

Ympäristömyönteinen bioteknologia



Ympäristömyönteinen bioteknologia

Biotekniikan neuvottelukunnan julkaisuja 1 (2009). Alkuperäiset artikkelit on julkaistu Maaseudun Tulevaisuuden yliöpalstalla helmi-marraskuussa 2009.

Kirjoittajat ovat biotekniikan neuvottelukunnan (BTNK) jäseniä:

Jyrki Pitkäjärvi, ylitarkastaja, ympäristöministeriö (vpj)

Kristina Lindström, yliopistonlehtori, Helsingin yliopisto

Karoliina Niemi, erikoistutkija, Metsäntutkimuslaitos (siht.)

Elina Oksanen, professori, Joensuun yliopisto

Kimmo Pitkänen, tutkimuskoordinaattori, Suomen molekyyliiläätieteen instituutti FIMM (pj)

Niklas von Weymarn, teknologiapäällikkö, Valtion teknillinen tutkimuskeskus

Editointi: Karoliina Niemi, erikoistutkija, Metsäntutkimuslaitos (BTNK, siht.)

Julkaisua saa kopioida ja levittää esimerkiksi opetus- ja muissa vastaavissa ei-kaupallisissa tarkoituksissa. Tällöin on kuitenkin mainittava lähde. Suositeltava lähdemerkintä on "Biotekniikan neuvottelukunnan julkaisuja 1 (2009): Ympäristömyönteinen bioteknologia. 2009, Helsinki."

Julkaisu on saatavissa sähköisesti osoitteessa <http://www.btnk.fi> ja tilattavissa painettuna biotekniikan neuvottelukunnan sihteeriltä.

Biotekniikan neuvottelukunta (BTNK) on valtioneuvoston asettama neuvoa-antava asiantuntijaelin bio- ja geenitekniikkaan liittyvissä kysymyksissä

Kannen kuva: TEKES kuvapankki ja Riku Lumiaro, YHA kuvapankki

ISBN 978-952-00-2915-9 (nid.)

ISBN 978-952-00-2916-6 (PDF)

ISSN-L 1798-6486

ISSN 1798-6486 (nid.)

ISSN 1798-6494 (verkkójulkaisu)

Taitto ja paino: Edita Prima Oy, Helsinki 2009

Lukijalle

Ympäristömyönteinen bioteknologia -julkaisu on syntynyt biotekniikan neuvottelukunnan biodiversiteetti-työryhmän ideoimasta ja toteuttamasta yliöartikkelisarjasta Maaseudun Tulevaisuus -lehteen. Työryhmän jäsenet valottavat artikkeleissa maa- ja metsätalouteen, kestävään tuotantoon ja ympäristönsuojeluun liittyvän bioteknologian moninaisia ulottuvuuksia ja mahdollisuuksia. Bioteknologia ymmärretään tässä yhteydessä laajassa merkityksessä perinteisistä tuotantomenetelmistä nykyaikaisiin molekyylibiologiisiin tekniikoihin asti. Kuusiosaisen artikkelisarjan osat käsittelevät biodiversiteettiä, uusiutuvan energian tuotantoa, metsien käyttöä, ilmastomuutosta, kehitysmaita sekä lopuksi Suomen vahvuuksia.

Toivomme, että lukija saa artikkeleista hyvän kokonaiskuvan bioteknologian nykytilanteesta ja tulevaisuuden näkymistä. Olemme tuoneet artikkeleissa esille uusia ja mielenkiintoisia esimerkkejä bioteknologian kasvavasta panoksesta ajankohtaisen ympäristö- ja taloushaasteiden ratkaisemiseksi. Maailma on siirtymässä kohti biotaloutta, jota leimaa tarvelähtöinen, elinkaarianalyysiin tukeutuva tuotanto ja vastuullinen kulutus suhteutettuna ympäristön kestävään käyttöön. Bioteknologioilla tulee olemaan tässä kehityskulussa merkittävä rooli.

Biotekniikan neuvottelukunta on valtioneuvoston asettama neuvoa-antava asiantuntijaelin bio- ja geenitekniikkaan liittyvissä kysymyksissä. Neuvottelukunnan tehtävänä on muun muassa edistää yhteistyötä biotekniikan eri toimijoiden kesken sekä järjestää alan ajankohtaista, monipuolista ja puolueetonta tiedotusta ja aktivoida julkista keskustelua. Lisätietoa neuvottelukunnan tehtävistä, kokoonpanosta ja toiminnasta on saatavilla internet-sivuiltamme osoitteessa www.btnk.fi.

Alkuperäiset artikkelit on julkaistu Maaseudun Tulevaisuuden yliöpalstalla helmimarraskuussa 2009 ja ne julkaistaan nyt käsillä olevana koosteena lehden suostumuksella. Biotekniikan neuvottelukunta haluaa kiittää lehteä artikkelisarjan julkaisemisesta ja hyvästä yhteistyöstä työn kuluessa.

Kasvibioteknologiasta tukea luonnon monimuotoisuuden suojeluun

Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti köyhtyy maailmanlaajuisesti tavatonta vauhtia etenkin elinympäristöjen katoamisen, luonnon ylihyödyntämisen ja vieraslajien vuoksi. Liian vähäisen painoarvon saaneen ongelman kimppeun on



Jouko Lehmuskallio, YHA Kuvaopankki

käytävä entistä tarmokkaammin niin maa-, metsä- kuin merialueillakin. Ilmastonmuutos tuo mukanaan arvaamattomiakin lisärasitteita ympäristölle.

Suomessa monimuotoisuuden hupenemista vastaan toimitaan ”Luonnon puolesta ihmisen hyväksi 2006-2016” strategiaan ja toimintaohjelmaan tukeutuen. Monimuotoisuuden suojelu ja kestävä käyttö tulisi nivoa osaksi yhteiskunnan eri toimintoja kuten kulutuksen, raaka-aine- ja energiantuotannon piirissä.

Luonnon monimuotoisuus on meille elintärkeä. Kasvit, eläimet ja mikro-organismit ovat sekä ravinnonlähde että tuotantotoiminnan perusta. Luonnon geenivarat palvelevat muun muassa lääketiedettä ja maa- ja metsätaloutta. Toisaalta luonnon monimuotoisuudella on tärkeä esteettinen ja virkistysarvo. Monet katsovat ympäristöllä olevan luontaista itseisarvoa.

Laajin luonnon monimuotoisuuden tasoista on ekosysteemi, vaikkapa pohjoinen havumetsä. Ekosysteemipalvelut on puolestaan käyttökelpoinen, joskin vähän tunnettu taloudellinen käsite. Se tarkoittaa luonnon hyödykkeitä, prosesseja ja käyttömuotoja, jotka luovat edellytykset ihmisten hyvinvoinnille ja yritysten kestäväälle toiminnalle.

