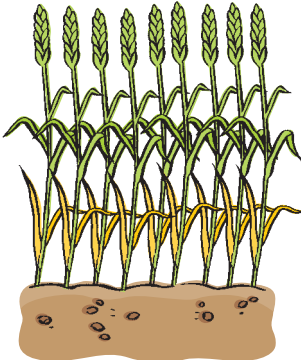
Kasvinviljelytieteessä opittiin tunnistamaan kasvustossa tekijöitä, jotka mahdollistivat korkean satotason. Mittaamalla kasvuston yhteyttämis-
tehokkuutta ja yhteyttämistuotteiden eli sokereiden jakautumista eri kasvinosiin kuten lehtiin, korsiin, juuriin



Kansainväliseen maataloustutkimuskeskusten konsortioon (Consortium of International Agricultural Research Centres, CGAIR) kuuluu eri viljelykasvilajien tutkimukseen keskittyneitä tutkimuslaitoksia. CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) on keskittynyt tutkimuksessaan vehnään ja maissiin, CIP (International Potato Centre) perunaan, IRRI (International Rice Research Institute) riisiin, ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) kuivien alueiden viljelykasveihin. ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), CIAT (International Center for Tropical Agriculture) ja IITA (International Institute of Tropical Agriculture) tutkivat puolestaan trooppisten alueiden viljelykasveja. Kansainvälinen maataloustutkimus tarjoaa monia mielenkiintoisia työtehtäviä myös suomalaisille maatalousasiantuntijoille.

ja jyviin, ymmärrettiin optimaalisen lehtialan ja kasvitiheyden merkitys sadon määrälle. Mikäli lehtiala tai kasvitiheys oli liian suuri, menetettiin yhteyttämistuotteita varjoon jääneiden kasvinosin lisääntyneen hengityksen

seurauksena. Keksittiin myös lehtialan säilymisen ja sadon määrän välinen yhteys. Mitä pidempään lehdet olivat yhteyttämiskykyisiä, sitä suurempi sato oli odotettavissa. Yhteyttävää lehtipinta-alaa tuhoavien kasvitautien ke-

HARVA KASVUSTO	OPTIMAALINEN KASVUSTO	LIIAN TIHEÄ KASVUSTO
		
Liian matala lehtiala	Sopiva lehtiala	Liian korkea lehtiala
Lehdet eivät kerää kaikkea auringonsäteilyä, vaan osa säteilystä päätyy lehtien sijaan maan pintaan.	Lehdet peittävät maanpinnan ja ovat sopivasti eri kerroksissa, jolloin niille osunut auringonsäteily käytetään tehokkaasti ja sokereita kertyy.	Lehdet peittävät maanpinnan, mutta alimmat lehdet ovat jääneet varjoon, jolloin ne kuluttavat valossa olevien lehtien tuottamia sokereita.
Rikkakasvit valtaavat kasvuston aukkoja ja kuluttavat viljelykasveille tarkoitettuja ravinteita, alentavat satoa, vaikeuttaa sadonkorjuuta ja heikentää sadon laatua.	Viljelykasvi kilpailee tehokkaasti elintilasta rikkakasvien kanssa.	Viljelykasvi kilpailee tehokkaasti elintilasta rikkakasvien kanssa.

miallinen torjunta kehitettiin näiden tutkimustulosten myötä. Pyrittiin **optimaaliseen kasvustoon**, jossa myös rikkakasvien kilpailua kasvitilasta, auringonvalosta ja ravinteista haluttiin rajoittaa ja varmistaa resurssien käyttö mahdollisimman tehokkaasti viljelykasvin hyväksi. Tämä tavoite

johti rikkakasvien torjunta-aineiden kehittämiseen ja käytön ohjeistuksen muotoutumiseen. Maatalousteknologia kehittyi samanaikaisesti ja moni runsaasti ihmistyövoimaa aikaisemmin vaatinut työvaihe koneellistettiin. Kehitys vapautti maataloudesta työvoimaa teollistuvan yhteiskunnan käyttöön.



Satoindeksi ja lakoontuminen. Jalostamattomien maataislajikkeiden korsi on pitkä ja hento. Kova sadekuuro kaataa helposti pitkäkortisen viljan ja viljakasvusto lakoontuu. Lakoontuminen puolestaan aiheuttaa ongelmia sadonkorjuussa, hidastaa viljan kypsymistä ja huonontaa sadon laatua. Pitkäkortisissa lajikkeissa valtaosa kasvin yhteyttämistuotteista kuluu korrenkasvuun jyvien sijaan. Satoindeksillä tarkoitetaan sitä, kuinka suuri osa kasvin maanpäällisestä biomassasta kohdentuu satona korjattavaan osaan eli viljoilla jyviiin. Korren lyheneminen kääpiögeenin myötä johti satoindeksin kohoamiseen ja sitä kautta jyväsadon määrän lisääntymiseen suhteessa korren määrään. Lyhytkortisuus vähensi myös viljan lakoon- tumisriskiä ja mahdollisti runsaamman typpilannoituksen, mikä lisäsi myös sadon määrää. Samaan aikaan kehitettiin kemianteollisuudessa kasvunsääteitä, jotka hidastivat korrenkasvua ja vähensivät lakoontumisriskiä edelleen.

Vihreä vallankumous jätti taakseen ristiriitaisia muistoja

Nobelin rauhanpalkinnon vuonna 1970 saanut maataloustieteilijä Norman Borlaug kuvaa aikakautta tutkimuksen voittokuluksi, jonka myötä kohonneet satotasot mahdollistivat riittävästi ruokaa miljardeille ihmisille. Maataloustuotannon tehostuminen johti myös yleisen elintason nousuun ja maataloudessa työskentelevän väestön määrän vähentymiseen. Korkeammat satotasot huononsivat kuitenkin ruoan

ravintoarvoa. Suurempi sato tyydytti ihmisten energiatarpeen, mutta uusien korkeasatoisten lajikkeiden kivennäis- ja hivenainepitoisuus oli usein pienempi kuin maataislajikkeiden.

Vihreän vallankumouksen myötä maatalouden riippuvuus fossiilisista energianlähteistä ja kemianteollisuudesta kasvoi. Kemiaallisen teknologisen viljelyn menetelmin pystyttiin vähentämään työvoiman tarvetta, saavuttamaan korkeampia satoja ja tuottamaan ruokaa halvemmalla. Maatalousalan yrityk-



Kasvinjalostajan koeruutuja, joissa testataan uusien vehnälajikkeiden viljelyominaisuuksia. Tuleentuneet eli puintivalmiit vehnälajikkeet ovat jo kellastuneet, kun taas pidemmän kasvuajan vaativat lajikkeet ovat vielä vihreitä.

set panostivat maatalouskemikaalien ja uusien lajikkeiden kehitystyöhön ja alan yritykset kasvoivat. Kehitystyö on kallista, ja esimerkiksi yhden rikkakasvien torjunnassa käytettävän potentiaalisen yhdisteen löytymiseen tuotetaan yli 500 000 synteettistä molekyyliä, joiden toimivuus ja turvallisuus testataan. Myös kasvinjalostuksessa molekyylibiologisten menetelmien nopea kehitys ja kalleus johtivat mer-

kittävien viljelykasvien jalostustyön keskittymiseen suurille kansainvälisille yrityksille. Samanaikaisesti valtaosa julkisilla varoilla tehtävästä tutkimuksesta on vuosikymmenien ajan keskittynyt niin kutsuttujen mallikasvien, kuten lituruohon eli *Arabidopsis*in, tutkimukseen eikä tuloksia voida soveltaa suoraan viljelykasvien kehittämiseen kuten vihreän vallankumouksen aikana.

Luomutuotannon kehittyminen

Kiinnostus **luonnonmukaiseen maataloustuotantoon eli luomutuotantoon lisääntyi** ja ensimmäinen kansainvälinen malli luomutuotannon valvontajärjestelmästä julkistettiin 1980-luvun alussa. Luomutuotanto kehittyi, kun huoli kemiallis-teknologisen maataloustuotannon ympäristövaikutuksista ja maatalouskemikaalien vaikutuksista ruoan turvallisuuteen lisääntyi. Ruokaa haluttiin tuottaa luonnonvaroja suojellen ja luonnon monimuotoisuutta kunnioittaen. Haluttiin myös tyytyä matalampaan satotasoon ja hyväksyttiin riski kasvitautien ja -tuholaisten sadonalennuksille.

Luomutuotannossa otettiin uudelleen käyttöön jo kaskiviljelyn aikana keksittyjä viljelytekniikoita, kuten kasvinvuorotus, ja niiden kehittämistyötä jatkettiin edelleen. Myös maan viljavuuden säilyttämiseen kiinnitettiin erityistä huomiota. Koska satotasot ovat luomussa alhaisempia ja käytetyt viljelytekniikat osin työvoimavaltai-

sempia, on luomutuotteiden hinta korkeampi kuin tavanomaisilla viljelymenetelmillä tuotettujen.

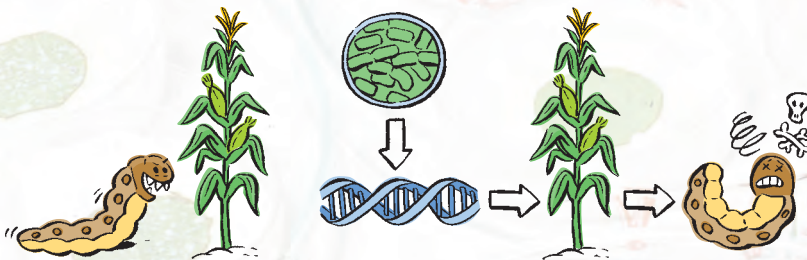
EU:n luomulainsäädäntö määrittelee tuotannon vaatimukset, ja hyväksytyjä luomutuotteita voi myydä EU:n Eurolehti- ja Luomuliiton Leppä-kerttu-tunnuksin merkittyinä. Luomutuotannossa viljelijä ja kuluttaja tavallaan sopivat käytettävistä tuotantomenetelmistä hyvinkin tarkkaan. Luomutuotantoon pätevät ne samat satofysiologian periaatteet esimerkiksi optimaalisesta kasvustosta ja lehtialasta, jotka todennettiin jo vihreän vallankumouksen aikana. Luomussa erityisiä kehityskohteita ovat muun muassa typensitojakasvien hyödyntäminen tehokkaasti viljelykierrossa, kierrätyslannoitteet, seoskasvustot sekä mekaaniset ja biologiset kasvin-suojelun menetelmät. Siirtogeeniteknikalla jalostettujen lajikkeiden viljely ei luomutuotannossa ole sallittua eikä esimerkiksi kasvitautiongelmien etsintä ratkaisuja tätä menetelmää hyödyntäen.

Suomi24 – maataloudessa käytetään myrkkyjä – ihmiset yritetään myrkyttää Frankenstein-ruoalla! Minkälaisia otsikoita löydät siirtogeenisistä kasveista?

Siirtogeeniteknikka kasvintuotannossa

Ensimmäinen viljelyyn otettu ja kaupan hyllylle päätnyt siirtogeeninen kasvi oli vuonna 1994 Flav Savr -tomaatti, jonka säilymistä kaupan hyllyllä oli pidennetty geeniteknikan keinoin. Jalostuksen tavoitteeksi oli valikoitunut ominaisuus, jonka säätely tunnettiin geenitasolla ja jota osattiin muokata. Flav Savr -tomaattien maku ei miellyttänyt kuluttajia ja niiden myynti jäi vähäiseksi.

