

Rohepöörde väljakutsed ja uued võtted sordiaretuses



Liina Jakobson
Taimegeneetika teadur



Millest täna räägin?

1. Rohepöörde eesmärgid
2. Traditsiooniline sordiaretus
3. Geneetilised markerid sordiaretuses
4. Mis loom see täppisaretus on?



1. Euroopa roheline kokkuleppe eesmärgid



värske õhk, puhas
vesi, terve muld ja
bioloogiline
mitmekesisus



renoveeritud
energiatõhusad
hooned



tervislik ja
taskukohane toit



rohkem ühistransporti



puhtam energia ja
tipptasemel
keskkonnahoidlik
tehnoloogiline
innovatsioon



pikema elueaga
tooted, mida saab
parandada, ringlusse
võtta ja taaskasutada



tulevikukindlad
töökohad ja
üleminekuks vajalike
oskuste koolitus



üleilmselt
konkurentsivõimeline
ja vastupidav
majandus

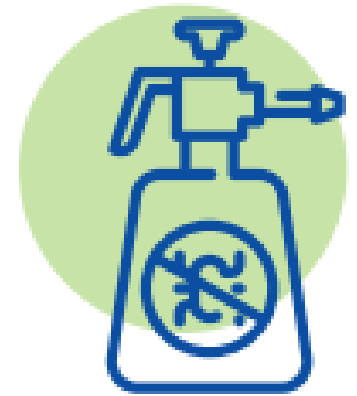
Rohepöörde eesmärgid EL-i põllumajanduses

- Et toidutootmine:
 - oleks neutraalse või positiivse efektiga **keskkonnale**;
 - leevendaks **kliimamuutusi** ning aitaks nendega kohaneda;
 - peataks ja pööraks ümber **bioloogilise mitmekesisuse** kadumise;
 - tagaks **toiduturvalisuse**, **tervisliku toidu** ja **rahvatervise**;
 - tagaks igaühele **ligipääsu** piisavale, ohutule, toitainerikkale ja jätkusuutlikule toidule
 - säilitaks toidu taskukohase **hinna**, samas säilib EL toidusektori **konkurentsivõime** ja järgitakse **õiglase kaubanduse** reegleid



Siht vähendada pestitsiidide kasutust

- **Siht 1:** vähendada keemiliste pestitsiidide kasutust ja riski aastaks 2030 50% võrra
- **Siht 2:** vähendada ohtlike pestitsiidide kasutust aastaks 2030 50% võrra
 - Määruse (EÜ) nr 1107/2009 lisa 2 ühendid
- Baasväärtuseks 2015-2017 müügistatistika andmed
- Iga-aastane progressi jälgimine Euroopa Komisjoni poolt



2. Traditsiooniline sordiaretus

- Parimate sortide ja isendite valimine
- Ristamine
- Hübridiseerimine (F1 sordid)
- Muudatused ploidsuses
- Mutatsioonide tekitamine
- **Aeganõudev töö** – 1 sordi tegemiseks kulub 10-15 aastat



Traditsioonilise sordiaretuse piirangud

- Iga ristamine asendab ligikaudu 50% genoomist.
- Iga generatsiooniga mõni omadus paraneb, mõni võib minna kehvemaks.
- Kiirus sõltub sellest, kui kiiresti kasvatab taim seemned. Viljapuud kannavad vilja alles 5ndal aastal või hiljem.
- Ise-steriilsus võib takistada ristamist.
- Mitme resistentsusgeeni lisamine ühte sorti on väga aeganõudev.

Sordiaretuse algus...