Esimerkiksi metsä tuottaa puuraaka-ainetta, bioenergiaa, sitoo hiilidioksidia, säätelee pienilmastoja, ylläpitää eliökantoja ja vesitaloutta sekä toimii virkistysalueena. Ymmärrys ekosysteemien toiminnasta ja vuorovaikutuksista on avainkysymys luonnon kestäväälle käytölle ja suojelulle.

Uusia sovelluksia tarvitaan

Bioteknologia hyödyntää luontoa esimerkiksi juuston valmistuksessa, teollisessa entsyymien tuotannossa, lääketieteessä tai kasvien jalostuksessa. Nykyaikainen biotekno-

logia on laajentunut varsin pitkälle perinteisestä bioteknologiasta. Taustalla on biotieteiden voimakas tieto- ja menetelmkehitys, josta on noussut myös eniten keskusteltu nykyaikaisen bioteknologian osaluokka, geenitekniikka.

Kasvibioteknologian tavoitteet ovat liittyneet etenkin viljelykasvien kestävyden ja satoisuuden lisäämiseen. Kasvibioteknologialla voi kuitenkin olla merkittävä panos myös luonnon monimuotoisuuden suojelussa esimerkiksi tutkimalla niin sanottuja geneettisiä tunnistetta lajien ja populaatioiden määrittämiseksi. Kasvitieteelliset puutarhat ympäri maailmaa käyttävät myös yhä laajemmin bioteknologian keinoja hyötykasvien kartoituksessa ja lajien suojelussa.



Marja-Leena Nenonen, YHA kuvapankki

Kasvibioteknologian tulevaisuus näyttäisi vähitellen johtavan monipuolisempaan tuotevalikoimaan. Nykyisellään esimerkiksi muuntogeeninen kasvi on lähes poikkeuksetta torjunta-aine- ja/ tai hyönteiskestävä maissi, soija, puuvilla tai rapsi. Uusia laatu- ja terveysvaikutteisia geenitekniikkatuotteita odotetaan tulevina vuosikymmeninä markkinoille. Tällöin kuluttajatkin voisivat kokea uuden teknologian enemmän omakseen. Toisaalta bioteknologiaa hyödynnetään enenevässä määrin perinteisessäkin kasvinjalostuksessa.

Kasvibioteknologian vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen voivat olla hyvin erisuuntaiset sovelluksista, käyttötavoista ja yhteiskunnallisista ratkaisuista riippuen. Ääripäinä ovat esimerkiksi laajat teolliset monokulttuurit ja toisaalta pienimuotoiseen viljelyyn soveltuva rikas valikoima viljelykasveja.

Globaalisti tarkastellen maatalouden biologinen monimuotoisuus on kaventunut keskittyneen teollisen maatalouden ja siementuotannon vallattua alaa. Kasvibioteknologia on toistaiseksi enimmäkseen vahvistanut keskittymisprosessia, mutta tämä ei suinkaan ole ainoa toteutunut ja välttämätön kehityssuunta.

Esimerkiksi geneettisten tunnistajien käyttö viljelykasvilajikkeiden jalostuksessa lisää käytöstä jo poistuneiden, geenipankkeihin säilöttyjen alkuperäislajikkeiden hyödyntämismahdollisuuksia jalostustyössä ja näin laajentaa kasvinjalostuksen geenipohjaa. Tämä on tärkeää erityisesti nyt, kun ilmastonmuutoksen vuoksi kasvintuotantoa pitää sopeuttaa uusiin ympäristöolosuhteisiin.

Teknologiaa ympäristön ehdoilla

Kasvibioteknologian ympäristö- ja terveysvaikutukset on tarpeen kartoittaa tieteellisesti kehitystyön alkumetreiltä lähtien, jotta voidaan vakuuttaa siitä, etteivät uudet sovellukset aiheuta merkityksellistä riskiä esimerkiksi biodiversiteetille. Vaikutusten arviointiin sisältyvät epävarmuudet tulee eritellä perusteellisesti oikeiden hallintatoimien määrittämiseksi. Vuoropuhelu viljelijöiden, tutkijoiden, yritysten, viranomaisten, kansalaisten kesken bioteknologian ja luonnon monimuotoisuuden monimutkaisesta suhteesta on välttämätöntä.

Lisääntyvä ravinnon ja energiabiomassan tuotanto on järjestettävä siten, ettei se tuhoa maapallon hupenevia, arvokkaita luonnonympäristöjä. Esimerkiksi väestönkasvu ja elintason nousu kehittyvissä talouksissa ylirasittavat maatalouden ekosysteemejä ja luovat lähes kestämättömiä paineita monimuotoisuuden suojelulle ja kestäväälle käytölle.

Teollistuneissa maissa taas bioenergiavaatimukset aiheuttavat maankäyttöpaineita. Maataloustuotannon ympäristölähtöisesti toteutettu tehostaminen voi osaltaan hillitä hiilitaseen kannalta epäedullisia maankäytön muutoksia ja auttaa turvaamaan monimuotoisuutta. Bioteknologinen tutkimus paneutuu esimerkiksi mahdollisuuksiin kasvien hiilen sidonnan tehostamiseksi.

Kehittyvissä maissa maatalouden tuottavuuden kriittinen tekijä on pääasiassa veden puute, suolaisuus ja maaperän köyhyys. Peräti 70-85 prosenttia käytetystä makeasta vedestä kuluu maataloudessa. Kehittyvien maiden olosuhteisiin soveltuvien, perinteisten tai muuntogeenisten, lajikkeiden kehitystyö ei tähän mennessä ole edennyt toivotulla vauhdilla.

Tuottavia ja kestäviä lajikkeita tulee olla myös köyhempien maiden viljelijöiden ulottuvilla. Tämäkään ei yksin riitä, koska satoisuuden ja laadun parantaminen vaatii myös hyvät kasvuolosuhteet. Bioteknologian tulisi nousta merkittävämpään rooliin myös monimuotoisen seka- ja vuoroviljelyn kehittämisessä.

Tutkimusresurssija tulee lisätä kasvibioteknologian sovellusten kehittämiseksi sekä teollistuneissa että kehittyvissä maissa. Maiden ja alueiden tarpeet ja tavoitteet ovat erilaisia, ja tämä tulisi selkeämmin tunnistaa teknologioiden kehitysstrategioissa. Avoin ja tasapainoinen kansalaisten informointi ja kuuleminen on tärkeää. Vastuullisesti sovelletusta kasvibioteknologiasta voivat hyötyä niin kuluttajat, talouselämä kuin ympäristökkin.

Jyrki Pitkälä

Uusiutuvaa energiaa bioteknologialla

Maailman kokonaisenergiankulutus vastaa nykyisin yli 10 miljardia öljytonnia, mutta alueelliset erot ovat valtavia. Kansainvälinen energiajärjestö IEA on ennustanut kuluksen kasvavan nykyisestä puolella vuoteen 2030 mennessä.