Sen sijaan viljelyä helpottavat siirtogeeniset keksinnöt, kuten rikkakasvien torjunta-aineita sekä tuhohyönteisiä kestävät viljelykasvit, yleistyivät nopeasti. 2010-luvulla noin 80 % viljelyssä olevasta soijasta ja 32 % maissista on siirtogeeniteknikalla muokattuja lajikkeita. Loput viljelyssä olevat lajikkeet ovat tavanomaisen jalostuksen keinoin tuotettuja ja niissä hyödynnetään joko luonnosta löytyviä tai kemiallisesti tai säteilyttämällä tuotettuja mutaatioita. Muilla viljelykasveilla siirtogeenisten lajikkeiden käytön osuus on yleisesti pienempi kuin soijalla ja maissilla.



Tutkijat innostuivat onnistuessaan tuottamaan tuhohyönteisiä kestäviä viljelykasveja siirtogeeniteknikan avulla. Kuvituksissa maissikoisan toukka söi Bt-maissin (*Bacillus thuringiensis*, Bt-geeni) ja kuoli ruoansulatusongelmiin. Tutkijoista keksintö oli mullistava, mutta kuluttajat alkoivat epäillä, miten siirtogeenit vaikuttavat ruoan turvallisuuteen.

The background of the page is a photograph of several glass petri dishes. Each dish contains a white, agar-like growth medium. On top of the medium, there are small, circular pieces of green plant tissue, likely explants used for tissue culture. Some of the dishes have handwritten red markings on their rims, such as 'T 1/3', 'T 1/4', and 'T 1/5'.

Kasvinjalostajille siirtogeenitekniiikan kehittyminen avasi runsaasti uusia mahdollisuuksia nopeuttaa jalostustyötä ja tehdä nk. täsmäjalostusta. Menetelmän kehittyminen ajoittui kuitenkin ajanjaksoon, jolloin havaintoja yksipuolisen kemiallis-teknologisen viljelyn aiheuttamista ympäristövaikutuksista oli jo tehty ja osa kuluttajista kantoi huolta ruoantuotannon liiasta kemikalisoitumisesta. Epäily kohdistui myös siirtogeeniteknologian avulla tuotettujen viljelykasvien turvallisuuteen. Lisäksi siirtogeenisiä viljelykasveja kehittävien maatalousalan suuryritysten kasvottomuus ja voitontavoittelu aiheuttivat vastustusta.

Tällä hetkellä siirtogeenisiä lajikkeita viljellään eniten Pohjois- ja Etelä-Amerikassa. Euroopassa kansalaisten pelko siirtogeeniteknikalla tuotettujen kasvien turvallisuudesta, teknologiavastaisuus sekä epäluulot suurien maatalousyrityksiä kohtaan ovat estäneet menetelmällä tuotettujen lajikkeiden laajamittaisen viljelyn.

Nähtäväksi jää, miten eurooppalaiset kuluttajat hyväksyvät uusimmat kasvinjalostusmenetelmät, kuten genomieditoinnin, tulevaisuudessa. Genomieditoinnilla voidaan muuttaa yksittäisiä emäksiä kasvin DNA:ssa ja esimerkiksi "sammuttaa" haitallisten geenien toimintaa. Tällä hetkellä genomieditointia pidetään erittäin lupaavana uutena kasvinjalostuksen menetelmänä.

2.2 Kotieläintuotannon kehityskulku

Omavaraisuudesta korkeaan tuotokseen navetassa

Ensimmäiset merkit kotieläinten pidosta Suomesta ovat luulöytöjä yli 3 000 vuoden takaa, mutta käsitys kotieläinten määrästä, käyttötarkoituksesta ja merkityksestä esihistorian aikana ei ole kovin selvä. Tieto tarkentuu kuitenkin edelleen, kun muun muassa DNA-analyysiä yhdistetään arkeologisten luulöytöjen tutkimiseen. Karjatalous voimistui elinkeinona 1800-luvun lopulla, jolloin rehujen peltoviljely alkoi yleistyä ja eri puolille Suomea syntyvät osuusmeijerit alkoivat valmistaa voita, josta tuli myös merkittävä vientituote Suomelle. Maitotilit olivat tärkeä tulonlähde maaseudulle, mikä edisti omalta osaltaan yhteiskunnan kehittymistä.

Sata vuotta sitten lehmät olivat pääosin maatiaisrotuista **suomenkarjaa**. Ne olivat pieniä, sitkeitä ja sopeutuneet Suomen ankariin olosuhteisiin. Ruokinta oli niukkaa ja maitotuotos nykymittapuun mukaan vaatimatonta. Lehmille kerättiin talviaikaista ruokintaa varten heinää luonnonniityiltä ja kuivatettiin kerppuja lehtipuiden oksista. Vielä 1960-luvulla paikallinen omavaraisuusaste oli korkea ja maalaiskylässä lähes joka talossa oli muutama lehmä, joiden tuottama maito myytiin tinkimaitona naapurustoon tai kuljetettiin tonkissa paikalliseen osuusmeijeriin. Myös koulujen piha-piireissä saattoi olla navetta. Lehmien lisäksi useilla tiloilla oli työhevosiä, sikoja ja kanoja.

Suomenkarja säästyí sukupuutolta

Ayrshiren ja holsteinin nopea yleistyminen suomalaisissa karjoissa oli vähälä johtaa suomenkarjarotujen sukupuuttoon. Kolmesta suomenkarjanrodusta punaruskeaa **länsisuomenkarjaa** ja valkeaselkäistä punakylkistä **itäsuomenkarjaa eli kyyttöjä** on kumpiakin noin 1 500 ja valkoista **pohjoissuomenkarjaa eli lapinlehmii** noin 800. Suomenkarjan lehmät ovat yleensä synnynnäisesti nupoja eli sarvettomia.

Suomenkarjan lehmillä on taloudellinen ja kulttuurihistoriallinen arvo, mutta myös arvokkaita perinnöllisiä ominaisuuksia, kuten maidon hyvä valkuais- ja rasvapitoisuus sekä maidon hyvä juustoutuvuus. Rodut ovatkin päässeet kansallisen geenivaraohjelman suojelukseseen. Suomenkarjan maidosta ja lihasta kehitetyt herkulliset erikoistuotteet varmistavat osaltaan rotujen säilymisen, kun tuotteille on kysyntää ja eläinten pito on sen ansiosta taloudellisesti kannattavaa.

Ayrshire ja holstein ovat yleisimmät karjarodut Suomessa. Suomenkarjarotuja ovat länsisuomalainen, itäsuomalainen ja lapinlehmä.







Kartanoihin tuotiin jo 1800-luvun puolella punavalkokirjavia **ayrshirelehmä** ja 1960-luvulla mustavalkoinen **holstein-friihiläinen** yleistyi. Uusien rotujen maitotuotos oli korkeampi kuin suomenkarjan, ja rehuntuotannon kehittyminen varmisti näille vaateliaimille roduille riittävästi hyvälaatuista rehua myös talven aikana. Samaan aikaan lehmien jalostus nopeutui keinosiemennyksen yleistymisen myötä. Keinosiemennyksessä parhaiden sonnien sperma pakastetaan ja kuljetetaan maataloille, joissa lehmät siemennetään jalostussuunnitelman mukaisesti sopivalla sonnilla. Systemaattinen lehmien maitomäärän mittaaminen aloitettiin

yli sata vuotta sitten, ja nykyäänkin tuotoseuranta on lypsykarjan jalostuksen perusta. Kehityksen seurauksena lehmien maidontuotos on noussut 1900-luvun alun noin 2 000 kilosta lähes 10 000 kiloon maitoa lehmää kohti vuodessa.

Kotieläinten jalostuksessa tavoitellaan kestävyyttä

Jalostustyö painottui 1900-luvun alussa ulkomuotoon ja lehmän jalostuksellisen arvon ratkaisivat väri, sarvellisuus ja luuston sirous. Nämä **ulkonäköominaisuudet** eivät ole yhteydessä **tuotanto-ominaisuuksien** kanssa.



Näyttelyissä kotieläinten hyvä rakenne ja taitava esittäminen ovat tärkeitä arvioinnin kohteita.

Kun jalostuksen painopistettä siirrettiin maitotuotokseen, myös lehmien koko kasvoi. Yksipuolinen korkea maitotuotokseen pyrkiminen johti lehmien rakenteen, terveyden ja hedelmällisyyden heikkenemiseen, ja siksi tuotantoeläinten terveys otettiin mukaan lypsylehmien kokonaisarviointiin 1980-luvulla. Myös jalkojen ja utareiden rakenteeseen, lypsettävyyteen ja käytettävyyteen kiinnitettiin huomiota jalostusohjelmissa. Nykyään **tuotantoeläinten kestävyys** on tärkeä jalostustavoite. Lehmien osalta kestävyydellä tarkoitetaan terveyden ja hyvän ra-

kenteen lisäksi pitkäikäisyyttä tuotannossa. Pitkäikäisyys vähentää lehmien uusimistarvetta eli sitä, kuinka paljon tarvitsee kasvattaa lehmävasikoita uusiksi maitoa tuottaviksi lehmiksi.

Sikojen ja siipikarjan jalostus on keskittynyt **rehunkäytön tehokkuuden** ja **ruhojen laadun parantamiseen**. Sianlihan silava eli rasvakerros on kuitistunut murto-osaan aiemmasta ja siihen ovat vaikuttaneet sekä jalostusvalinta että riittävän aminohappojen saannin varmistaminen huolellisella ruokinnan optimoinnilla.

Kotieläintuotannon tehokkuustavoite on johtanut käytäntöihin, joiden eettisyyteen voi liittyä ongelmia. Jalostuksella on esimerkiksi nopeutettu lihasiipikarjan eli broilereiden ja kalkkunoiden kasvua ja lisätty niiden lihakkuutta, jolloin ne kasvavat nopeasti teuraskypsiksi. Pitempään elävien siitokseen käytettävien lintujen nopea kasvu ja iso koko voivat kuitenkin johtaa jalkaongelmiin. Vaikka kasvisruoan suosio kasvaa nopeasti, lisääntyy siipikarjanlihan kulutus myös nopeasti. Koska kotieläintuotteita kulutetaan tulevaisuudessakin, on kestävyystavoitteita ja tuotannon eettisyyttä edistettävä entistä tehokkaammin.

Ajosilppurilla nurmen korjuu sujuu nopeasti. Rehukuorma kuljetetaan siiloon, josta varastoitua säilörehua syötetään naudoille.

Innovaatioita rehuntuotannossa

Kotieläintuotannon nopeaan murrokseen on eläinaineksen jalostamisen lisäksi vaikuttanut ratkaisevasti **rehuntuotannon ja ruokinnan kehittyminen**. 1900-luvun alkupuolen merkittävien rehuinnovaatio oli A. I. Virtasen kehittämä nurmirehun säilöntämenetelmä, jonka avulla lehmiiä pystyttiin ruokkimaan koko talvikauden ajan ravitsemukselliselta ja säilönnälliseltä laadultaan hyvällä nurmirehulla. Rehua alettiin kutsua keksijänsä mukaan AIV-rehuksi, mutta yleisnimekseen se on ”säilörehu”.

Säilöntämenetelmässä tuore nurmisato korjataan pellolta ja siihen lisätään säilöntähappoa. Rehumassa säilötään ilmatiiviisti siiloon, aumaan tai paaliin. Lisätyn hapon ja hapettomissa oloissa muodostuvan maitohapon avulla rehu säilyy talven yli ravintorikkaana, ja niinpä säilörehu on korvannut kuivan heinän käytön lehmien ruokinnassa.



Rehuhyötysuhteella tarkoitetaan sitä, kuinka suuren osan rehun sisältämästä energiasta tai valkuaisaineista eläin pystyy hyödyntämään kasvuun ja tuotantoon. Hyödyntämättä jäävä osa poistuu eläimestä sonnan, virtsan ja lämmöntuotannon mukana.

