



Geenieditoinnin ja GMO:iden rooli
tulevaisuuden elintarvikkeissa

Tieteen näkökulma

Teemu Teeri

Helsingin yliopisto

2.6. 2020



Vanhat kasvinjalostusmenetelmät

- Risteytys ja valinta
 - Myös lajien väliset risteytykset



Ruisvehnä



Pensasmustikka



Vanhat kasvinjalostusmenetelmät

- Risteytys ja valinta
 - Myös lajien väliset risteytykset
- Mutaatiojalostus
 - Kemiallinen mutageneesi tai radioaktiivinen säteily



Verigreippi



Vanhat kasvinjalostusmenetelmät

- Risteytys ja valinta
 - Myös lajien väliset risteytykset
- Mutaatiojalostus
 - Kemiallinen käsittely tai radioaktiivinen säteily
- Geeninsiirto (GM-kasvit)
 - 35 vuotta vanha menetelmä
 - Bakteerien geenejä siirretty kasveihin
 - Tätä ei tapahdu luonnossa (melkein) koskaan





Geenitekniikan lainsäädäntö

Geenitekniikkalaki

Annettu Helsingissä 17 päivänä maaliskuuta 1995

1 luku

Lain tavoite, soveltamisala ja määritelmät

1 §

Lain tavoite

Tämän lain tavoitteena on:

- 1) edistää geenitekniikan turvallista käyttöä ja kehittymistä eettisesti hyväksyttävällä tavalla; sekä
- 2) ehkäistä ja torjua haittoja, joita geenitekniikalla muunnettujen organismien käyttö voi aiheuttaa ihmisen terveydelle, eläimille sekä omaisuudelle ja ympäristölle.

2 §

Lain soveltamisala

Tämä laki koskee geenitekniikalla muunnettujen organismien ja niitä sisältävien tuotteiden käyttöä, valmistusta, maahantuontia, myyntiä ja muuta markkinoille luovuttamista. Lakia sovelletaan myös geenitekniikalla muunnettujen organismien käsittelyyn tarkoitetun laitoksen tai toimitilan käytönottoon ja toimintaan.

Tämän lain säännösten estämättä sovelletaan, mitä muussa laissa säädetään tuotteiden valmistamisesta ja markkinoille luovuttamisesta, terveydenhuollosta, työsuojelusta, eläinsuojelusta ja ympäristönsuojelusta. Tämän lain 4 - 6 lukua ei sovelleta geenitekniikalla muunnettujen organismien maantie-, rautatie-, sisä- vesi-, meri- ja ilmakuljetuksiin.

Tämä laki ei koske sellaisilla geneettisillä muuntamistekniikoilla valmistettuja organismeja, joita vanhastaan on käytetty erilaisissa sovelluksissa ja joiden turvallisuudesta on pitkäaikaista kokemusta.

- Lainsäädäntö edellyttää GM-lajikkeiden kohdalla mittavaa ja kallista riskianalyysia



Geenitekniikan lainsäädäntö

Tämä laki ei koske sellaisilla geneettisillä muuntamistekniikoilla valmistettuja organismeja, joita vanhastaan on käytetty erilaisissa sovelluksissa ja joiden turvallisuudesta on pitkäaikaista kokemusta.

Lain tavoite, soveltamisala ja määritelmät

1 §

Lain tavoite

Tämän lain tavoitteena on:

- 1) edistää geenitekniikan turvallista käyttöä ja kehittymistä eettisesti hyväksyttävällä tavalla; sekä
- 2) ehkäistä ja torjua haittoja, joita geenitekniikalla muunnettujen organismien käyttö voi aiheuttaa ihmisen terveydelle, eläimille sekä omaisuudelle ja ympäristölle.