Äskettäin Davosissa kokoontuneen Maailman Talousfoorumin raportti vaatii kolminkertaistamaan investoinnit puhtaaseen energiaan, jotta kasvihuoneilmion vääjäämätön voimistuminen kyettäisiin rajoittamaan siedettäväksi. Tämä tarkoittaisi yli 500 miljardin Yhdysvaltain dollarin vuotuista panostusta lähivuosikymmeninä.

Maailma on heräämässä siihen, että talouskehityksen on vastedes perustuttava kestäväan luonnonvarojen käyttöön. Investoinnit ilmastoystävälliseen energiaan luovat myös melkoisesti Yhdistyneiden Kansakuntien peräänkuuluttamia "vihreitä työpaikkoja". Energiavaihtoehtojen taloudellinen kilpailukyky vertautuu vielä pitkään öljyn, kivihien ja maakaasun hintakehitykseen. EU:ssa investointihalukkuuteen vaikuttavat myös päästöoikeuksien hinnat.

Uusiutuvia energiamuotoja kartoittavat katseet kohdistuvat aurinko-, tuuli-, vesi- ja geotermisen energian ohella bioenergian tuotantoon, jonka kehittämisessä bioteknologialla voi olla merkittävä rooli. Bioteknologiaa voidaan soveltaa etenkin biomassan tuotannossa, biomassan tai jätteen muuntamisessa biokaasuksi tai nestemäisiksi polttoaineiksi. Bioteknologialla voi tulevaisuudessa olla rooli myös polttokennomaailmassa.



Marija-Leena Nenonen, YHA kuvapankki

Energiakasvien tuotanto on herättänyt innostuksen ohella myös arvostelua lähinnä kestäväan kehityksen näkökulmasta. Vihreää valoa olisi kriitikoiden mielestä näytettävä vain hiilitaseeltaan edullisille bioenergiaprosesseille. Bioenergiatuotannon kustannuksia ja kannattavuutta tuleekin tarkastella prosessin koko elinkaaren osalta.

Sokeriruoko, maissi, rapsi ja öljypalmu hallitsevat nykyisiä energiakasvimarkkinoita, mutta tuotantoa halutaan enenevästi kohdistaa ravinnoksi kelpaamattomiin kasveihin. Eksoottisia esimerkkejä tällaisista kasveista ovat jatropa ja agaave. Levien ja mikrobien kasvattaminen energiaksi on herättänyt myös laajaa kiinnostusta.

Biopolttonesteitä tehokkaammin

Maailma on vielä pitkään sitoutunut nestemäisiin polttoaineisiin, mikä on vahvistanut nestemäisten biopolttoaineiden kehitystyötä. Tällä hetkellä tuotetaan etupäässä ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita, jotka perustuvat melko yksinkertaiseen teknologiaan. Bioetanolia (51 miljardia litraa vuonna 2006) tuotetaan esimerkiksi Brasiliassa pääasiassa sokeriruo'osta ja Yhdysvalloissa maissista. Öljykasveista, kuten rapsi, soija, auringonkukka ja öljypalmu, valmistettavan biodieselin suurin tuottajamaa on Saksa (2,3 miljardia litraa).



VTT, kuvapankki

Energiakasvien tuotannon kilpailu ruuantuotannon kanssa on eräs paljon keskustelua herättänyt uhkakuva. Vaarana on, että liian paljon maata saattaa päätyä biopolttoaineiden tuotantoon. Uutta, luonnon monimuotoisuudeltaan arvokasta maata onkin raivattu biomassan tuotantoon esimerkiksi tropiikissa.

Toisen sukupolven biopolttoaineet perustuvat syötäväksi kelpaamattomien kasvosien käyttöön ja kehittyneempään teknologiaan, joka ei tosin ole vielä laajasti käytössä. Näillä polttoaineilla saavutetaan paremmat ilmastohyödyt. Biomassan tuotannossa voidaan hyödyntää myös joutomaita tai erilaisia orgaanisia jätteitä.

Näin raaka-ainekustannukset alenevat, mutta toisaalta monimutkaisemman teknologian vuoksi investointikulut kasvavat. Päätuotantotapoja on kaksi. Bioteknologiaa hyödyntävä biokemiallinen prosessi tuottaa selluloosaetanolia. Termokemiallisessa prosessissa taas tuotetaan kaasutuksella muun muassa metanolia. Osia tästäkin prosessista voitaisiin toteuttaa bioteknologialla, joskin monet tekniset ongelmat ovat toistaiseksi ratkaisematta.

Tehokas kastelu ja paremmat kasvilajikkeet voivat kaksinkertaistaa ensimmäisen polven bioenergian tuotantopotentiaalin. Tämä ei valitettavasti ole kaikkialla mahdollista. Vastaava kasvu saataisiin myös aikaan siirtymällä toisen sukupolven bioenergiatuotteisiin. Toisen sukupolven tuotantolaitokset tulevat olemaan monista

taloudellisista tekijöistä johtuen huomattavasti suurempia kuin ensimmäisen polven laitokset.

Tuotantolaitoksen sijaintia voi rajoittaa alueellisesti se, että yhden bioetanolilitran tuottaminen vaatii peräti 1000 - 4000 litraa vettä. Paperitehtaiden tai muun olemassa olevan teollisuuden yhteyteen sijoitettuna tuotantoprosessin kilpailukykyä voidaan merkittävästi nostaa. Kannattavuuteen voidaan vaikuttaa lisäksi parantamalla neste-
mäisten polttoaineiden palamistehokkuutta.

Levät ja mikrobit tuottamaan

Mielenkiintoisen kehityspotentialin tarjoavat levät, joista voidaan tuottaa biodieseliä, mutta myös vetyä, biokaasua tai bioetanolia. Muutamia pilottilaitoksia on maailmalla jo käytössäkin. Tämän teknologian eduksi voidaan lukea korkea tuottavuus, ympärivuotinen tuotanto ja vähäisempi vedentarve, joutomaiden hyödyntäminen sekä mahdollisuus liittää tuotanto hiilidioksidia tuottavan voimalaitoksen yhteyteen ilmastohyötyineen.

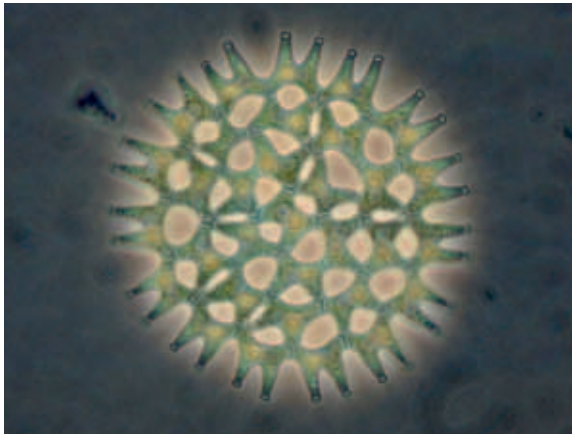
Teknologian hinta ja kehittämistarve on toistaiseksi suuri ja laitosten tilantarve melkoinen. Uusia levälajeja testataan laajasti maailmalla. Myös geeniteknologialla olisi mahdollista parantaa levien tuottoastetta, kasvunopeutta, öljysisältöä sekä lämpötilansietoa.