Samalla viljelyyn on otettu runsas- satoisempia nurmikasvilajikkeita, lannoitusta on lisätty, rehu korjataan kaksi tai kolme kertaa kesän aikana, ja korjuukoneiden kehitys on tehostanut sadonkorjuuta. Virtasen periaatteiden mukaan valmistetusta säilörehusta on tullut lehmien tärkein rehu, jota täydennetään viljalla, valkuaisrehuilla, erilaisilla sivutuotteilla, kivennäis- ja hivenaineilla sekä vitamiineilla.

Yksi merkittävä kehityskulku kotimaisen valkuaisrehun tuotannossa on liittynyt rypsin jalostukseen sekä siitä

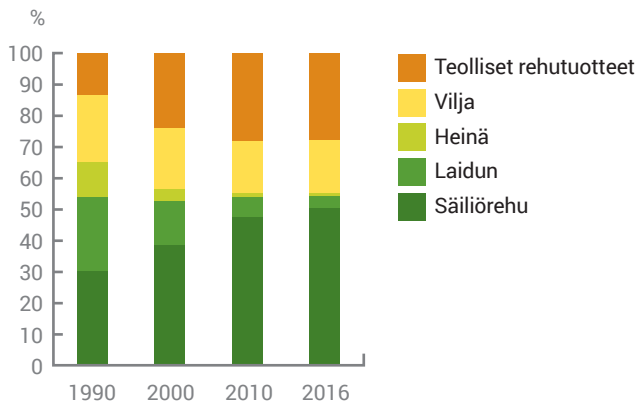
valmistetun, runsaasti valkuaisista sisältävän rypsirouheen käyttöön lehmien ruokinnassa. 1970-luvun alussa onnistuttiin jalostamaan Suomen lyhyeen kasvukauteen soveltuvia niin kutsuttuja oo-rypsilajikkeita, joiden erukahap- po- ja glukosinolaattipitoisuudet olivat pieniä. Aiemmin erukahappo oli rajoit- tanut öljyn käyttöä ihmisravinnoksi ja glukosinolaatit rouheen rehukäyttöä. Rypsi- ja rapsirouhe on suomalaisissa tutkimuksissa lypsättänyt lehmiä vä- hintään yhtä hyvin kuin soijapohjaiset rehut, ja soijaa syötetäänkin hyvin vä- hän lehmille Suomessa.

Geenitekniikan sanastoa

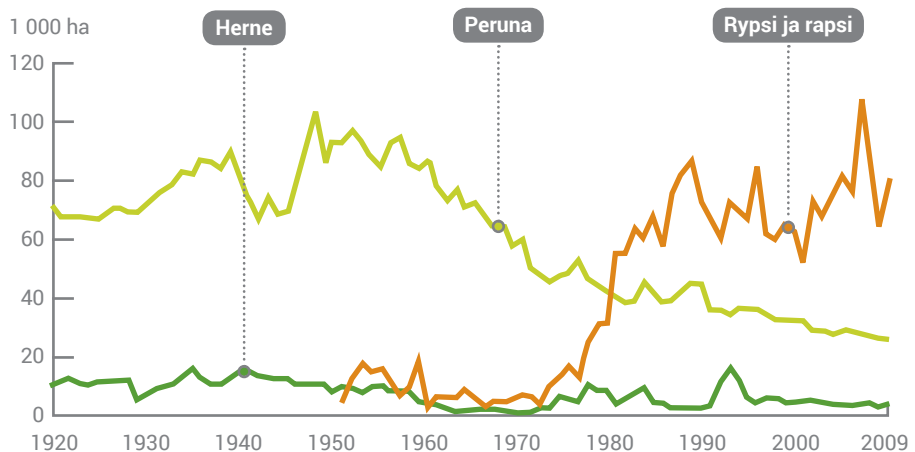
Geenikartta kuvaa tunnettujen DNA-fragmenttien sijainnin genomissa. Näitä tunnettuja ja nimettyjä "paikkoja" voivat olla geenit ja geenimerkit. Geenikartta kertoo, missä joku geeni tai geenin toimintaa säätelevä osa sijaitsee eli missä kromosomissa ja karttakohdassa laskettuna emäksinä kromosomin alusta.

Geenimerkeillä tarkoitetaan sellaisia tunnistimia, joilla voidaan "leimata" genomissa jossain kohdassa esiintyvä emässekvenssi eli -jakso. Yleisimmin käytettyjä geenimerkkejä ovat SNP-merkit (single nucleotide polymorfisms), jotka tunnistavat yksittäisen emäksen mutaation määrättyssä kohdassa geenikarttaa.

A. I. (Artturi Ilmari) Virtanen (1895–1973) työskenteli Valion laboratoriossa ja muun muassa Suomen Akatemian ensimmäisenä esimiehenä. Virtasen ymmärrys biokemiasta edisti merkittävästi Suomen kansanravitsemusta. Hänen uraansa mahtuivat muun muassa struuman parantaminen suolan jodioimisella, voisuolan kehitys voimansäilytyksen parantamiseksi ja ulkomaankaupan edistämiseksi, palkokasvien typensidonta ja lehmien ruokkiminen ilman aminohappoja pötsin mikrobivalkuaissynteesin merkityksen todistamiseksi. Hänen innovaationsa nurmen säilönnästä hapottamalla ovat myös mullistaneet maataloutta, ja vieläkin säilörehua kuulee kutsuttavan "virtaseksi" tai AIV-rehuksi. Virtanen myös palkittiin Nobelin kemian palkinnolla vuonna 1945 näistä ansioista.



Mitä kuva kertoo lypsylehmien ruokinnan muutoksista viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana? Entä rypsin viljelystä Suomessa? Lähde: Proagria ja Maataloustilastot.



Bioteknikka tehokäytössä kotieläinten jalostuksessa

Ensimmäinen läpimurto tapahtui 1950-luvulla, kun sonniosuuskuntien ylläpitämistä astutussonneista siirryttiin keinosiemennyksen aikaan. Parhaimmat sonnit pystyttiin valitsemaan jatkamaan sukua ja jalostusvalinta tehostui. Alkionsiirtoa käyttäen pystytään lisäämään myös hyvien lehmien jälkeläisten saantia. Menetelmässä siirretään hyvien lehmien jälkeläisten hedelmöitettyjä munasoluja vähempituottoisille lehmille. Nykyään käytössä olevat sukupuoli-lajitellun sperman käyttö keinosiemennyksessä sekä sukupuoli-lajitellut alkiot mahdollistavat vasikan sukupuolen valinnan tarpeen mukaan.

Genominen valinta on mullistanut kotieläinjalostuksen 2000-luvulla. Eläimestä otetusta kudospätkästä voidaan analysoida tuhansia tai jopa satojatuhansia geenimerkkejä. Kehittyneillä laskentamenetelmillä voidaan laskea geenimerkkien ja tärkeiden ominaisuuksien kuten maitotuotoksen ja rakenneominaisuuksien yhteydet. Vasikan perinnöllinen maidontuotantokyky tai terveys voidaan geenimerkkien avulla ennustaa ennen kuin se on kasvanut lypsäväksi lehmäksi.

Geeniteknologiat kehittyvät edelleen ja tulevaisuudessa on mahdollista parantaa jalostuseläimen perimää niin halutessamme geenien editoinnin avulla. Toisaalta vaikka yksittäisten geenien editointi osataan, on koko eläimen kaikkien perinnöllisten ominaisuuksien parantaminen vaikeaa. Geenimerkkien käyttö on nykypäivää kotieläinten jalostuksessa, sen sijaan geenieditointiin voi liittyä eettisiä tekijöitä, jotka tulee selvittää ennen menetelmän käyttöä. Esimerkiksi luomutuotannossa alkionsiirtojakaan ei hyväksytä.

Keinosiemennys oli kotieläinbioteknikan ensimmäinen läpimurto. Parhaiden sonnien spermaa säilytetään nestety-pessä -196 asteessa ja voidaan käyttää lehmien siemen-nykseen eri puolilla maailmaa.



Handwritten text on the rim of the pot: *Handwritten text, possibly a name or date, written in black ink.*

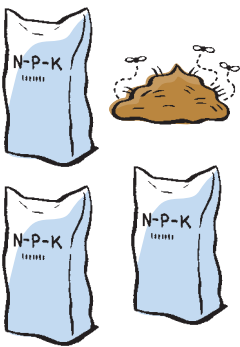
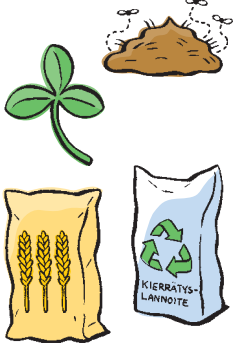
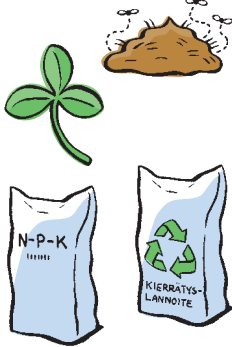
2.3 Vaihtoehtoisten tuotantotapojen etsiminen alkaa

Erilaiset tavat tuottaa ruokaa

Ruokaa voidaan tuottaa erilaisilla tuotantotavoilla, joista merkittävimmät ovat **tavanomainen tuotanto**, **luonnonmukainen tuotanto eli luomutuotanto** ja **integroitu tuotanto**. Tuotantotavat eroavat toisistaan siinä, minkälaisia tuotantopanoksia niissä käytetään. Ostettavia tuotantopanoksia ovat esimerkiksi lannoitteet ja kasvinsuojeluaineet, joita viljelijä ostaa ja käyttää viljelyyn. Tuotantopanosten hankinnasta aiheutuvat kustannukset katetaan tuotteista ja viljelystä saatavilla tuloilla. Eri tuotantotavat poikkeavat toisistaan erityisesti lannoituksen ja kasvinsuojelun osalta.

Tavanomaista tuotantoa voidaan kutsua **kemiallis-teknologiseksi** tuotannoksi, sillä siinä hyödynnetään teknologian lisäksi kemianteollisuuden tuotteita kuten synteettisiä väkilannoitteita ja kasvinsuojeluaineita. Luonnonmukainen tuotanto on puolestaan **tekнологis-biologista** tuotantoa, jossa pyritään hyödyntämään luontaisia resursseja teknologiaa hyödyntämällä ja jossa synteettiset väkilannoitteet ja torjunta-aineet eivät ole sallittuja. Integroitu tuotanto on välimuoto, jossa pyritään yhdistämään parhaalla mahdollisella tavalla luontaisten tuotantoresurssien hyödyntäminen ja ulkoisten, teollisten tuotantopanosten käyttö.

Tavanomaisessa tuotannossa viljelykasvien tarvitsemat ravinteet lisätään peltoon etupäässä väkilannoitteina, mutta myös karjanlannan ravinteita hyödynnetään. Luomutuotannossa väkilannoitteita ei käytetä, vaan ravinteet saadaan orgaanisista eli eloperäisistä lannoitteista. Typpeä varten viljellään viherkesantoja, joissa kasvaa apilaa sitomassa ilmakehän typpeä. Viherkesannosta ei korjata satoa, vaan vihermassa kynnetään maahan, jossa viherkesantokasvin keräämät typpiyhdisteet vapautuvat seuraavalle viljelykasville käyttökelpoiseen muotoon. Muita käytössä olevia orgaanisia lannoitusmahdollisuuksia ovat kotieläinten lannan, lihaluujauhon, biokaasulaitosten mädätysjätteiden sekä kaupallisten kierrätyslannoitteiden käyttö ravinnelähteinä. Integroidussa tuotannossa yhdistellään parhaalla mahdollisella tavalla tavanomaisen ja luomutuotannon lannoitevalikoimia.