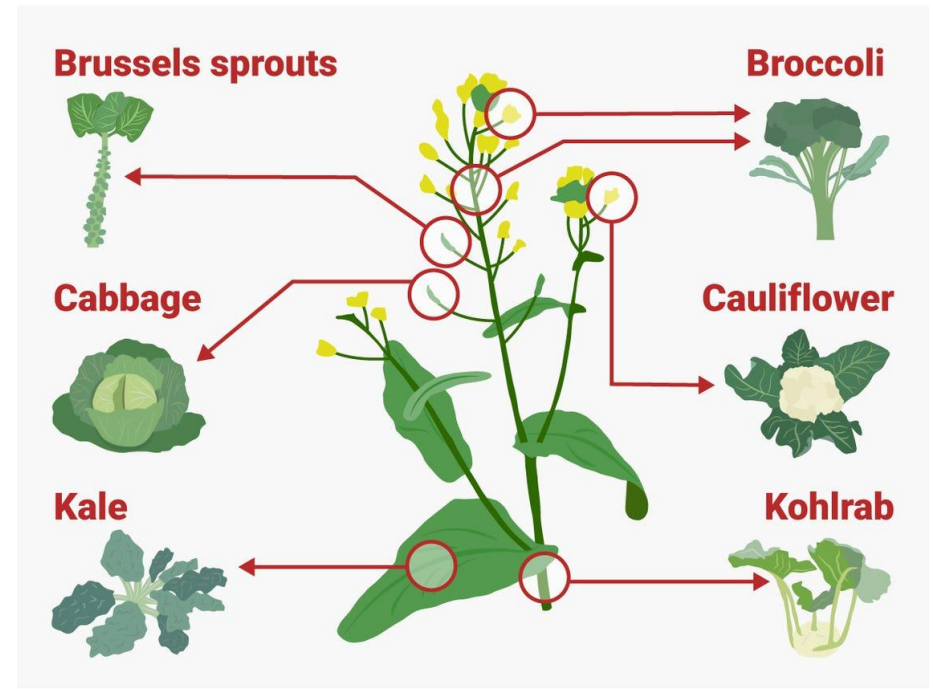
- Sordiaretus sai alguse üle 10 000 a tagasi.
- Sordiaretus on kultuurtaimede sortide ja hübriidide loomine ja parandamine.
- Uue sordi saamine põhineb paremate geenikombinatsioonide tekitamisel ja valimisel.
- **Uue sordi saamiseks peab alati geene muutma või teistmoodi kombineerima.**