Kun puhutaan hajasijoitetusta ja pienimuotoista bioenergian tuotannosta, saattaa biokaasun tuotanto olla varteenotettava ja kohtuuhintainen vaihtoehto. Tässä bioteknologisessa sovelluksessa tuotetaan metaania ja hiilidioksidia anaerobisten eli hapettomissa oloissa elävien bakteerien avulla. Menetelmä mahdollistaa moninaisten raaka-ainelähteiden käytön.

Tuotanto on jo nykyisin yleistä esimerkiksi kaatopaikkojen yhteydessä, maatalojen mädättämöissä tai erillislaitoksissa. Teknologia on suosittua monissa kehitysmaissakin, kuten Intiassa, Kiinassa ja Nepalissa. Tämänkin vaihtoehdon kilpailukykyä voidaan parantaa tehokkaampien bakteerien avulla.

Suomella hyvät kehittämismahdollisuudet

Mitä haasteita ja mahdollisuuksia Suomi tulee kohtaamaan energian-



Rajja Jokipii, YHA kuvapankki

kulutuksen ja bioenergian tuotannon osalta? Valtioneuvosto on viime syksynä esittänyt Suomen strategiseksi tavoitteeksi päästä 310 terawattitunnin energian loppukulutukseen vuonna 2020. Tästä pyritään edelleen leikkaamaan kolmannes vuoteen 2050 mennessä. Energian kulutuksen tulisi nyt siis kääntyä laskuun.

Vuonna 2020 uusiutuvan energian osuuden tulisi nousta nykyisestä 29 prosentista 38 prosenttiin eli yli 30 terawattituntia Euroopan unionin komission veloitteen mukaisesti.

Suomessa uusiutuvina raaka-aineina hyödynnetään muun muassa metsäteollisuuden prosessien sivutuotteita, metsähaketta, energiakasveja, maatalouden sivutuotteita ja jätteitä. Eri tuotantomuotojen osuus tulee riippumaan paljon siitä, minkälaisia uusiutuvan energian edistämistoimia Suomessa tullaan lähivuosina toteuttamaan.

Korkeatasoinen bioteknologinen koulutuksemme ja osaamisemme tarjoavat merkittäviä mahdollisuuksia edistää kestävää ja kauaskantoista suomalaista energiapolitiikkaa.

Jyrki Pitkäjärvi
Niklas von Weymarn

Yliö 27.4.2009,
Maaseudun
Tulevaisuus



Jouko Lehto, Metia

Bioteknologialla metsistä uusia tuotteita kestävästi ja kannattavasti

Puutavaraa jalostetaan pääosin kahta päähaaraa pitkin. Sahatavara rakennusmateriaalina ja huonekaluissa on jatkuvasti tärkeä arvoketju. Toinen päähaara eli puun kuidutus joko mekaanista tai kemiallista prosessia hyödyntäen johtaa sellumassaan ja edelleen pääasiassa paperiksi ja kartongiksi.

Voimakas rakennemuutos käynnissä

Puunjalostusteollisuus elää jälleen kerran voimakasta muutoksen aikaa. Puunjalostamisessa ollaan siirtymässä yhä pienipiirteisemmälle tasolle eli mikro- ja nanotasolle. Teollisuudessa ja tutkimuslaitoksissa kehitetään aktiivisesti nanoselluloosaa, neste-mäisiä biopolttoaineita ja muita kemiallisia molekyylejä. Myös energiabiomassan tuotannon merkitys kasvaa.

Kansallisen metsäohjelma 2015:n tavoitteena on lisätä kansalaisten hyvinvointia hyödyntämällä metsiä monipuolisesti kestäväen kehityksen periaatteita noudattaen. Ohjelma korostaa vahvaa tutkimus- ja kehitystyötä metsiin ja puuhun perustuvien uusien tuotteiden kehittämiseksi.

Tavoitteena on luoda edellytykset puunjalostuksen kehittymiselle, turvata metsien monimuotoisuus ja metsien muu käyttö sekä lisäksi hillitä ilmastonmuutosta. Puuntuotannon määrää ja laatua olisi edelleen mahdollista lisätä kestäväällä tavalla.

Suomen puunjalostuksen ympärillä toimivat yritykset, tutkimuslaitokset ja yliopistot pyrkivät vastaamaan muutostarpeisiin lisäämällä ja keskittymällä tutkimustoimiaan. Koordinaatiotehtävään perustettiin vuonna 2007 Metsäklusteri Oy (www.forestcluster.fi). Yritys on samalla myös Suomen ensimmäinen SHOK, strategisen huippuosaamisen keskittymä.

paperin tuotannon ympäristöhaittoja ja kustannuksia. Toisaalta vaikutukset puun kasvuun ja ekologisiin vuorovaikutuksiin on tutkittava huolella.

Muita tutkimustavoitteita ovat muun muassa puiden vedenoton ja typensidonnan tehostaminen, oksaisuuden vähentäminen sekä taudin- ja tuholaiskestävyyden lisääminen. Kaupallisessa kasvatuksessa on toistaiseksi vain kaksi muuntogeenistä puulajia, viruskestävä papaija Yhdysvalloissa ja torjunta-ainetta kestävä poppeli Kiinassa.

Geenitekniikan menetelmiä voidaan toisaalta hyödyntää myös perinteisessä jalostus- tai metsänviljelyaineiston valinnassa. Puun perimästä luotavasta geenikartasta voidaan löytää biokemiallisia merkkejä, joiden avulla voidaan valintajalostusta tehostaa esimerkiksi puuaineksen ominaisuuksien osalta.

Puuaineksen bioaktiivisia aineita hyödyntämään

Bioteknologian avulla alamme myös ymmärtää puun rakenteiden, eri molekyylien ja polymeerien syntyä puun kasvuprosessin aikana. Puun kuitujen ja eri komponenttien ominaisuuksia voidaan muokata haluttuun suuntaan ja myös kasvunopeutta voidaan säädellä.

Puuaineksen kemiallisen koostumuksen parempi tuntemus mahdollistaa puiden omien, niin sanottujen bioaktiivisten puolustusaineiden eristämisen ja käytön monenlaisissa ympäristöystävällisissä sovelluksissa.

Erityisen mielenkiintoisia käyttömahdollisuuksia tarjoavat niin sanotut sekundääriset yhdisteet, kuten flavonoidit, fenolihapot ja tanniinit, joita monet puulajit tuottavat suuria määriä, jopa 10-20 prosenttia kuivapainostaan. Esimerkiksi tanniinit suojaavat puuta haitallisilta bakteereilta, sieniltä, viruksilta, tuhohyönteisiltä ja kasvinsyöjänisäkkäiltä.