Tavanomainen tuotanto	Luomutuotanto	Kestävä tehostaminen
		

TUOTANTOTAPA VALITAAN USEIN TALOUDELLISIN PERUSTEIN

Taloudelliset, ideologiset ja maatilan perinteisiin liittyvät tekijät vaikuttavat siihen, minkä tuotantotavan viljelijä

valitsee tilalleen. Yhdessä äärivaihtoehdossa viljelijä joko erikoistuu yhteen viljelykasviin, esimerkiksi perunanviljelyyn, tai jopa yhteen tuotantovaiheeseen, kuten lihasikojen tuotantoon. Tämä tuotantomuoto toteutetaan

Monipuolisella viljelykierrolla tai lajivalikoimalla tarkoitetaan sitä, kuinka paljon eri kasvilajeja tilalla tai peltolohkolla viljellään ja miten ne vuorottelevat eri vuosina. Yksipuolisessa viljanviljelyssä samalla peltolohkolla vuorottelevat eri viljalajit ja monokulttuurissa samaa kasvilajia viljellään vuodesta toiseen.

	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	4. vuosi
Monipuolinen viljelykierto	vehnä	herne	rypsi	nurmi
Yksipuolinen viljanviljely	vehnä	ohra	vehnä	ohra
Monokulttuuri	vehnä	vehnä	vehnä	vehnä

Yhden kasvilajin viljely samalla peltolohkolla vuodesta toiseen lisää kasvitautien ja -tuholaiden aiheuttamia ongelmia. Esimerkiksi perunaa tai öljykasveja ei suositella viljeltäväksi samalla lohkolla vuodesta toiseen. Perunaviljelyyn erikoistuneet tilat joutuvat kuitenkin usein taloudellisen kannattavuuden takia viljelemään mahdollisimman suurella peltoalalla perunaa, sillä perunanviljelyyn soveltuvia peltomaita voi olla rajallisesti. Tilat ovat hankkineet istutusta, sadonkorjuuta ja sadon varastointia varten kalliita koneita ja tuotantorakennuksia ja peltoalan käyttö muille viljelykasveille voi olla taloudellisesti kannattamatonta.

yleensä hankkimalla melko paljon ulkoisia **tuotantopanoksia** kuten lannoitteita, kasvinsuojeluaineita ja kasvatettavaa eläinainesta ja myös ulkoisia **tuotantopalveluja** esimerkiksi koneurakoinnin tai kuljetusten muodossa. Toinen ääri vaihtoehto on omavaraisuutta maksimoiva tuotanto. Nämä maatilat ovat yleensä kotieläintuotannon ja kasvinviljelyn yhdistelmätiloja,

joissa ravinteet pyritään mahdollisimman tarkkaan kierrättämään omalla tilalla ja kasvinsuojeluaineiden käytön tarvetta vähennetään esimerkiksi monipuolisen viljelykierron ja kasvilajivalinnan avulla. Eri tuotantotapojen intensiiviseen kehittämiseen ja arvostukseen eri aikakausina vaikuttavat monet tekijät, joita historia voi auttaa ymmärtämään.

KEMIALLISTEKNOLOGINEN VIJELY ON VAPAUTTANUT TYÖVOIMAA MAATALOUESTA JA AUTTANUT NÄLÄNTORJUNNASSA

Ihmiskunnan tie maanviljelyksen alkamisesta kaskiviljelyyn, vihreään vallankumoukseen ja tämän päivän ruoantuotantoon on sisältänyt monta merkittävää keksintöä, jotka ovat mahdollistaneet ruokaturvan toteutumisen ja elintason kohoamisen länsimaissa. Jo maanviljelyn alkamisella on ollut merkittävä vaikutus ihmiskunnan historiassa. Ennen sitä vähälukuinen väes-

tö käytti valtaosan valveillaoloajastaan ruoan keräämiseen sekä siirtymiseen paikasta toiseen ruoan perässä. Sattumien kautta kehittyivät myös nykyisten viljelykasvien kantamuodot.

Kemiallis-teknologinen viljely ratkaisi ainakin osittain aikakautensa merkittävän ongelman ja esti nälänhätää monissa maissa. Vuosikymmenien myötä lisääntyi ymmärrys yksipuolisen intensiivisen viljelyn aiheuttamista haittavaikutuksista. Maatalouskemikaalit olivat mahdollistaneet monipuolisesta viljelykierrosta luopumisen, sillä yksi-

Navetoissa ja sikaloissa syntyvä lietelanta on kierrätyslannoite, jossa ravinteet ovat suurassa nestetilavuudessa ja ravinnepitoisuus usein laimea. Lietelanta levitetään sijoittamalla se maahan, jotta tyyppipitoisia yhdisteitä ei menetetä haihtumisen takia. Lietevaunut ovat erittäin raskaita ja voivat tiivistää maan rakennetta, mikäli levitys tehdään maan ollessa liian märkää. Lannan ravinteet pitää tulevaisuudessa ottaa talteen esimerkiksi jakeistamalla tai muuten lantaa käsittelemällä, jotta levitettävän materiaalin ravinnepitoisuus on suurempi kuin raakalannan.





Väkilannoiterakeissa ravinteet ovat kasville käyttökelpoisessa muodossa ja ravinteiden määrä tiedetään tarkkaan. Rakeet helpottavat kasvinravinteiden levittämistä pellolle ja lisäävät lannoituksen tarkkuutta.

puolisen viljelyn aiheuttamaa lisääntyntä kasvitautien ja -tuholaisten esiintymistä voitiin säädellä kemiallisilla torjunta-aineilla. Myös ravinteiden käytössä keskityttiin suureen sadon määrään, mikä johti ylimääraisten ravinteiden päätymiseen ympäristöön.

Haitallisia **ympäristövaikutuksia** on pitkään pyritty ehkäisemään esimerkiksi **maatalouspoliittisin** toimen-

pitein asettamalla ravinteiden käytön määrälle ja ajankohdalle ympäristönäkökulmat huomioivia rajoituksia. Erityisesti 2000-luvulla fossiilisen energian kalleus ja sitä kautta teollisten lannoitteiden korkea hinta sekä poliittinen ohjaus ovat vähentäneet ravinteiden käyttöä viljelyssä. Ravinteiden käytön korkea hyötysuhde on kaikkien kannalta tärkeää: ympäristökuormituksen riski pienenee ja viljelyn kan-

Väkilannoitteilla tarkoitetaan teollisesti valmistettuja mineraali- eli kivennäislannoitteita, joissa ravinteet ovat kasveille helposti käyttökelpoisessa muodossa.

nattavuus paranee, kun tuotantopannokset käytetään tehokkaasti. Samaan aikaan ympäristöpoliittisen ohjauksen avulla vilelijät on veloitettu lannoitteen käytön vähentämiseen nimenomaan ympäristöhaittojen torjunnan perusteella.

Tavanomainen tuotanto on vallitseva tuotantomuoto

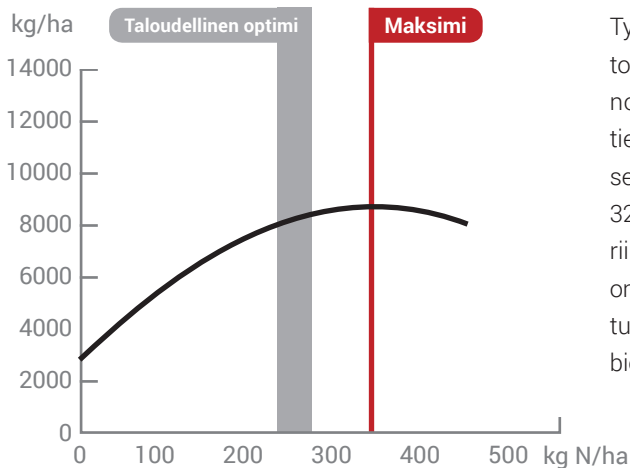
Valtaosa eli noin 90 % suomalaisesta ruoasta tuotetaan tavanomaisen tuotannon menetelmin, jotka perustuvat vihreän vallankumouksen kemiallis-teknologisiin läpimurtoihin. Tavanomaisessa tuotannossa tuotantopannosten käytöllä pyritään **optimoimaan viljelykasvin kasvuolot** tarjoamalla kasvin tarpeita vastaava määrä ravinteita, ajoittamalla ravinteiden saatavuus sadon muodostumisen kannalta optimaaliseksi ja torjumalla satoa uhkaavat kasvitaudit ja -tuholaiset. Tavoitteena

on mahdollisimman suuri ja hyvälaatuinen sato kulloinkin tuotantoon käytetyillä panoksilla.

Tavanomaisessa viljelyssä lannoituksessa käytetään pääasiassa teollisesti valmistettuja väkilannoitteita, joiden ravinteet ovat kasveille nopeasti käyttökelpoisessa muodossa. Viljeltävä kasvilaji, sadon määrä sekä peltomaan ravinnepitoisuus määrittävät käytettävien lannoitteiden määrän ja lannoitteen valmisteen. Suuren sadon mukana poistuu pellolta runsaasti ravinteita, ja lannoituksen yhtenä tavoitteena onkin **ylläpitää viljelymaan kasvukuntoa** palauttamalla sinne sadon mukana poistuneita ravinteita.

Viljelykasvien lannoitussuosituksot perustuvat vuosikymmenien aikana tehtyihin **peltokokeisiin**, joissa on selvitetty viljelykasvien satovasteita eri lannoitusmäärillä. Tärkein kasvien kasvua rajoittava pääravinne on typpi (N),

Korjattaessa 4 000 kg:n vehnäsato poistuu sadon mukana typpeä 84 kg ja fosforia 16 kg. Ravinteita poistuu sitä enemmän, mitä suurempi sato on.



Typpilannoituksen lisäämisen satoaste nurmisäilörehun tuotannossa. Sadon määrä lisääntyy tiettyyn typpilannoituksen lisäykseen saakka, tässä kokeessa noin 325 kg N/ha. Taloudellinen optimi riippuu lannoitteiden hinnasta ja on yleensä alhaisemmalla lannoitustasolla (harmaa ikkuna) kuin biologinen optimi.

joka lisää satoa kasvilajille ominaiseen rajaan saakka. Tämän typpilannoitustason ylittymisen jälkeen sato ei enää suurene. Väkilannoitteet ovat viljelijälle kustannuserä ja viljelyssä pyritään biologisen optimin sijasta taloudelliseen optimiin, joka tarkoittaa yleensä pienempää lannoitteiden käyttömäärää kuin millä saavutettaisiin suurin mahdollinen sato. Väkilannoitteiden hinta vaikuttaa taloudelliseen optimiin.

KASVINSUOJELUAINEIDEN KÄYTÖSSÄ VAADITAAN HYVIÄ VILJELYKÄYTÄNTEITÄ

Tavanomaisessa tuotannossa käytetään tarpeen mukaan **kasvinsuojeluaineita** torjumaan rikkakasveja sekä kasvitau-teja ja -tuholaisia. Kasvinsuojeluaineet

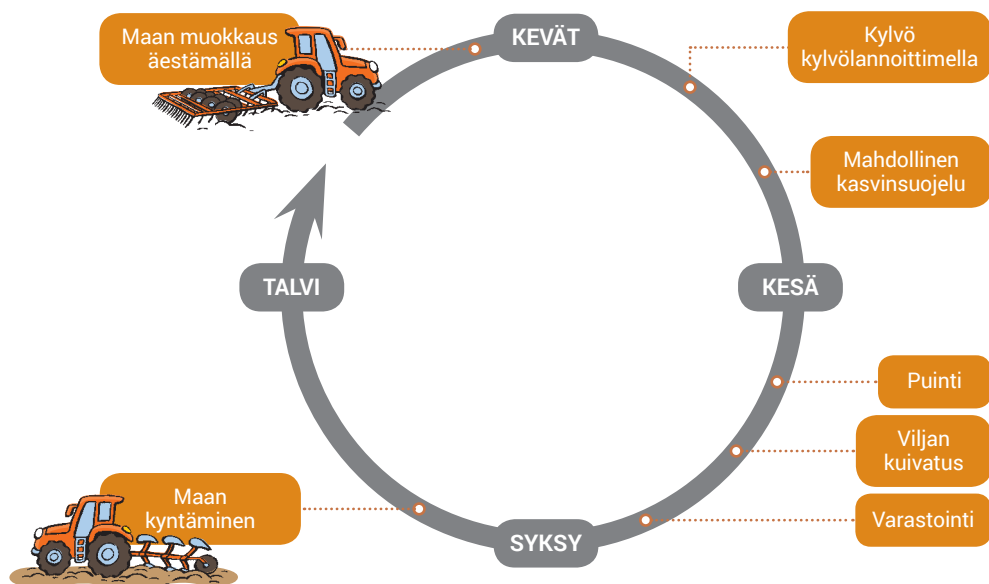
kuten lannoitteetkin ovat viljelijälle kustannuserä eikä niiden rutiininomainen käyttö ole taloudellista. Kasvinsuojeluaineiden käytölle on asetettu myös tiukat rajoitukset. Esimerkiksi Suomessa viljojen kasvua ei saa syksyllä lopettaa rikkakasvien torjunta-aineella, mutta Suomeen saa tuoda ulkomailta leipäviljaa, joka on käsitelty siten.