2 §

Lain soveltamisala

Tämä laki koskee geenitekniikalla muunnettujen organismien ja niitä sisältävien tuotteiden käyttöä, valmistusta, maahantuontia, myyntiä ja muuta markkinoille luovuttamista. Lakia sovelletaan myös geenitekniikalla muunnettujen organismien käsittelyyn tarkoitetun laitoksen tai toimitilan käytön ottoon ja toimintaan.

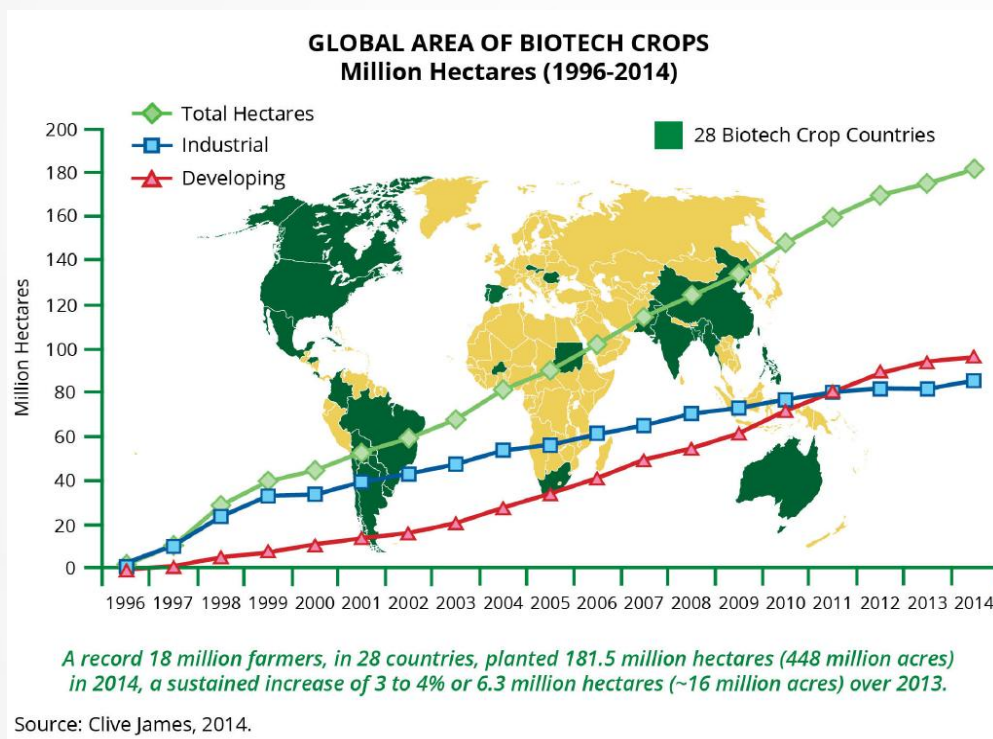
Tämän lain säännösten estämättä sovelletaan, mitä muussa laissa säädetään tuotteiden valmistamisesta ja markkinoille luovuttamisesta, terveydenhuollosta, työsuojelusta, eläinsuojelusta ja ympäristönsuojelusta. Tämän lain 4 - 6 lukua ei sovelleta geenitekniikalla muunnettujen organismien maantie-, rautatie-, sisä- vesi-, meri- ja ilmakuljetuksiin.

Tämä laki ei koske sellaisilla geneettisillä muuntamistekniikoilla valmistettuja organismeja, joita vanhastaan on käytetty erilaisissa sovelluksissa ja joiden turvallisuudesta on pitkäaikaista kokemusta.