Tanniineja ja muita bioaktiivisia aineita voitaneen hyödyntää myös ympäristöystävällisissä torjunta-aineissa esimerkiksi myyrätuhoja vastaan sekä erilaisissa puunsuoja-aineissa. Korvaamalla raskasmetalleja sisältäviä puunkäsittelyaineita uusilla ympäristöystävällisillä tuotteilla voidaan ympäristön kemiallista saastumista vähentää.

Biotekniikan merkitys metsälähtöisissä arvoketuissa on siis kasvussa. Keskeistä on kuitenkin ymmärtää eri teknologioiden yhteistyö kestäviä tuotantotapoja kehittäessä. Biotekniikka tarvitsee kemiaa ja kemia biotekniikkaa.

Uudet kilpailukykyiset prosessit ja nykyisten prosessien parantunut kilpailukyky edellyttävät oikeita taloudellisia ratkaisuja, mutta myös kestävä kehityksen muiden ulottuvuuksien huomioon ottamista.

Biodiversiteettimme säilyttäminen sekä kasvihuonekaasupäästöjen ja jätevesimäärien minimointi ohjaavat kehitystä myös tulevaisuudessa.

Niklas von Weymarn
Karoliina Niemi
Elina Oksanen

Biotekniikasta apua kehitysmaiden ongelmiin

Kehitysmaiden ongelmat nousivat viime vuonna esiin maailman ruokakriisin yhteydessä. Elintarvikkeiden hinnat nousivat, ja samalla YK:n vuosituhattavoite, maailman köyhyyden puolittaminen vuoteen 2015 mennessä, karkasi kauemmaksi tulevaisuuteen.

Samanaikaisesti ilmastomuutos vahvasti otetaan. Monin paikoin kärsittiin kuivuudesta, ja maaperän tuhoutuminen jatkui muun muassa urbanisaation, kaskiviljelyn, ylilaiduntamisen ja eroosion seurauksena.

IFADin (International Fund for Agricultural Development) pääjohtaja Lennart Båge sanoi viimesyksyisen Suomen vierailunsa aikana, että vain pienviljelijät voivat pelastaa maapallon ekokatastrofilta. Heidän toimintaansa täytyy tukea ilmastomuutoksen torjunnassa ja toimeentuloaan vahvistaa ruoantuotannon lisäämiseksi. Voidaanko biotekniikan avulla tukea pienviljelijöiden toimintaa ja siten löytää ratkaisuja maailman nälkä- ja ympäristöongelmin?



Kristina Lindström, Helsingin yliopisto

Biotekniikkaa jokapäiväisessä elämässä

Perinneruoan valmistus perustuu monessa Afrikan ja Aasian maassa biotekniikkaan. Erilaiset käymisprosessit parantavat elintarvikkeiden säilyvyyttä ja ravitsemuksellista arvoa. Ruoan valmistus on pitkän ajan kehityksen tuote, ja urbanisaation edetessä ruokaperinteiden vaalimista on korostettava. Monikansallisten pikaruokaketjujen nousu saattaa johtaa kehitysmaiden väestön ravitsemustilan heikkenemiseen.

Veden puute on kehitysmaiden suurimpia ongelmia. Biotekniikan avulla jätevesiä voidaan puhdistaa sairauksien leviämisen estämiseksi. Biologinen jätevedenpuhdistus tuottaa kasteluun hygieenisesti hyvälaatuista vettä.

Biokaasun tuotto jäteliitteestä parantaa edelleen orgaanisen aineksen käyttöastetta ja tuo energiaa ruoanlaittoon sekä lietettä maanparannukseen. Karjanlantaa voidaan puolestaan käyttää lannoitteena; nyt köyhät pienviljelijät joutuvat myymään sen kaupunkeihin polttoaineeksi.

Mitä pienviljelijöiden pitäisi viljellä?

Perinteinen kasvisruoka sisältää valkuaislähteenä erilaisia papuja ja muita palkoviljoja. Nämä kasvit pystyvät symbioosissa tiettyjen maaperäbakteerien kanssa sitomaan ilmakehän typpeä kasville käyttökelpoiseen muotoon. Hernekasvien viljely säästää lannoitteita ja energiaa sekä parantaa maaperän viljavuutta.

Näitä bakteereita voidaan jo viljellä laboratoriossa ja tuottaa kaupallisesti viljelijöiden käyttöön. Myös muita kasvien kasvua edistäviä pieneliöitä, kuten kasvien ravinteidenottoa ja taudinkestävyyttä parantavia sienijuurisieniä voidaan hyödyntää eri tavoin.

Peltometsäviljelyssä käytetään hernekasvipuita, jotka soveltuvat rakennus- ja polttoaineeksi. Huonomaineisen öljypalmun lisäksi biopolttoaineita tuotetaan yhä enemmän jatropa- ja pongamia -puista, jotka menestyvät kuivilla ja kuumilla alueilla ja ovat kestäviä useita tuholaisia vastaan.

Geenitekniikalla voidaan vähentää saastumista

Geenitekniikka on herättänyt toiveita kehitysmaiden ongelmien ratkaisemisen suhteen. Kehitysmaissa tarvitaan etenkin kuivuutta kestäviä viljelykasveja. Sekä viljely- että luonnonkasvien geenien kartoitus biotekniikan keinoin tähtääkin erityisesti kuivuutta ja siihen liittyvää suolaisuutta kestävien ominaisuuksien löytämiseen.

Myös uhkaavien tautien, kuten vehnän mustaruosteen, torjunnassa biotekniikan menetelmistä toivotaan apua.

Yli puolet maailmalla viljeltävästä maissista on geneettisesti muunnettu kestävämmän hyvin yleisesti käytettyä rikkakasvien torjunta-ainetta glyfosaattia. Maissiin, soijaan ja puuvillaan on puolestaan siirretty *Bacillus thuringiensis* -maaperäbakteerista Bt-geeni, jonka tuottama proteiini on valikoivasti myrkyllinen tietyille tuhohyönteistoukille, muttei ihmisille. Bt-puuvillan viljely vähentää viljelijöiden altistumista kemiallisille myrkyille.

Bt tehoaa kuitenkin vain tiettyihin tuholaisiin ja voi synnyttää vastustuskykyisiä tuholaiskantoja. Samaa pelätään, jos Kiinan hallituksen vauhdittama, vain yhtä tuholaislajia vastaan kehitetty muuntogeeninen riisi tulee markkinoille.

Tutkijat varoittavatkin, että monokulttuurista ja laajakirjoisten torjunta-aineiden käytöstä johtuvat ongelmat eivät ratkea yhdelle tuhohyönteislajille vastustuskykyisillä muuntogeenisillä lajikkeilla. Ratkaisuksi esitetäänkin "ekologista manipulaatiota" biologisen monimuotoisuuden avulla eli seosviljelyä, jossa eri tavoin tuholaisia kestävät lajikkeet turvaavat sadon.