Kasvinsuojeluaineiden käytössä on huomioitava **hyvät viljelykäytännöt**, joiden toteutumisessa viljelijöiden koulutuksen merkitys on suuri. Kasvinsuojelun hyviin viljelykäytänteisiin kuuluvat muun muassa kasvinsuojelun kokonaisvaltainen ennakoiva suunnittelu viljelytekniisiä ja viljelyhygieenisii keinoja hyödyntäen (esimerkiksi kasvualustojen huolellinen valmistelu, siemenaineiston puhtauden varmistaminen).

minen) ja tarvittaessa kemiallisen torjunnan tarpeenmukaisuuden määrittäminen sekä toteuttaminen siten, ettei tehoaineille kestäviä rikkakasveja, tuholaisia tai taudinaiheuttajia pääsisi muodostumaan. Hyvät viljelykäytännöt ovat yleistyneet samalla tavalla kuin muunkin ymmärrys maataloustuotannon ympäristövaikutuksista. Pelloillamme esiintyy muutamalle yleisesti käytetylle torjunta-aineelle kestäviä rikkakasveja ja kasvitauteja. Näillä peltolohkoilla kyseisen torjunta-aineen käyttö on ollut toistuvaa ja takia riski kestävien rikkakasvien muodostumiselle on suuri.

AMMATTITÄIDOLLA SUUREMPIA SATOJA

Oikein ajoitettujen ja toteutettujen viljelytoimenpiteiden vaikutus sadon määrään on suuri. Vuosittain Suomessa järjestetään erilaisia kilpailuja, joissa tavoitellaan korkeinta mahdollista satoa. Kilpailun päätteeksi lasketaan myös tuotannon taloudellinen kannattavuus. Korkein Suomessa mitattu rapsisato vuonna 2016 oli 4 777 kg/ha, kun keskisato tavanomaisessa tuotannossa oli 1 530 kg/ha ja luomutuotannossa 750 kg/ha. Vertailun vuoksi



Yksivuotisen peltokasvin vuosi. Peltokasvien viljelyyn liittyvät työvaiheet on tehtävä huolella ja ajoitettava oikein, jotta suuri sato olisi mahdollinen.

Viljelykasvi	Tavanomainen tuotanto, sato kg/ha	Luomutuotanto, sato kg/ha
ohra	3 500	2 100
kevätvehnä	3 900	2 000
kaura	3 400	2 000
rapsi	1 800	730
peruna	25 000	10 000
sokerijuurikas	35 000	ei viljellä luomussa
härkäpapu	2 400	2 000
säilörehu	15 000	11 000

Eri viljelykasvien keskimääräinen sadon suuruus tavanomaisessa viljelyssä ja luomutuotannossa. Lähde: Luke 2016, Maataloustilastot.

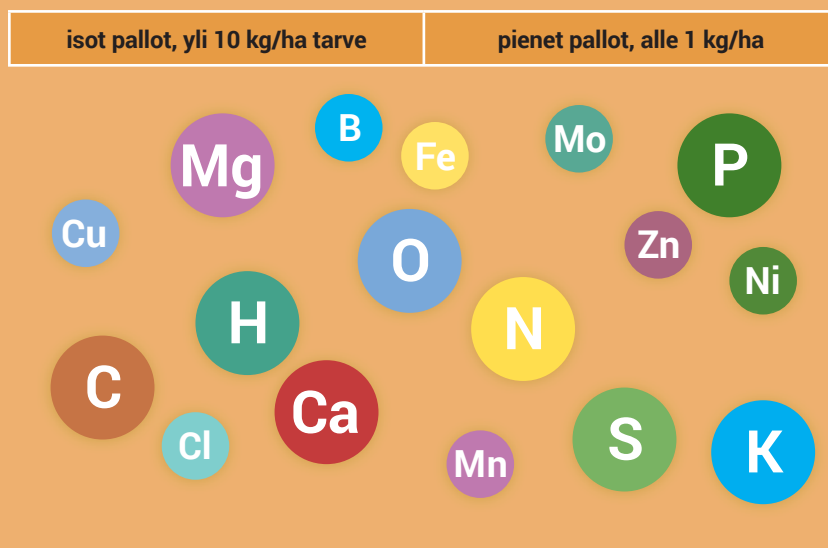
Isossa-Britanniassa ja Saksassa rapsin keskisato on noin 3 500 kg/ha. Sadon määrää tärkeämpi tekijä viljelijälle on tuotannon kannattavuus. Mikäli viljelyyn käytettyjen panosten hinta on korkeampi kuin sadosta saatava **myyntitulo** sekä siitä maksettava **maataloustuki**, ei korkean sadon tavoittelu ole taloudellisesti järkevää. Luomutuotannon alhaisempaa satoa kompensoidaan korkeammalla maataloustuella, joka mahdollistaa viljelijöiden erikoistumisen myös luomutuotantoon.

Ravinteiden saatavuuteen vaikuttaa **peltolohkon maalaji** ja sen **ravinnepitoisuus** sekä lannoitteissa lisättyjen **ravinteiden määrä ja kemiallinen**

muoto. Peltomaan sisältämien ravinteiden määrä selvitetään viljavuusanalyysillä 3–5 vuoden välein. Eri kasvilajien ravinteiden kokonaistarve ja oton tehokkuus vaihtelevat. Siksi lannoitus-suositukset on laadittu erikseen eri maalajeille ja maan multavuus- ja viljavuusluokille sekä eri viljelykasveille. Suosituksissa huomioidaan myös **satotavoite**, sillä pyrittäessä korkeampaan satoon lisääntyy myös ravinteiden tarve. **Lannoitustarve** liittyy myös viljeltävien lajikkeiden ominaisuuksiin. Lannoituksen avulla voidaan säädellä tuotteen laatua, mikä tulee esille esimerkiksi mallasohran valkuaispitoisuudessa, joka ei saa nousta liian korkeaksi, ettei mallastusprosessi vaarannu.

Kasvinravinteet, ravinteiden saatavuus ja ravinnetaseet

Kasvit tarvitsevat kasvuunsa ravinteita, joista kasvulle välttämättömiä on yhteensä 17 kpl. Näistä yhdeksän on niin kutsuttuja **makroravinteita**, joita kasvi tarvitsee yleensä yli 10 kg/ha. Makroravinteita ovat hiili, vety, happi, typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium ja rikki. Vaikka kasvintuotannossa päähuomio kiinnittyy makroravinteisiin, on kaikilla **mikroravinteilla** erityiset tehtävänsä kasvien kasvussa ja kehityksessä. Mikroravinteiden tarve on alle 1 kg/ha, ja niitä ovat kupari, sinkki, rauta, mangaani, boori, kloori, molybdeeni ja nikkeli.



Ravinteiden käytön tehokkuutta ja lannoituksen onnistumista tai ravinteiden huuhtoutumisriskiä voidaan arvioida peltotaseen avulla. Laskennassa huomioidaan sadon mukana poistuvien ravinteiden, yleensä typen ja fosforin, määrän suhde lannoituksessa lisättyihin ravinteiden määrään.

Viljelyn onnistuessa eli sadon määrän ollessa suuri, **peltotase** voi olla negatiivinen monien ravinteiden osalta eli kasvi on ottanut enemmän ravinteita kuin lannoituksessa on peltoon laitettu. Tällöin viljelyssä hyödynnetään maassa olevia ravinnevaroja. Mikäli negatiivinen ravinnetase jatkuu pitkään,

| Peltotase kertoo viljelyn onnistumisesta ja ravinteiden käytön tehokkuudesta.

voi maa köyhtyä ja menettää tuotantokykyään. Mikäli sato epäonnistuu kuivuuden, liiallisen kosteuden tai esimerkiksi kasvinsuojelun epäonnistumisen takia, voi peltotase jäädä positiiviseksi.

Peltotase voi olla positiivinen tuotantotavasta riippumatta. Tavanomaisessa viljelyssä liian korkea teollisten lannoitteiden käyttö tai luomutuotannossa runsas viherlannoitus ja/tai orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö voivat johtaa positiiviseen peltotaseeseen.

Luomutuotannossa hyödynnetään ekosysteemipalveluja

Noin 10 % suomalaisista maataloista tuottaa ruokaa luomutuotannon menetelmin, mutta kiinnostus sitä kohtaan on lisääntynyt jatkuvasti. Luomutuotanto on tarkkaan säädeltyä ja valvottua. Sen tavoitteena on tuottaa maataloustuotteita menetelmin, jotka maksimoivat ekosysteemipalvelujen

käytön. **Ekosysteemipalveluja** ovat luonnon ja toimintaympäristön resursseja **ylläpitävät palvelut**, kuten jatkuvasti muuttuva maaperäresurssi, ravinnevaranto tai fotosynteesi ja **säätelevät palvelut** eli esimerkiksi ravinteiden pidättymisen ja huuhtoutumisen säätely, veden ja ilman puhdistus sekä mikroilmaston säätely. Luomutuotannossa hyödynnetään näitä luonnon omia prosesseja eikä kemiallisten torjunta-aineiden tai teollisten lannoitteiden käyttö ole sallittua.

Viljelykierto ja eri viljelykasvien vuorotus samalla peltolohkolla peräkkäisinä vuosina suunnitellaan huolella. Viljelykiertoon kuuluu olennaisena osana yleensä kaksivuotinen viherkesanto, jossa kasvaa heinien ja apiloiden seos. Kasvustossa apila sitoo ilmakehän typpeä, joka on tämän jälkeen muiden kasvien hyödynnettävissä. Viherkesannolla on tärkeä merkitys myös rikkakasvien kasvun hillitsemisessä, sillä heinä-apilakasvusto kilpailee rikkakasvien kanssa ja hidastaa niiden li-

| Viherkesannossa kasvaa heinien ja apiloiden seos. Kasvusto murska-
taan kesän aikana kaksi kertaa, ja hajoavasta kasvimassasta vapautuu
ravinteita maahan.

Luomukotieläintuotanto

Kotieläintalous nivoutuu luontevasti osaksi luomutilaa, sillä luomutilan viljelykiertoon hyvin sopivat nurmipalkokasvit voidaan parhaiten hyödyntää nautojen ja lampaiden rehuna. Kotieläinten lanta puolestaan on arvokasta lannoitetta, joka korvaa teollisia mineraalilannoitteita. Luomukotieläintuotanto on luomukasvinviljelyn tapaan sertifioitua toimintaa, jossa luomutuotannon EU:n asetamien ja kansallisten sääntöjen noudattamista valvovat Eviran tarkastajat.