- Mutaatiojalostus on suljettu pois lain piiristä pitkäaikaisen turvallisen käyttökokemuksen perusteella.
- Ensimmäinen kemiallisesti mutatoitu lajike tuli markkinoille vuonna 1966 (Luther ohra)
 - 25 vuotta ennen Eurooppalaisen geenitekniikkalain muotoilua



GM-kasvit pellolla 25 vuotta



**Euroopan elintarviketurvallisuus-
viranomainen EFSA:**
GM-jalostus on yhtä turvallista
kuin perinteinen jalostus



Uudet kasvinjalostusmenetelmät

- Kohdennettu oligomutageneesi (ODM)
- CRISPR/Cas ja muut ohjelmoitavat nukleaaasit
- Cisgeeniset ja intrageeniset kasvit
- Varttaminen (GM runkoon)
- Agroinfiltraatio
- DNA metylaatio (RdDM)
- Käänteinen jalostus

} Genomin editointi

EU New Techniques Working Group 2013



Uudet menetelmät

- Geenieditointi
 - Sinkkisormet
 - Talenit
 - Oligonukleotidit
 - CRISPR/Cas9

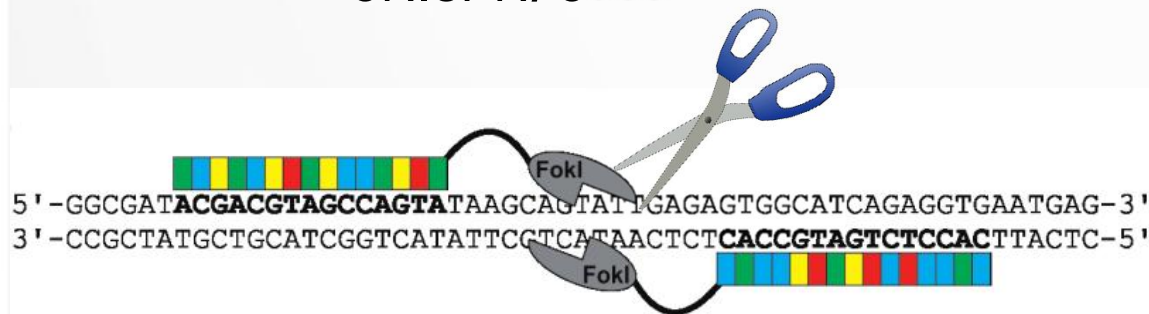


Geenien muokkaus uusilla tekniikoilla

Kasvit, eläimet, mikrobit

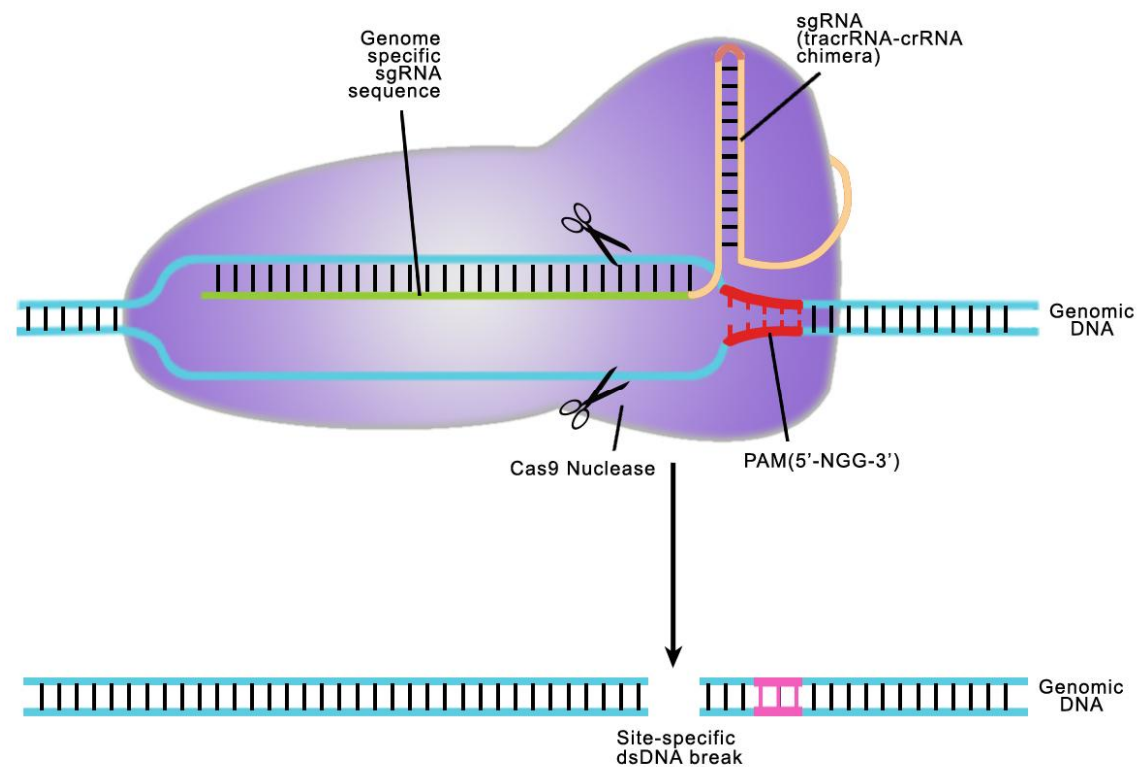


TALENs: Transcription activator-like effector nucleases





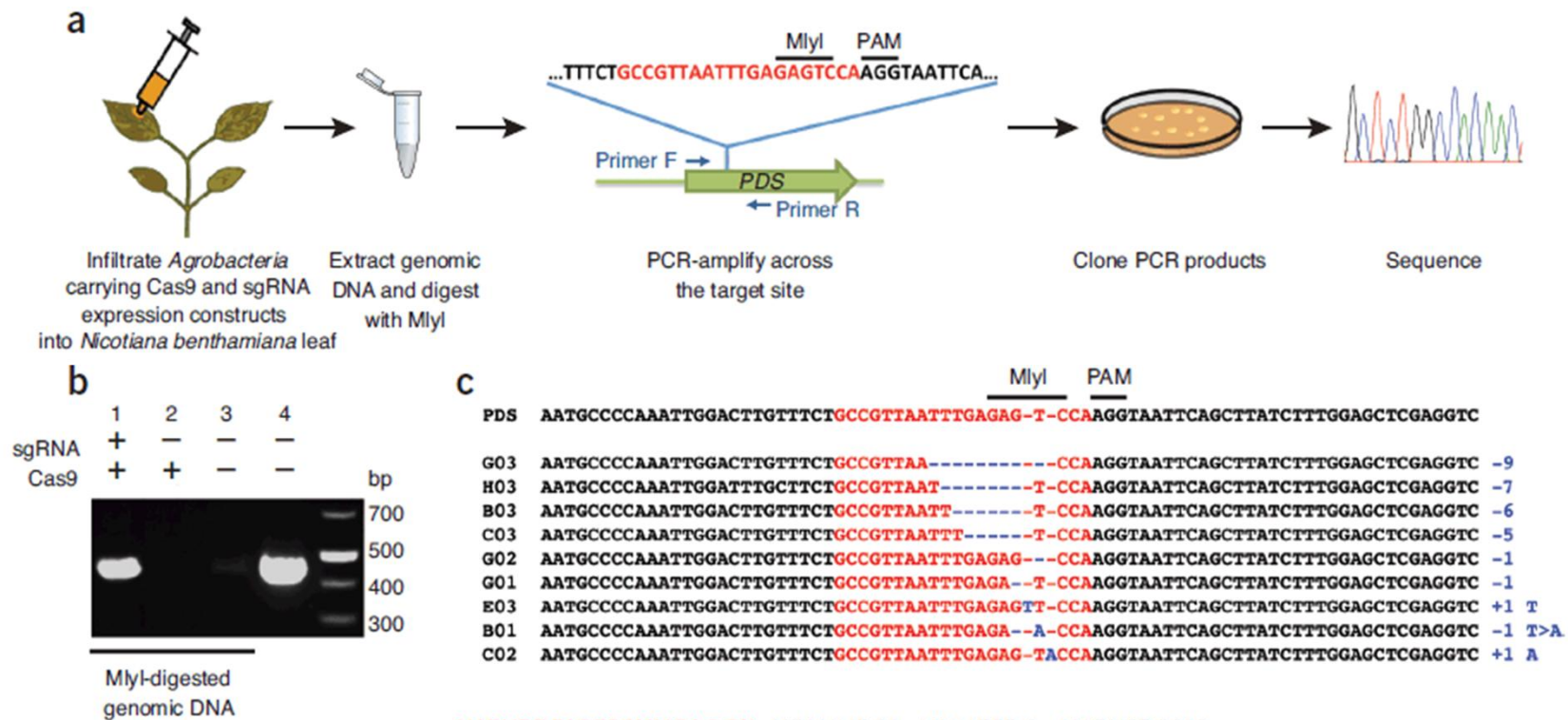
CRISPR-Cas9



<http://www.genecopoeia.com/product/crispr-cas9/>



Kohdennettu kromosomin katkaisu – mitä sitten?



NATURE BIOTECHNOLOGY VOLUME 31 NUMBER 8 AUGUST 2013

691



Mitä geenieditoinnilla voi tehdä?

- Poistaa haitallisia aineosia syötävistä kasveista
 - Rypsin erukahappo ja glukosinolaatit