Terveydenhoidon tehostaminen

Bioteknologia tarjoaa uusia lupaavia mahdollisuuksia kehitysmaiden ihmisten terveydenhoitoon. Muuntogeenisissä kasveissa pystytään tuottamaan rokotteita muun muassa ripulia, koleraa ja hepatiittia ja myös siipikarjan virustautia vastaan.

Vaikka monenlaisia farmaseuttisia yhdisteitä pystytään jo tuottamaan kasveissa laboratorio-oloissa, on niiden tuotannon tehokkuutta, tasalaatuisuutta, säilyvyyttä sekä tuotteiden prosessointia yhä tutkittava ja parannettava. Lisäksi on selvittävää mahdollisia ympäristöriskejä.

Suuri osa kehitysmaiden väestöstä kärsii raudanpuutteesta. Raudansaantia voitaisiin tulevaisuudessa parantaa muuntogeenisen riisin avulla. Riisin jyvän rautapitoisuutta on pystytty kaksinkertaistamaan siirtämällä riisiin pavun ferritiinigeenejä. Riisiin on onnistuttu siirtämään myös raudan imeytymistä parantava fytaasigeeni.

Ihannekasvin luominen biotekniikan keinoin on kuitenkin hankalaa ja aikaa vievää. Professori Ingo Potrykus tutkijoineen kehitti 10 vuotta sitten yrityskumppaninsa kanssa beetakaroteenirikastetun riisin. Beetakaroteenista syntyy kehossa A-vitamiinia, jonka puute on yleistä yksipuolisesti riisiä syöville ihmisillä.

Vaikka hanke onnistui teknisesti, ei syötävää kultaista riisiä ole patenti- ja lisenssiesteiden takia vieläkään kaupan.

Geenitekniikka on oivallinen renki

Biotekniikka tarjoaa useita menetelmiä luonnon tutkimiseen ja perimän kartoittamiseen mutta ei ole oikotie kehitysmaiden luonnon tai ihmisten pelastamiseksi. Kehitysmaiden ongelmien ratkaisemisessa on lähdettävä pienviljelijöiden tarpeista, maaperän viljavuuden palauttamisesta ja biologisen monimuotoisuuden hyödyntämisestä ja säilyttämisestä.

Kehittyvät ja kehitysmaat tarvitsevat omaa tuotekehitystä ja immateriaalioikeuksiensa suojausjärjestelmiä, eikä teollistuneiden maiden pidä yrittää myydä kehitysmaihin omia tuotteitaan ja ratkaisujaan. Kumppanuuteen perustuva tutkimus- ja kehitysyhteistyö on erittäin tärkeää. Myös bioturvallisuuskysymykset, kuten biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen, ovat keskeisiä YK:n maatalous- ja elintarvikejärjestön FAO:n esityslistalla. Bioteknisten innovaatioiden omaksuminen vaatii myös sosiaalista sopeutumista, ja parhaiten onnistunevat sellaiset hankkeet, joiden takana on perinteisiä menetelmiä.

Kristina Lindström
Elina Oksanen



Kristina Lindström, Helsingin yliopisto

Ilmastonmuutoksen ehkäisy ja hillintä bioteknologian keinoin

Tutkijat ovat nykyisin yksimielisiä siitä, että käynnissä oleva, historiallisesti katsoen hyvin nopea ilmastonmuutos on suurelta osin ihmistoiminnan aiheuttamaa. Ilmaston lämpeneminen johtuu pääosin kasvihuonekaasupäästöjen (hiilidioksidi, metaani, typen oksidit, halogenoidut hiilivedyt) lisääntymisestä ilmakehässä, mutta siihen vaikuttaa myös hiukkasmaisten ilmansaasteiden lisääntyminen.



Michigan Technological University

Kasvihuonekaasupäästöjä pyritään vähentämään maailmanlaajuisesti Kioton pöytäkirjan mukaisesti. Pöytäkirjan sopimuskausi päättyi vuonna 2012, mutta uusia kansainvälisiä jatkosopimuksia työstetään parhaillaan. Ilmastonmuutoksen pysäyttämisessä avainasemassa toimii hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC), joka analysoi tieteellistä tietoa ilmastonmuutoksesta, sen vaikutuksista ja muutosten hillitsemismahdollisuuksista kansallista ja kansainvälistä päätöksentekoa varten.

Lämpenemisen vaikutukset vaihtelevat

Ilmastonmuutoksen hillintä ja torjunta on tällä hetkellä suurin ihmiskunnan haasteista. Maapallon ilmasto lämpenee kiihtyvällä nopeudella, nykyisin keskimäärin 0,2 °C vuosikymmenessä. Lämpeneminen on kuitenkin kaksinkertaista arktisella alueella, Skandinaviassa, Siperiassa ja Alaskassa.

Ilmastonmuutokseen liittyy ääriolosuhteiden, kuten helleaaltojen, tulvien tai kuivuusjaksojen yleistyminen. Suomessa sadannan ennustetaan lisääntyvän etenkin talvella, mutta toisaalta kuivuusjaksot voivat yleistyä erityisesti kasvukaudella.

Ekosysteemeihin kohdistuvia haitallisia vaikutuksia ovat muun muassa lisääntyvä tuhohyönteisten ja kasvitautien määrä, ravinteiden huuhtoutuminen ja eroosio sekä kasvava riski metsien myrskytuhoihin. Toisaalta kasvukauden pidentyminen parantaa satoja ja metsien kasvua, siirtää kasvinviljelyn rajoja pohjoisemmaksi, helpottaa monivuotisten kasvien talvehtimistä ja parantaa uusien kasvilajien viljelymahdollisuuksia.

Keskiössä kasvien hiilensitomiskyky

On selvää, että tärkein ja tehokkain keino ilmastonmuutoksen torjunnassa on päästöjen voimakas ja nopea vähentäminen. Bioteknologia voi kuitenkin tarjota monia täydentäviä ratkaisuja etenkin maa- ja metsätalous- sekä energiasektoreilla. Nopeus ja tehokkuus on tärkeää, sillä ilmastonmuutoksen torjunnan lisäksi tarvitaan keinoja ravinnontuotannon tehostamiseksi. Tehtävän tekee toisaalta erittäin haastavaksi eri tekijöiden yhtäaikaisuus sekä ympäristöolojen lisääntyvät muutokset.



VTI/kuvapankki

Kasvin kestävyyttä ääriolosuhteita, tuholaisia ja tauteja vastaan voidaan parantaa bioteknologialla entistä tarkemmin ja nopeammin. Tutkimustyön keskeisenä tavoitteena on lisätä kasvien omien suojayhdisteiden kuten antioksidanttien tuotantoa ja oppia hyödyntämään kasvien kanssa vuorovaikutuksessa eläviä mikrobeja, jotka parantavat stressin- ja taudinsietoa.