Vuonna 2016 2,4 % maidosta tuotettiin luomusäädösten mukaisesti. Vastavasti kananmunista 5 % ja lampaalihasta peräti 25 % oli luomua. Naudanlihan tuotannosta 3,4 % oli luomua, mutta sianlihasta vain 0,5 % ja siipikarjan lihasta 0,1 %. Luomusäätöjen mukaan luomukotieläinten rehujen on oltava luomutuotettuja. Märehtijöillä korostetaan luontaista nurmirehupohjaista ravintoa, minkä takia väkirehun käyttöä on rajoitettu. Rehujen tuotanto omalla tilalla tai tiiviissä yhteistyössä lähiseudun viljelijöiden kanssa on tärkeää. Näin ravinteet saadaan kiertämään paikallisesti mahdollisimman tehokkaasti.

Luomukotieläinten terveydenhoidossa painotetaan ennaltaehkäisyä ja hyvien tuotanto-olosuhteiden vaikutusta eläinten oman tautienvastustuskyvyn tukena. Eläimiä voidaan lääkittää, jos ne sairastuvat, mutta varoaika on kaksinkertainen tavanomaiseen tuotantoon verrattuna. Varoajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jolloin tuotteita ei saa käyttää elintarvikkeeksi lääkkeen antamisen jälkeen. Näin estetään lääkejäämien päätyminen elintarvikkeisiin. Jos varoaika utaretulehduksen hoitoon annetun antibioottikuurin jälkeen on tavanomaisessa tuotannossa 6 päivää, on se luomutuotannossa 12 päivää.

Luomusäätöjen mukaan kotieläintuotanto on yleensä kalliimpaa kuin tavanomaisessa tuotannossa. Myös eläinkohtaiset tuotantotulokset ovat keskimäärin pienempiä. Esimerkiksi tuotosseurantaan kuuluvien tavanomaisten lehmien maitotuotos oli vuonna 2016 noin 9 500 kg vuodessa, kun se luomulehmillä oli 1 000 kg vähemmän. Luomutuotteet ovatkin kaupassa kalliimpia kuin tavanomaiset tuotteet. Osa lisääntyneistä kustannuksista korvataan tuottajille luomukotieläintuotantoon kohdistuvilla tuilla.

sääntymistä kasvustossa. Viherkesan-
non jälkeen maan typpivarannot ovat
korkeimmillaan ja siksi viljelykierron
seuraavaksi viljelykasviksi valitaan
esimerkiksi vehnä, jonka typentarve
on korkea. Luomukierrossa on usein
mukana myös yksivuotisia typensito-
jakasveja kuten härkäpapua ja hernet-
tä, jotka soveltuvat hyvin niin ihmisten
kuin luomukotieläinten ravinnoksi.

KASVIRAVINTEET ORGAANISISTA LANNOITTEISTA

Luomussa saa käyttää **orgaanisia lan-
noitteita** kuten karjanlantaa, lihaluu-
jauhoa, erityisiä kierrätyslannoitteita
tai biokaasulaitosten sivutuotteena
syntynyttä ravinnerikasta jäännöstä.
Orgaanisten lannoitteiden haasteena
on niiden ravinnepitoisuus ja alhainen
typen ja fosforin suhde, joka ei ole
kasvin kasvun kannalta optimaalinen.
Lisäksi orgaanisten lannoitteiden si-
sältämät ravinteet ovat sitoutuneet
orgaanisiin yhdisteisiin, joiden va-

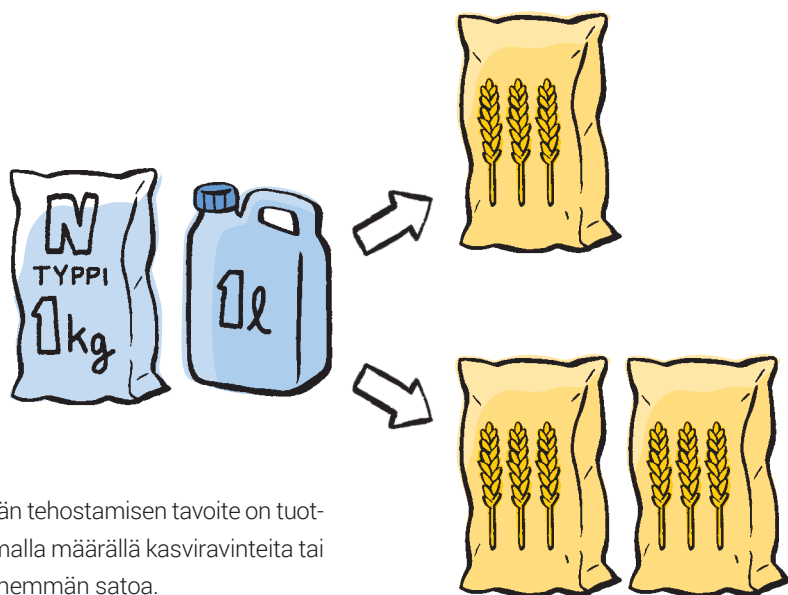
pautuminen kasveille käyttökelpoiseen
muotoon vaatii massan mikrobiologis-
ta hajoamista maassa eli ravinteet eivät
ole heti kasvin hyödynnettävissä.

Typen puute hidastaakin yleisesti kas-
vua ja pienentää satoja luomussa. Jotta
luomutuotanto olisi viljelijöille kilpai-
lukykyinen ja taloudellisesti kannat-
tava vaihtoehto, on sille maksettava
maataloustuki korkeampaa kuin tavan-
omaiselle viljelylle. Myös luomutuot-
teiden hinta on korkeampi. Alkuvuo-
sina luomutilojen koko oli verrattain
pieni, mutta nykyään ammattimaiset
luomutilat ovat yhtä suuria kuin suo-
malaiset tilat keskimäärin.

Integroitu tuotanto ja kestävä tehostaminen tulevaisuudessa tärkeimpiä tuotantomuotoja?

Kestävän tehostamisen ajatusmalli
yleistyi 2000-luvun lopulla korjaus-
liikkeenä kemiallis-tekнологisen vilje-
lyn aiheuttamille ongelmille. Kestävän

Integroitu tuotanto on tavanomaisen ja luomutuotannon välimuoto.
Integroitua tuotantoa kehitettiin Suomessa luomutuotannon rinnalla jo
1990-luvulla, jolloin erilaisia IP-merkittyjä (Integrated Production) tuotteita,
kuten siipikarjanlihaa, oli myynnissä kaupoissa. Integroidussa tuotannos-
sa tavoitteena on vähentää ruoantuotannon aiheuttamia ympäristövaiku-
tuksia tehokkuudesta juurikaan tinkimättä.



Kestävän tehostamisen tavoite on tuottaa samalla määrällä kasviravinteita tai vettä enemmän satoa.

KESTÄVÄ TEHOSTAMINEN

tehostamisen tavoite on osittain sama kuin vihreässä vallankumouksessa eli tavoitellaan mahdollisimman korkeaa satoa pinta-alayksikköä kohti. Korkea satotavoite perustellaan tarpeella ruokkia yhä kasvava väestömäärä maapalloomme. Koska käytettävissä olevien resurssien määrä vähenee, tulee tuotannon olla samalla kestävä ja korkea satotaso pyritään saavuttamaan mahdollisimman **resurssitehokkaasti**, eli tuottamaan mahdollisimman paljon satoa yhtä typpikiloa tai vesilitraa kohden.

Globaalisti pohditaan myös, millä alueilla maataloustuotantoa tulisi kehittää **ekstensiivisempään** eli laajaperäiseen vähemmän resursseja käyttävään eli matalan panoskäytön (low-input) tuotantoon ja millä alueilla tuotannon olisi oltava jatkossa **intensiivisempää** eli tehokkaampaa pinta-alayksikköä kohden, jotta väestön ruokaturva varmistetaan. Historiasta opittuna on selvää, ettei sama menettelytapa sovi kaikkialle maailmaan vaan maataloustuotantoa on kehitettävä paikallisista tarpeista käsin.

Kasvintuotanto	Tavanomainen tuotanto	Luomutuotanto	Integroitu tuotanto ja kestävä tehostaminen
Tavoite sadon määrässä	Korkein mahdollinen sato, haetaan taloudellista optimia	Luomurajoitusten puitteissa korkein mahdollinen sato	Korkea sato pienimmillä mahdollisilla resursseilla
Tavoite sadon laadussa	Sadon virheetön ulkoasu, hyvä prosessointilaatu käyttökohteen mukaan	Luonnonmukaisuus asettaa omat tavoitteensa sadon laadulle	Mahdollisimman virheetön laatu, myös korkea ravitsemuksellinen laatu
Lannoitus	Väkilannoitteiden ja karjalannan käyttö	Biologinen typensidonta, ravinteiden kierrätys	Väkilannoitteiden tarkentunut/vähentynyt käyttö, biologinen typensidonta, ravinteiden kierrätys
Kasvinsuojelu	Kemiallinen kasvinsuojelu tarvittaessa	Biologis-tekniinen kasvinsuojelu – ei kemiallisia kasvinsuojeluaineita	Ennakoiva biologis-tekniinen kasvinsuojelu jonka apuna käytetään tarvittaessa kemiallista kasvinsuojelua
Viljelyn suunnittelu	Palkokasvien viljely vähäisempää, viljelykierrot yleensä yksipuolisempia	Kasvinvuorotus, runsaasti palkokasveja viljelyssä. Monipuolinen lajivalikoima	Hyödynnetään kasvinvuorotusta ja palkokasveja
Viljelyssä käytetty energia	Eryityisesti tarvittavan väkilannoitetyypin tuottaminen kuluttaa energiaa	Suurempi traktorityön tarve vaikuttavat tuotettua yksikköä kohti kuluneeseen energian määrään	Energiantarpeen erityispiirteet tavanomaisen ja luomutuotannon välissä

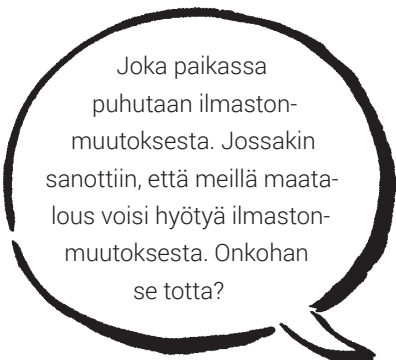
Apilan juurista tulisi löytää typensidontaan erikoistuneita juurinystryöitä. Tällöin ilmakehän typpeä sidotaan kasviin typpiyhdisteinä. Mikäli peltomaassa on paljon typpeä, ei apilan juuriin muodostu juurinystryöitä vaan apilakin hyödyntää maan typpivarjoja typensidonnan sijaan.

Tehtävä: Mikä on paras tuotantotapa?

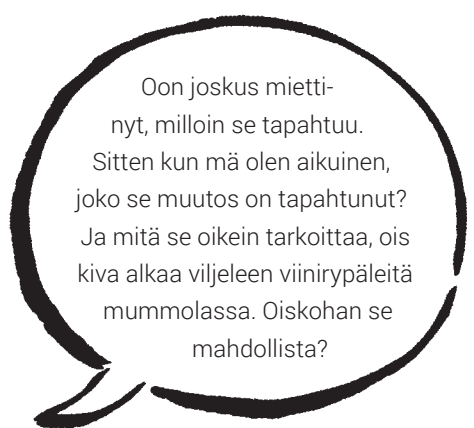
Monilla meistä on vahvoja mielipiteitä ruoasta ja sen tuotannosta. Ruoka koskettaa kaikkia. Haluamme terveellistä ja turvallista ruokaa, hätkähdämme ruokaskandaaleja maailmalla, olemme huolissamme ympäristön tilasta ja tuotantoeläinten hyvinvoinnista. Tänä päivänä netistä on helppoa löytää omaa näkökulmaa tukevaa tietoa. Jopa tutkijoiden kirjoittamista tieteellisistä artikkeleista voi valikoida luettavakseen vain ne, joiden näkökulma ruoantuotantoon miellyttää tai tutkimuksen lopputulos on lukijan mielestä oikea. Vielä emme ole kokeneet ruoantuotantoon liittyvää järjestelmällistä valeinformaatioisotaa, mutta kuluttajien mielipiteisiin vaikuttaminen on yleistä.