 - Tervellisempää soijaöljyä (öljyhappoa linolihapon sijaan)

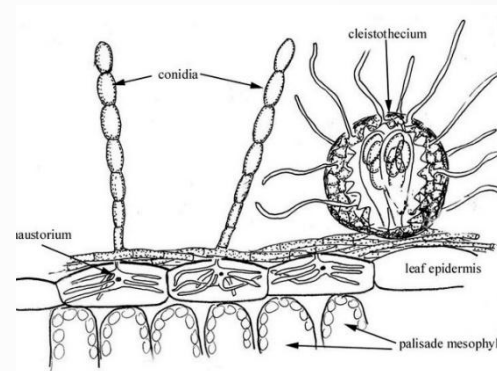


Plant Biotechnology Journal (2014) 12, 934-940
Markkinoilla Yhdysvalloissa 2019



Mitä geenieditoinnilla voi tehdä?

- Taudinkestävyyttä vehnälle (S-geenit eli herkkyystekijät)
 - Ohran tapaan *mlo* resistenssi
 - Vehnällä kaikki geenit ovat kolminkertaisina!



Blumeria graminis



Geenieditointi



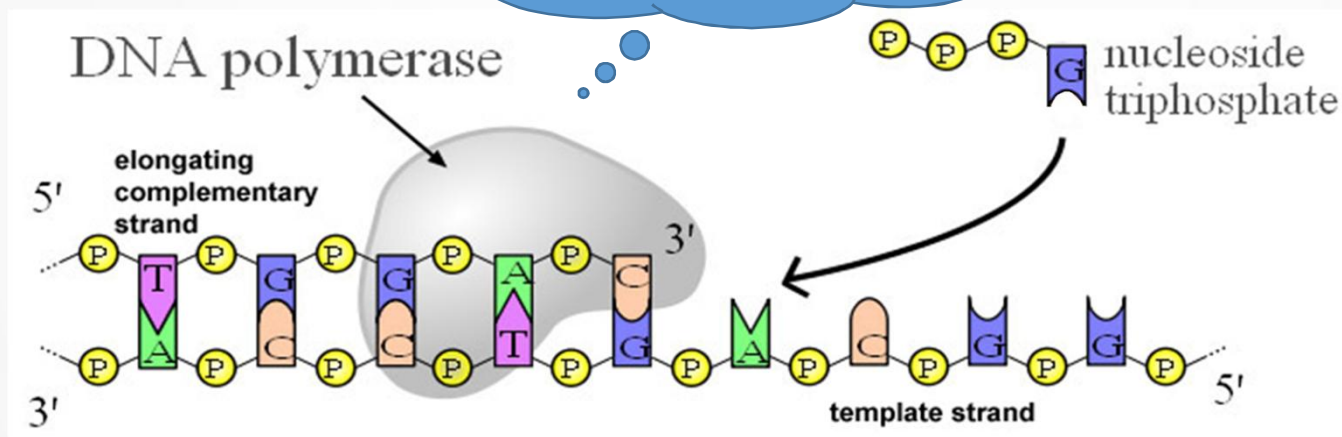
- Pistemäisiä mutaatioita, mitään uutta ei siirretä
- Menetelmä muistuttaa mutaatiojalostusta, paitsi:
 - Oikeaa mutaatiota ei tarvitse seuloa kymmenien tuhansien tai jopa miljoonien kasvien joukosta
 - Ylimääräisiä mutaatioita ei juurikaan synny