Yhteyttäessään kasvi sitoo ilmakehän hiiltä, ja siten kasvien elinvoimaisuuden ylläpito ja parantaminen ovat merkittäviä ilmastonmuutoksen torjunnassa. Hiilen sidonnan lisäksi kasvit pilkkovat vedestä vetyä energiatuotantoonsa ja vapauttavat happea ilmakehään.

Yhteyttämisen eri vaiheita voidaan tutkia tarkasti bioteknologian avulla ja hyödyntää kerättyä tietoa kasvinjalostuksessa. Bioteknologialla onkin saatu uutta tietoa kasvien energiatalouden säätelystä, mikä näyttäisi olevan avainprosessi myös stressien kestävyydelle.

Nopeakasvuiset puulajit ovat tehokkaita kasvihuonekaasujen vähentämisessä, mutta niiden jalostus on hitaampaa kuin peltokasveilla. Bioteknologian avulla on koeoloissa pystytty tuottamaan tehokkaasti hiiltä sitovia metsäpuita. Hupenevaa metsäalaa niin tropiikissa kuin pohjoisella havumetsävyöhykkeellä on kuitenkin vaikea korvata edes bioteknologialla.

Maaperä on valtamerien jälkeen maapallon suurin hiilivarasto. Ilmaston lämpeneminen yhdessä eroosion ja maaperän tuhoutumisen kanssa lisää hiilidioksidin

vapautumista maaperästä suhteessa sen sitoutumiseen. Maaperästä vapautuu myös typen oksideja ja metaania mikrobin toimesta. Maaperän merkitystä hiilinieluna on ilmastokeskustelussa laiminlyöty eikä bioteknologiakaan tarjoa toistaiseksi merkittäviä ratkaisuja ongelmaan.

Bioenergialla päästöjä vähentämään

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvalla bioenergialla on lupaavimpia, mutta myös kiistanalaisimpia keinoja ilmastonmuutoksen torjunnassa. Ympäristön kokonaisvaikutuksista ei olla varmoja, ja vaikutusten suunta riippuu suuresti maankäyttöön ja bioenergiasevellyksiin kohdistuvista valinnoista. Bioenergian lisääntyvä käyttö edellyttää tuotantoprosessien bioteknologisten vaihtoehtojen kehittämistä ja tehostamista biojalostamoissa.

Maatalouskasveista muun muassa ruokohelpeä, sokerijuurikasta, maissia ja kuituhampua voidaan käyttää bioenergian tuotannossa. Geneettisesti muokatuissa bioenergiakasveissa hiilen kulutus ohjataan ligniinin sijasta selluloosaan, josta saadaan bioetanolia. Bioenergiakasvien viljelyyn voidaan periaatteessa käyttää ruoantuotantoon sopimattomia, jopa saastuneita maita, jotka samalla puhdistuvat.

Energian säästön kannalta olisi oleellista pyrkiä korvaamaan typpilannoitteet biologisella typensidonnalla. Käytännössä bioenergiakasvien viljelypaikat määräytyvät kuitenkin ilman yhteiskunnan ohjausta etenkin taloudellisin perustein, jolloin vähätuottoisimpien maa-alueiden valjastaminen bioenergiatuotantoon voi jäädä vähäiseksi.

Uusia bioenergian tuotantotapoja kehitetään levien ja mikrobin avulla. Siinä geeniteknologialla on merkittävä rooli. Entsyymiteknologian lisääntyvä käyttö on keskeinen ympäristön kuormitusta vähentävä kehityslinja, jolla voidaan tehostaa paitsi bioetanolin myös pesuaineiden, selluloosakuidun ja paperin tuotantoa.

Ympäristövastuu on meillä

Ilmastonmuutoksen torjunnassa on otettava käyttöön kaikki keinot, joilla kasvihuoneilmiötä voidaan hillitä. Vaikka kansainvälinen ja kansallinen ilmasto- ja energiapolitiikka määräävät suuret suuntaviivat, voi jokainen meistä karsia kulutusta ja edistää kestävää kehitystä omalta osaltaan. Tutkimuksen tehostaminen ja koulutuksen lisääminen varhaiskasvatuksesta aikuiskoulutukseen on entistä tärkeämpää. Ympäristövastuu kuuluu meille kaikille.

Elina Oksanen
Kristina Lindström
Karoliina Niemi
Jyrki Pitkälä

Suomen kannattaa panostaa bioteknologiaan

Suomessa on pitkät perinteet bioteknologian käytöstä etenkin puunjalostus- ja elintarvike- ja lääkeketeollisuudessa. Nousevia aloja ovat esimerkiksi uusiutuvan energian tuotanto ja bioteknologinen kasvinjalostus. Suomen rikkaat luonnonvarat ja korkea koulutus- ja tutkimustaso edesauttavat bioteknologian hyödyntämistä. Sektorille voi syntyä merkittävä määrä uusia työpaikkoja.

Kohti biotaloutta

Bioteknologiaan liitetään nykyisin käsite biotalous, joka tarkoittaa bioteknologian ja biologisten raaka-aineiden laajaa hyödyntämistä tuotteiden valmistuksessa ja tuotantoprosessien eri vaiheissa. Biologisen raaka-aineen jalostus tapahtuisi esimerkiksi biojalostamoissa, jotka tuottavat laajan kirjon materiaaleja kulutukseen tai teollisuuden käyttöön edelleen jalostettaviksi. Biologista tietoa ja osaamista käytetään monilla yhteiskunnan sektoreilla päätöksenteon perustana ja tukena.

Resurssien suuntaamisperusteena käytetään enenevässä määrin yhteiskunnallisia tavoitteita. Enää ei tuotekehityksen suunta perustu pelkästään siihen, mitä osataan tehdä, vaan siihen, minkälaisia tuotteita tai tuotantoratkaisuja tarvitaan.

Biologisen monimuotoisuuden kestävä käyttö ja suojele ymmärretään tärkeäksi sekä talouselämän että ihmisten hyvinvoinnin näkökulmasta. Tuotannollisissa päätöksissä nojataan kattaviin elinkaarianalyysiin.

Esimerkkejä tarve- ja kysyntälähtöiseen talouteen siirtymisestä ovat biopolttoaineet ja ilmastonmuutokseen reagoiminen.

Biotieteet kehittyneet

Nykyaikainen bioteknologia on laajentunut valtavasti perinteisestä bioteknologiasta. Bioteknologiaa hyödynnetään tuotannossa farkuista painomusteeseen ja kasvinjalostuksesta kaivostoimintaan. Autoihin



VTT, kuvapankki

tankataan biodieseliä, ja sikainfluenssarokotekin valmistetaan bioteknologisesti.