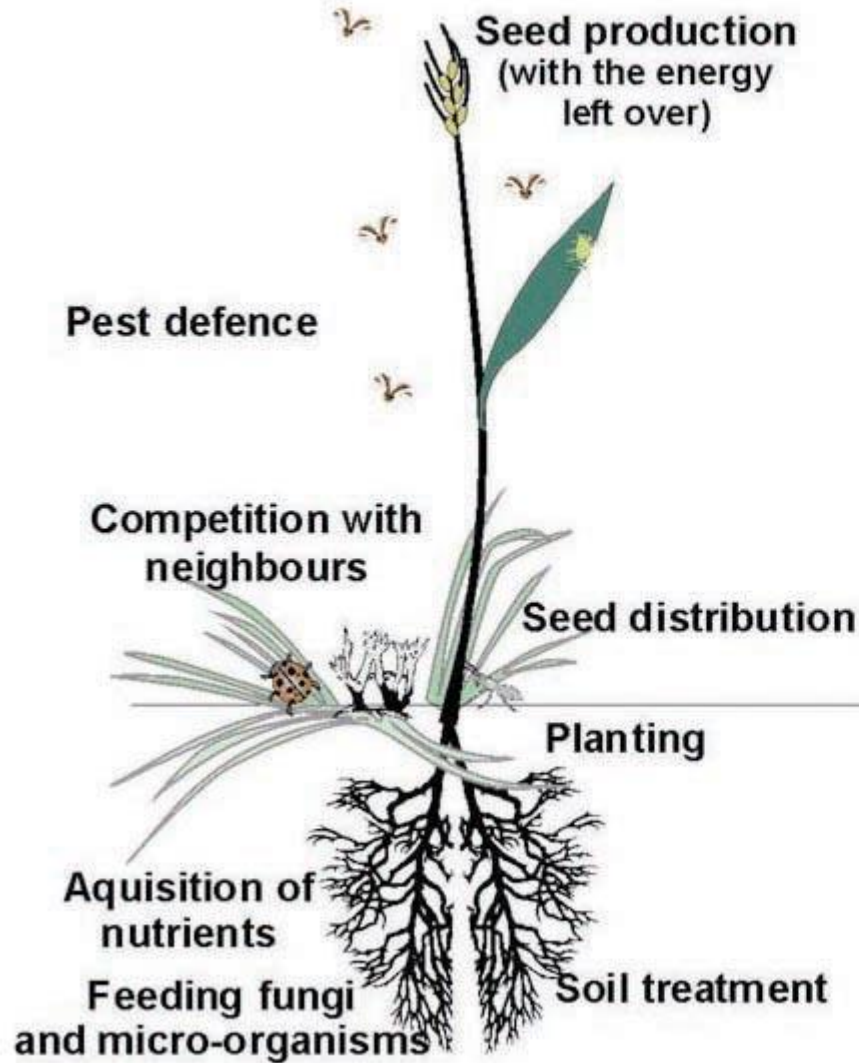
Solanum pimpinellifolium
LA722



Solanum lycopersicum
cv. Gaimanta



'Wild'wheat

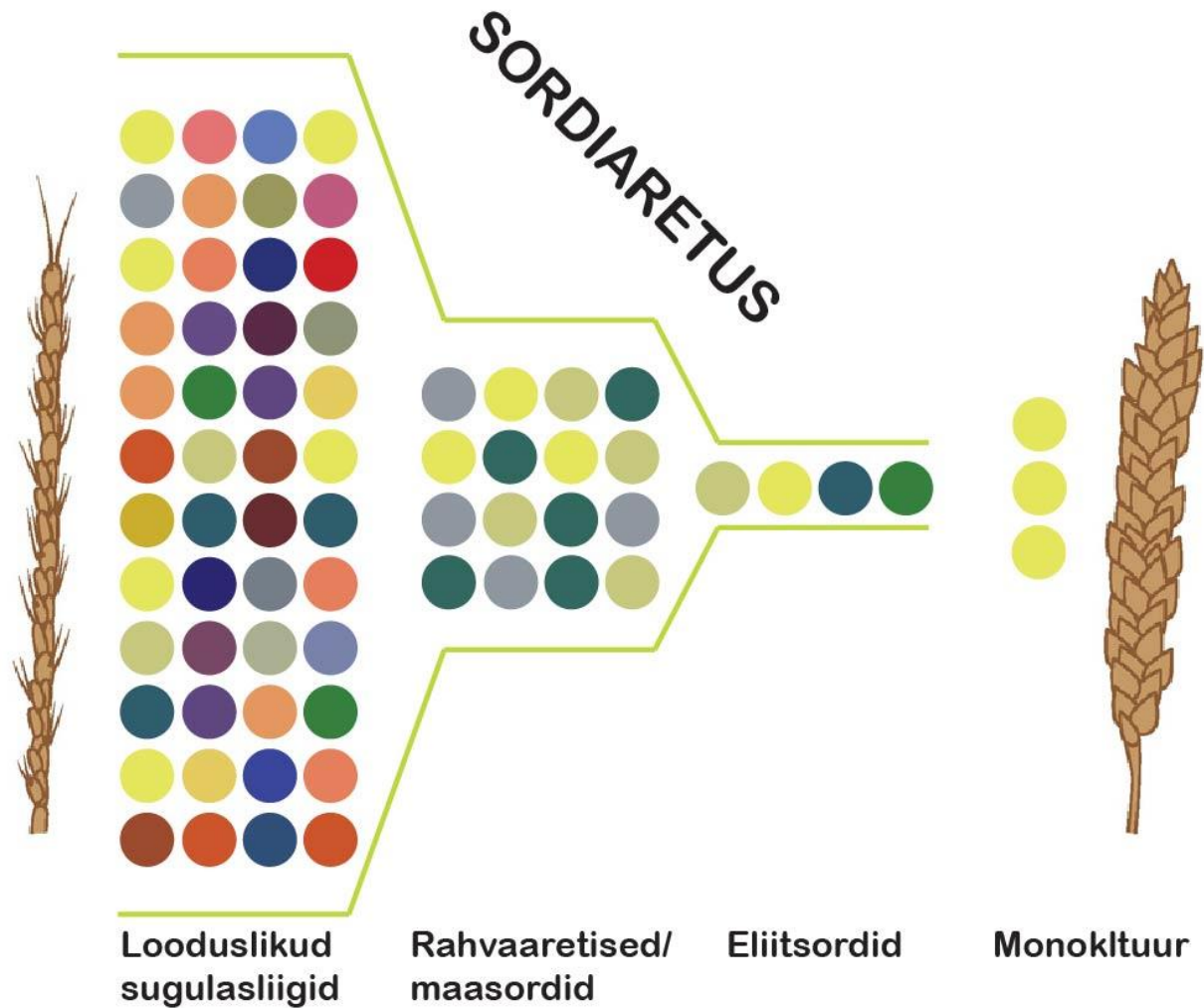


'Improved' wheat



Foto: Quattrini 00/06/01

Sordiaretus vs geneetiline mitmekesisus



Geneetiliste ressursside säilitamise olulisus

- Mitmekesisus on oluline tuleviku toidutootmiseks