Ovatko editoidut geenit uusia luonnolle?

- Kromosomiston kahdentumisesta vastaava entsyymi (DNA polymeraasi) tekee virheen jokaisen emäksen kohdalla taajuudella 10^{-9}

Huh! Oikein meni
999 999 999 kertaa!





Miljardi jyvää

- Ohran ja vehnän tuhannenjyvän paino on n. 40 g
- Suomalaiselta pellolta saadaan helposti 5 tonnia viljaa hehtaarilta
- Miljardi jyvää voidaan korjata alle 10 ha pellolta!



Tällä pellolla genomin jokainen emäs on muuttunut toiseksi.

Kunpa vain löytäisi etsimänsä!



Pitääkö geenieditointia säännellä?

- Geenieditoidut mutaatiot eivät ole luonnolle uusia, samoja mutaatioita syntyy itsestään
- Geenieditoitua kasvia ei voi erottaa perinteisestä lajikkeesta



Pitääkö geenieditointia säännellä?

- Kasvinjalostus on kallista, geenieditointia ei voi käyttää ellei ole varmuutta sen asemasta sääntelyssä
- Kasvinjalostajat Euroopassa odottivat päätöstä...
- Tiedeyhteisö oletti editoinnin olevan samassa asemassa mutaatiojalostuksen kanssa...
 - Mutaatiojalostusta ei säännellä, editointi on samanlaista mutta tarkempaa



Pitääkö geenieditointia säännellä?

- EU:n tuomioistuin päätti heinäkuussa 2018 kuitenkin toisin
 - Kuuntelematta tiedeyhteisöä tai omaa Elintarvikkeiden turvallisuusvirastoa EFSA:a
 - Editoinnin soveltaminen on edelleen pysähdyksissä



Press and Information

Court of Justice of the European Union

PRESS RELEASE No 111/18

Luxembourg, 25 July 2018

Judgment in Case C-528/16

Confédération paysanne and Others v Premier ministre and Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

Organisms obtained by mutagenesis are GMOs and are, in principle, subject to the obligations laid down by the GMO Directive



Kuinka tässä näin kävi?



- Tieteen näkökulma: Tosiasiat sivuutettiin
- Ovatko poliitikot noidankehässä?
 - Rohkeutta tarvitaan yhteisten asioiden hoitamisessa
- Mitä kansalaiset haluavat?



Samaan aikaan muualla



United States Department of Agriculture
Animal and Plant Health Inspection Service

- USA: Geenieditointi rinnastetaan perinteiseen jalostukseen
 - Ei edellytä sääntelyä tai valvontaa
- Kasvinjalostajat käyttävät luvallisesti toistensa lajikkeita risteytyksissä
 - Onko Euroopassa pian eurooppalaisten jalostajien tekemiä lajikkeita, jotka ovat täällä periaatteessa kiellettyjä, mutta joita ei voida sellaisiksi tunnistaa?