Valitkaa kasvinviljelyyn tai kotieläintuotantoon liittyvä kysymys ja jakautukaa kahteen ryhmään. Etsikää ryhmässä kysymykseen liittyvää tietoa joko tavanomaisen tuotantotavan tai luomutuotannon näkökulmasta. Vertailkaa lopuksi tietoja keskenänne. Missä asioissa näkemykset erosivat eniten tuotantotapojen välillä ja mitkä tekijät olivat molemmille tuotantotavoille erityisen tärkeitä?





Joka paikassa
puhutaan ilmaston-
muutoksesta. Jossakin
sanottiin, että meillä maata-
lous voisi hyötyä ilmaston-
muutoksesta. Onkohan
se totta?



Oon joskus mietti-
nyt, milloin se tapahtuu.
Sitten kun mä olen aikuinen,
joko se muutos on tapahtunut?
Ja mitä se oikein tarkoittaa, ois
kiva alkaa viljeleä viinirypäleitä
mummolassa. Oiskohan se
mahdollista?

2.4 Ilmastonmuutos vaikuttaa jo nyt peltokasvien tuotantoon

Ruokaturvan merkitys on ihmiskunnalle ollut aina suuri. Pitkäaikainen sääaineisto ajalta 1400–1900 eKr. on osoittanut, että levottomuuksien ja sotien esiintyminen on lisääntynyt ajanjaksoina, jolloin säässä on esiintynyt runsaasti vaihtelua. Siten myös ennustetulla ilmastonmuutoksella odotetaan olevan suuria vaikutuksia myös turvallisuuden näkökulmasta. Ilmastonmuutoksen aikaansaamia haasteita lisää samaan aikaan tapahtuva muu kehitys kuten maapallon väestönkasvu, kulutustottumusten muutos ja kaupungistuminen. Lisääntyvän väestön ravinnonsaannin turvaaminen vaatii maataloustieteilijöiltä **uutta vihreää vallankumousta**, joka toteutetaan

resurssitehokkaasti, kiertotalouden ja kestäväen tehostamisen periaattein sekä kehittämällä uusia tapoja tuottaa ruokaa esimerkiksi kasvattamalla hyönteisiä tai viljelemällä leviä.

Oman haasteensa tuo väestörikkaiden maiden kuten Kiinan keskiluokan vaurastuminen ja kulutustottumusten muutokset eläintuotteiden määrän lisääntyessä ruokavaliossa. Muutosten seurauksena viljantuotantoon vaadittavan pinta-alan on ennustettu kasvavan maapallolla jopa 50 % vuosien 2000–2030 välisenä aikana. Kaupungistuminen myös muuttaa kuluttajien ruokatottumuksia ja lisää globaalia maataloustuotannosta riippuvaisen

väestön osuutta. Samalla kun **sadon määrä ja tuotannon vakaus** uhkaavat ilmastonmuutoksen myötä alentua, lisääntyy ruoantuotannon tarve.

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan elämäämme monella tapaa. Vaikka maatalous on nykyään modernia ja teknologiavaltaista, on ruoantuotanto silti hyvin altis ilmastossa tapahtuville muutoksille. Sopeutuminen vaatii aikaa, ja siksi on tärkeää tietää, kuinka nopeasti keskilämpötila nousee tai kuinka nopeasti sademäärät muuttuvat tärkeillä viljelyalueilla. Kuinka kauan meillä on aikaa kehittää esimerkiksi vettä säästäviä viljelytekniikoita tai

jalostaa kuivuutta paremmin kestäviä kasvilajikkeita?

Kansainvälinen hallitusten välinen **ilmastonmuutospaneeli** (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) tekee ennusteita maapallon keskilämpötiloissa, sademäärissä ja sateiden ajoittumisessa tapahtuvista muutoksista ja niiden vaikutuksista maataloustuotantoon. Monien tärkeiden tuotantoalueiden sääolot muuttuvat ratkaisevasti ja viljelyn epäonnistumisen riskit kasvavat. Ääriolojen kuten pitkäkestoisen ja vakavan kuivuuden tai helteiden, tulvien ja myrskyjen ennustetaan lisääntyvän





tulevaisuudessa. Myös kasvitautien ja tuholaiten aiheuttamat ongelmat lisääntyvät alueilla, joissa niiden elinolot ja lisääntymismahdollisuudet parantuvat. Erityisesti kasteluun jo nyt perustuva maataloustuotanto tulee kärsimään yhä enemmän kuivuudesta ja kastelussa tarvittavien vesivarojen niukkuudesta. Euroopassa Välimeren maiden maatalouden ennustetaan kärsivän lisääntyvästä kuivuudesta ja keskilämpötilojen noususta merkittävästi. Samoin monet tärkeät maailman viljantuotantoalueet sijaitsevat alueilla, joilla sade- tai kasteluveden määrä on tuotannon epävarmuutta lisäävä tekijä. Pohjoisilla viljelyalueilla ko-

honnut keskilämpötila ja pidentynyt kasvukausi voivat parantaa monien viljelykasvien viljelymahdollisuuksia, sillä meillä vesivarat eivät ole tuotantoa rajoittava tekijä.

Maataloustuotannon sopeutuminen ilmastomuutokseen

Suomalaisen maatalouden ennustetaan kohtaavan tulevaisuudessa merkittäviä haasteita, mutta myös hyötyjä. **Hyötyjä** tuovat mukanaan **pidentynyt kasvukausi** ja **leudontuneet talvet**, jotka mahdollistavat satoisampien lajien ja lajikkeiden viljelyn. Jo nyt piden-

Kansainvälinen maatalouskauppa on vilkasta ja valtavia määriä maataloustuotteita tuodaan ja viedään maasta toiseen. Siksi tuotannossa esiintyvien ongelmien vaikutus ulottuu laajalle. Maailman viljasadosta noin 15 % on kansainvälisen kaupankäynnin kohteena ja sadon epäonnistuminen merkittäväillä päätuotantoalueilla vaikuttaa viljan hintaan ja saatavuuteen ympäri maailmaa.

Kuluttajien mieltymykset vaikuttavat siihen, mitä lajikkeita esimerkiksi kahvin tuotannossa viljellään. Kun valtalajike arabica osoittautuu alttiiksi uusille kasvitaudeille tai kun sääolot tärkeillä tuotantoalueilla muuttuvat epäedullisiksi kahvinviljelylle, on merkittävä osa maailman kahvintuotannosta vaarassa tuhoutua. Vaikka kuluttajat ehkä tottuisivat uusien taudinkestävien kahvipensaiden papujen makuun, aiheuttaa kahvinviljelyn siirtyminen vanhoilta tuotantoalueilta uusille mittavia kansantaloudellisia ja sosiaalisia ongelmia. Ilmastonmuutokseen pyritään sopeutumaan kehittämällä vettä säästäviä ja kasvitautien leviämistä hidastavia viljelytekniikoita sekä jalostamalla kestävämpiä lajikkeita.

tyneen kasvukauden vaikutukset voidaan nähdä pellonkäytössä. Pidemmän kasvuajan vaativien lajien kuten rapsin ja kevätvehnän viljely on yleistynyt ja siirtynyt pohjoisemmaksi.

Haitat liittyvät erityisesti sään **ääri-ilmiöiden** sekä **kasvitautien ja -tuholaisten** määrän lisääntymiseen. Kuivuusjaksojen ja tulvien ennustetaan lisääntyvän merkittävästi. Sopeutumiskeinoja ovat peltojen vesitalouden hallinta ja tehokkaiden kastelu- ja kuivatusjärjestelmien rakentaminen. Järjestelmät ovat kalliita, mutta voivat ääri-ilmiöiden yleistyessä muuttua kannattaviksi tai jopa välttämättömiksi investoinneiksi.

Talvien leudontuminen parantaa syysviljojen ja -öljykasvien menestymistä Suomessa – ainakin periaatteessa. Myös talvella sääolojen vaihtelu lisääntyy. Tasaisen pakkaslämpötilan sijaan kasvit voivat kokea talven aikana useita syklejä, joissa jäätyminen ja sulaminen vuorottelevat. Lämpötilavaihtelut vaikeuttavat erityisesti mo-

Ilmastonmuutos lisää rankkasateiden ja muiden sään ääri-ilmiöiden esiintymistä. Tulevaisuudessa onkin kiinnitettävä enemmän huomiota peltojen vesitalouteen eli yhtäältä peltojen toimivaan kuivatukseen ja toisaalta kasteluveden varastointiin ja tarvittaessa kasteluun.

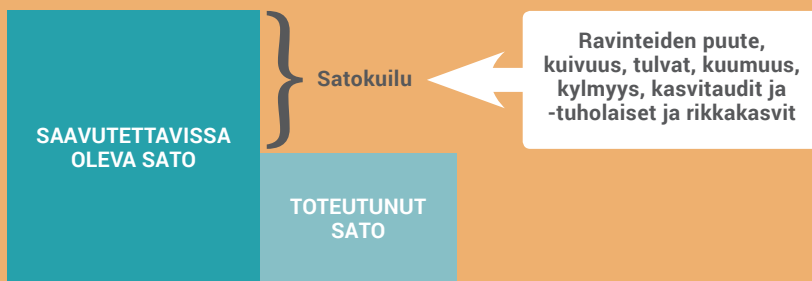


nivuotisten puutarhakasvien talvehtimista. Leutojen talvien yleistyminen on viljelyn ympäristövaikutusten kannalta erittäin haasteellista. Sateet ja sulamisvedet aiheuttavat pelloilta nykyistä useampia valuntahuippuja, joiden seurauksena ravinteiden huuhtoutumisriski lisääntyy. Tämä vaatii uusien kuormitusta hillitsevien keinojen kehittämistä.

Keväällä esiintyvät lämpöjaksot voivat aktivoida kasvun liian aikaisin ja kasvuun lähteneet silmut tai versot tuhoutuvat kevään yöpakkasilla.

Myös lumikerros ohenee ja talvehtivat kasvit altistuvat jopa ankarammille pakkaslämpötiloille kuin runsaslumisina talvina. Lisääntyneet vesisateet syksyllä ja talvella aiheuttavat tulvia ja jään muodostumista pellon pinnalle ja kasvit kärsivät hapen puutteesta. Kaiken kaikkiaan talvien leudontumisen ennustetaan kuitenkin lisäävän useiden viljelykasvien satoa Suomessa. Sääolot vaihtelevat talvien välillä, mutta yhä useampi talvi voi olla otollinen satoisampien lajien ja lajikkeiden viljelylle.





Satokuilulla tarkoitetaan viljelykasvien maksimaalisen sadontuottokyvyn ja parhaiden viljelytoimien kautta saavutettavissa olevan sadon määrän ja toteutuneen sadon määrän eroa. Satokuilu on kasvanut viime vuosina ja sen ennustetaan kasvavan lisää ilmastonmuutoksen myötä. Viljelijälle tämä tarkoittaa tuotantoon liittyvien riskien kasvamista.

Kasvitautilien ja -tuholaisien aiheuttamat riskit sadon menetykselle kasvavat. Samanaikaisesti haastetta lisää useiden kasvinsuojeluaineiden käyttöön asetetut rajoitukset ja kiellot sekä se, että vaihtoehtoisten viljelytekniikoiden kehittäminen on vielä suurelta osin kesken.

Maatalouden ilmastokestävyyttä voidaan lisätä varautumalla tuleviin haasteisiin mahdollisimman hyvin. Monia ongelmia lieventää **viljelyn monipuolisuuden lisääminen**. Monipuolisuuteen päästään lisäämällä viljeltävien kasvilajien määrää, suunnittelemalla viljeltävien kasvilajien vuorotus pellolla tarkkaan ja tuntemalla eri kasvilajien ja niistä jalostettujen lajikkeiden kasvitautilien- ja tuholaiskestävyys sekä talvehtivien lajien talvenkestävyys.