Taustalla on biotieteiden voimakas tiedollinen ja menetelmällinen kehitys. Suomi on pysynyt kehityksessä hyvin monella sektorilla, mutta meillä on vastaavasti kehittämisen varaa esimerkiksi ympäristö- ja kasvi- bioteknologioiden osalta.

Bioteknologialla on hyvät mahdollisuudet osaltaan auttaa teollisen rakennemuutoksen yli ja tukea kansallista innovaatiostrategiaa, jonka mukaan Suomen tulevaisuus rakennetaan tiedon ja osaamisen varaan. Huipulle ei kuitenkaan päästä nopeasti eikä siellä pysytä automaattisesti. Suomalaisen tutkimustulosten kehittäminen menestyviksi sovelluksiksi ja tuotteiksi vaatii yhä vahvemmin oikea-aikaista, rohkeaa ja innovatiivista toimintakulttuuria prosessin kaikilta osapuolilta.

Suomella vahvuutensa

Suomessa tehdään parhaillaan tärkeitä ratkaisuja uusiutuvan energian tuotantorakenteesta ja edistämistoimista. Alalla on huomattavaa kasvupotentiaalia. Bioteknologiaa sovelletaan energiasektorilla biomassan tuotannossa, biomassan tai jätteen muuntamisessa biokaasuksi tai nestemäisiksi polttoaineiksi.

Suomessa bioenergian raaka-ainelähteinä toimivat muun muassa metsäteollisuuden prosessien sivutuotteet, metsähake, energiakasvit, maatalouden sivutuotteet ja jätteet.

Bioenergian tuotannon kilpailukykyä edesauttaa sijoittuminen paperitehtaiden tai muun olemassa olevan teollisuuden yhteyteen. Toisaalta pienimuotoinen biokaasun tuotanto on nousemassa tärkeäksi energiavaihtoehdoksi haja-asutusalueilla.

Suomen puunjalostusteollisuus on suuressa murroksessa ja sen on uusiuduttava voimakkaasti. Puunjalostamisessa tullaan siirtymään mikro- ja nanotasolle tuottamalla nanoselluloosaa, nestemäisiä biopolttoaineita ja muita kemiallisia aineita.

Puuaineksen kemiallisen koostumuksen entistä tarkemmalla tuntemuksella voidaan eristää bioaktiivisia aineita ja käyttää niitä ympäristöystävällisissä sovelluksissa. Bioteknologisilla menetelmillä kyetään lisäämään metsänjalostuksen tehoa ja tarkkuutta.

Suomalaisen viljelykasvien valikoimaa on tarpeen laajentaa, sillä jalostuksessa on kyettävä vastaamaan esimerkiksi ilmastomuutoksen haasteisiin. Bioteknologiaa hyödynnetään kasvavassa määrin perinteisessä kasvinjalostuksessa. Myös laatu- ja terveysvaikutteiset, geeniteknikalla kehitetyt tuotteet saattavat tulla markkinoille kymmenen vuoden sisällä, jolloin kuluttajat voisivat kokea hyötyvänsä henkilökohtaisesti uudesta teknologiasta.

Lääketeieteellisen bioteknologiankin moottorina toimivat jatkuva ja räjähdysmäinen tiedon ja osaamisen kasvu. Biologisen datan kasvunopeus on nyt jo ylittänyt tietokoneiden laskentatehon kasvunopeuden. Pullonkaula ei enää ole datan tuottaminen, vaan sen tallentaminen, analysointi ja tulkinta. Esimerkiksi kun ihmisen perimä luettiin läpi ensimmäisen kerran, hankkeen kansainvälinen toteutus nieli 13 vuotta

ja satoja miljoonia dollareita. Tänä päivänä yksin Meilahden kampuksella Helsingissä kyetään samaan läpilukuun 160 kertaa vuoden aikana.

Suomalaisen kliinisen ja biolääketieteellisen tutkimuksen laatu onkin maailman kärkeä ja esimerkiksi Helsingin yliopisto sijoittuu alan vertailussa Euroopassa heti Oxfordin ja Cambridgen yliopistojen jälkeen viidenneksi.

Tiedonsaanti tärkeää

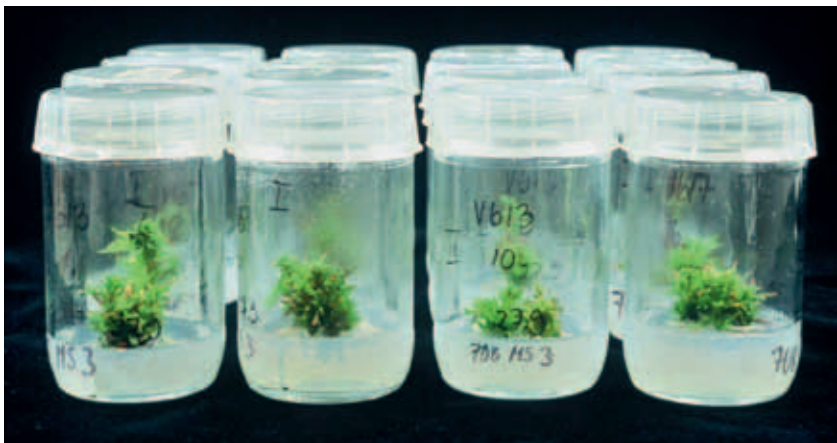
Bioteknologian merkityksen kasvaessa myös tarve tiedonjakamiselle ja teknologian käyttöä koskevalle keskustelulle kasvaa. Tämä on tärkeää myös siksi, että positii- visten tavoitteiden toteutuminen vaatii yhteiskunnalta huomattavia taloudellisia panostuksia bioteknologiseen tutkimukseen ja tuotantoon sekä huolella punnittuja arvovalintoja.

Biotalouden kehittymiseen ja uusien teknologioiden käyttöönottoon liittyy oleelli- sesti kysymys yhteiskunnallisen päätöksenteon ja kansalaisten tiedonsaannin ja osallis- tumisoikeuden yhteensovittamisesta. Kokonaisuuksien hallinta on yhä vaikeampaa ja päätöksenteko edellyttää yhä syvempää ymmärrystä yhä laaja-alaisemmasta alueesta.

Tilanne antaa mahdollisuuksia sekä riskien kärjistetylle korostamiselle että mah- dollisuuksien perusteettomalle mainostamiselle. Aito, avoin ja erilaisia näkemyksiä kunnioittava vuoropuhelu asiantuntijoiden, poliitikkojen, talouselämän, kuluttajien ja eri järjestöjen kesken olisi nähtävä kiinteänä osana kehitysprosessia.

Biotekniikan neuvottelukunnan keskeisimpiä tehtäviä on puolueettoman ja monipuolisen tiedon tarjoaminen bioteknologian eri alueilta keskusteltavaksi ja eri sidosryhmien käyttöön.

Kimmo Pitkänen
Jyrki Pitkäjärvi



Salle Jokipiä, Oulun yliopisto