Ilmastoystävällisten viljelytekniikoiden kehittäminen

Ruoantuotanto ja kaikki ihmisen toiminta maapallollamme jättävät jäljen. Tarvitsemme ruokaa päivittäin, ja meidän tulisi oppia tuottamaan

sitä **ilmastoviisaasti** (climate smart agriculture). Ruoantuotannon kestävyteen liittyvät niin **ekologinen, taloudellinen** kuin **sosiaalinenkin** kestävyys. Toimiva ratkaisu, joka varmistaa ihmisten ruokaturvan kaikkialla maailmassa, on **kompromissi**

Ilmastoviisas maatalous (Climate smart agriculture)

Jos pyrimme ainoastaan minimoimaan ruoantuotannon ympäristövaikutukset, olemme pian tilanteessa, jossa maataloustuotanto ei ole kannattavaa ja viljelijät joutuvat luopumaan yrityksistään. Taloudellinen kestävyys on tärkeää, jotta yrityksen toiminnan jatkuvuus on mahdollista. Kehitys kohti ilmastoviisasta maataloutta eteneekin usein hitaammin kuin haluaisimme.

Miten maataloustuotantoa kehitetään ilmastoystävällisempään suuntaan? Kyse on esimerkiksi viljelytekniikoiden kehittämisestä siten, että tuotannon aiheuttamien suorien kasvihuonekaasupäästöjen määrä tuotettua ruokamäärää kohden pienenee. Alla kuvataan prosessi siitä, kuinka ymmärrys dityppioksidin merkityksestä kasvihuonekaasuna on johtanut viljelytoimien muokkaamiseen.

Mikä aiheuttaa ilmaston lämpenemisen? Ilmastotutkijat tunnistavat tärkeimmät kasvihuonekaasut, jotka vaikuttavat merkittävästi ilmakehän lämpenemiseen ja kasvihuoneilmiöön. Näitä kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), dityppioksidi (N_2O), otsoni (O_3) ja kloriini-fluoriini-hiili -kaasut (CFC-kaasut). Dityppioksidilla on lähes 298 ja metaanilla lähes 25-kertainen ilmastomuutospotentiali verrattuna hiilidioksidiin. Dityppioksidi on hyvin voimakas kasvihuonekaasu ja sen päästöjä tulisivatkin vähentää.



Mikä on maatalouden osuus ilmaston lämpenemisessä? Maatalous aiheuttaa maailman kasvihuonekaasupäästöistä 10–12 %. Maatalouden vaikutus maailman kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistalkoissa suhteutuu sen osuuteen päästöjen lähteenä. Maapallon dityppioksidi- ja metaanipäästöistä reilu puolet on maataloudesta peräisin ja siksi maatalouden aiheuttamien päästöjen vähentämisessä nimenomaan näiden kasvihuonekaasujen osalta kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Vaikka kaikki pelloilla tapahtuva ruoantuotanto lopetettaisiin dityppioksidi-päästöjen vähentämiseksi, vapautuisi sitä maaperästä myös ilman ihmisen toimintaa.



Milloin maataloudessa muodostuu dityppioksidipäästöjä? Niitä syntyy typpilannoituksen ja symbioottinen typensidonnan yhteydessä. Epäorgaanisia väkilannoitteita käytettäessä dityppioksidia muodostuu lyhytkestoisena piikkinä, orgaanisia kierrätyslannoitteita ja lantaa käytettäessä päästöt ovat pitkäkestoisemmat. Epäorgaanisten ja orgaanisten typpilannoitteiden aiheuttamat dityppioksidipäästöt ovat samaa suuruusluokkaa. On arveltu, että symbioottinen typensidonta aiheuttaa vähemmän päästöjä kuin typpilannoitus.



Miten maatalouden dityppioksidipäästöjä voidaan vähentää? Dityppioksidipäästöjä muodostuu erityisesti levitettäessä epäorgaanisia tai orgaanisia lannoitteita kosteaan ja kylmään maahan Pohjoisilla alueilla dityppioksidien muodostumispiikki maasta syntyy lisäksi talvikauden aikana. Laskennallisesti lannasta vapautuvan dityppioksidin määrä on pieni verrattuna maasta tuleviin päästöihin. Typpilannoituksen määrällä on suora yhteys päästöjen suuruuteen ja siksi ensimmäinen keino on tarkentaa typpilannoituksen määrää, levitystapaa ja lannoituksen ajoitusta. Viljelykasvien typenkäytön tehokkuutta eli biomassan määrää, jonka kasvi tuottaa yhtä lannoitetyppikiloa kohden, pyritään edelleen lisäämään.



Mitä ovat käytännön toimenpiteet dityppioksidipäästöjen vähentämiseksi? Hyödynnetään tutkimustietoa dityppioksidipäästöjen muodostumisesta ja kehitetään eri viljelykasvien viljelytekniikoita siten, että päästöjen määrä vähenee. Taivaan tuuliin kadonnut typpi on kallis tuotantopanoks viljelijälle ja siksi päästöjen hallitseminen on sekä viljelijän että ympäristön etu. Viljelijä haluaa parantaa typenkäytön hyötysuhdetta ja lainsäädäntö voi tukea toimia. Esimerkiksi karjanlannan levitys talviaikana on ollut kiellettyä jo pitkään.

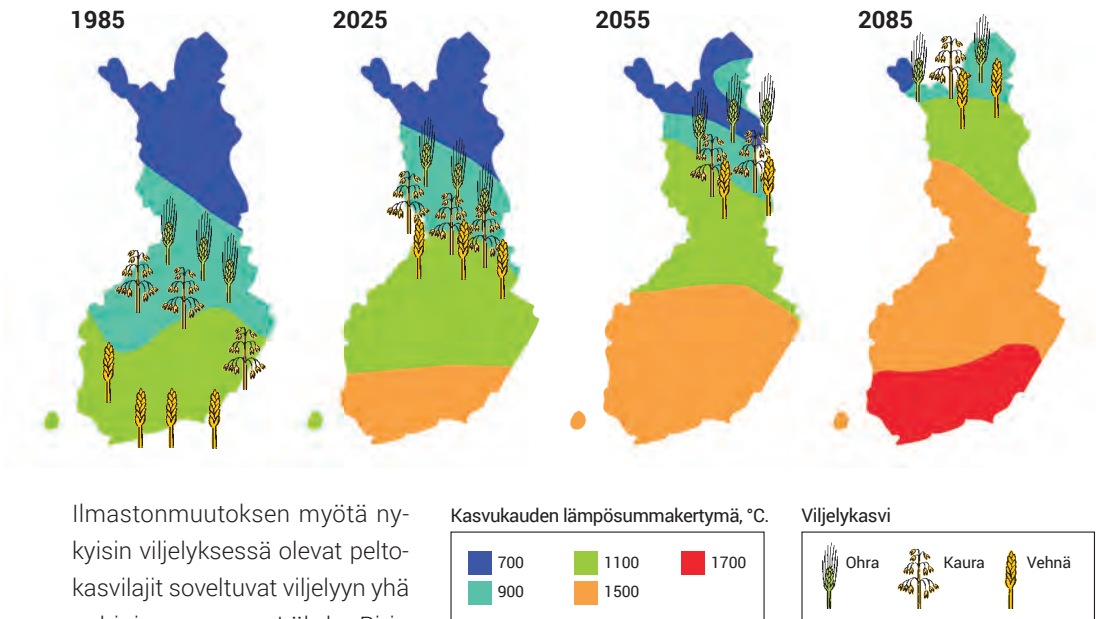
näiden kestävyystavoitteiden välillä. Se, mikä toimii hyvin Saksassa tai Keniassa, ei välttämättä ole paras ratkaisu Suomessa.

Mitä uusia viljelykasveja ilmastonmuutos tuo meille tullessaan?

Ilmastonmuutoksen ennustetaan pidentävän Suomessa kasvukautta ja leudontavan talvia. Ilmastonmuutos ei kuitenkaan vaikuta päivänpituuteen,

joka meillä on kesällä huomattavan pitkä. Siten uusien viljelykasvilajien ja lajikkeiden on sopeuduttava pitkään päivään. Erityisesti kukinta ja sen seurauksena sadonmuodostus ovat herkkiä päivänpituudelle. Maissin kasvu ja sokereiden kertyminen kehittyvään tähkään vaativat riittävän lyhyen päivänpituuden ja siksi rehumaissin tähkien kasvu on kiivainta loppukesällä päivänpituuden lyhetessä.

Ilmastonmuutos vaikuttaa erityisesti nykyisten kasvilajien **viljelyn laajuus-**



Ilmastonmuutoksen myötä nykyisin viljelyksessä olevat peltokasvilajit soveltuvat viljelyyn yhä pohjoisemmassa. Lähde: Pirjo Peltonen-Sainio, Luke.

teen. Ilmaston lämpeneminen mahdollistaa esimerkiksi vehnän, öljykasvien, härkäpavun, herneen tai lupiinin viljelyn pohjoisempaan. Myös rehmaissin viljelymahdollisuudet paranevat, mutta ennusteiden mukaan siemensatona korjattavan maissin viljely ei olisi mahdollista nykyisillä lajikkeilla. Kaikilla viljelykasveilla pidentynyt kasvukausi mahdollistaa satoisampien lajikkeiden käytön ja siten ilmastonmuutos vaikuttaa merkittävästi käytössä olevaan lajikevalikoimaan.

Monien syyskylvöisten kasvien viljelyn mahdollisuudet paranevat leudontuvien talvien myötä. Syysvehnän ja -rukiin kuten myös syysöljykasvien viljely laajenee sekä uusien tulokkaiden kuten syysohnan ja -kauran viljely mahdollistuu. Sinimailanen ja englanninraiheinä yleistyvät nurmiseoksissa. Soija on lyhyen päivän kasvilaji, mutta siitä löytyy muutamia lajikkeita, jotka viihtyvät pitkässä päivässä. Tulevaisuudessa soijan viljelymahdollisuudet paranevat, mutta valkuaissadoissa se tuskin pystyy kilpailemaan härkäpavun ja herneen kanssa.

Avomaalla kasvatettavien vihannesten, marjojen ja hedelmien tuotantomahdollisuudet paranevat ja tuotannon arvellaan laajenevan kohti

pohjoista. Omenanviljelyn arvellaan laajenevan, samoin ammattimainen päärynän- ja luumuntuotanto voi yleistyä. Myös viiniköynnöksen viljely voi lisääntyä. Haasteena pitkäikäisten hedelmäpuiden osalta ovat kuitenkin yksittäiset erittäin kylmät talvet, jotka voivat tuhota puut.

Vihannestuotannossa voidaan hyödyntää uusia satoisampia lajikkeita ja viljellä pitkän kasvuajan vaativia lajeja, kuten purjoa. Monien vihannesten ja marjojen viljelymahdollisuudet voivat ratkaisevasti parantua ja ammattimainen viljely lisääntyä. Samoin uusia lajeja voi tulla avomaalla viljelyyn. Näistä esimerkkinä voisi olla vesimeloni, jonka viljelyn onnistuminen on vielä tällä hetkellä erittäin epävarmaa. Monien uusien puutarhakasvien viljelyä kokeillaan harrastepuutarhoissa, emmekä voi tänä päivänä vielä tietää, mitkä niistä yleistyvät ammattimaiseen viljelyyn.

Ilmaston antamien mahdollisuuksien ja rajoitusten lisäksi tulee muistaa, että pelto- ja puutarhakasvien viljelyn laajuuteen ja lajivalikoimaan vaikuttavat ratkaisevasti kuluttajien mieltymykset sekä uusien käyttömuotojen kehittyminen tutkimuksen ja tuotekehityksen seurauksena.