- Bioloogiline ja geneetiline mitmekesisus väheneb
- Kohanenud kohaliku kliima- ja keskkonnatingimustega
- Väärt algmaterjal sordiareetuseks ja teadustööks
- Vanad pärandsordid on osa meie kultuuriväärtusest
- Riiklikult oluline koguda, säilitada ja uurida vanu sorte, pärandsorte, põlissorte, rahvaselektsioonisorte.

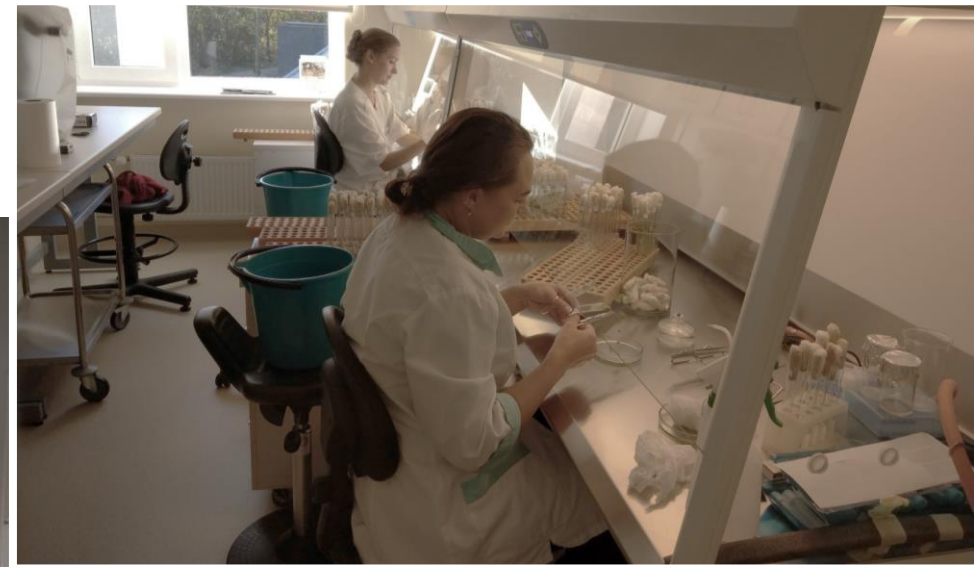


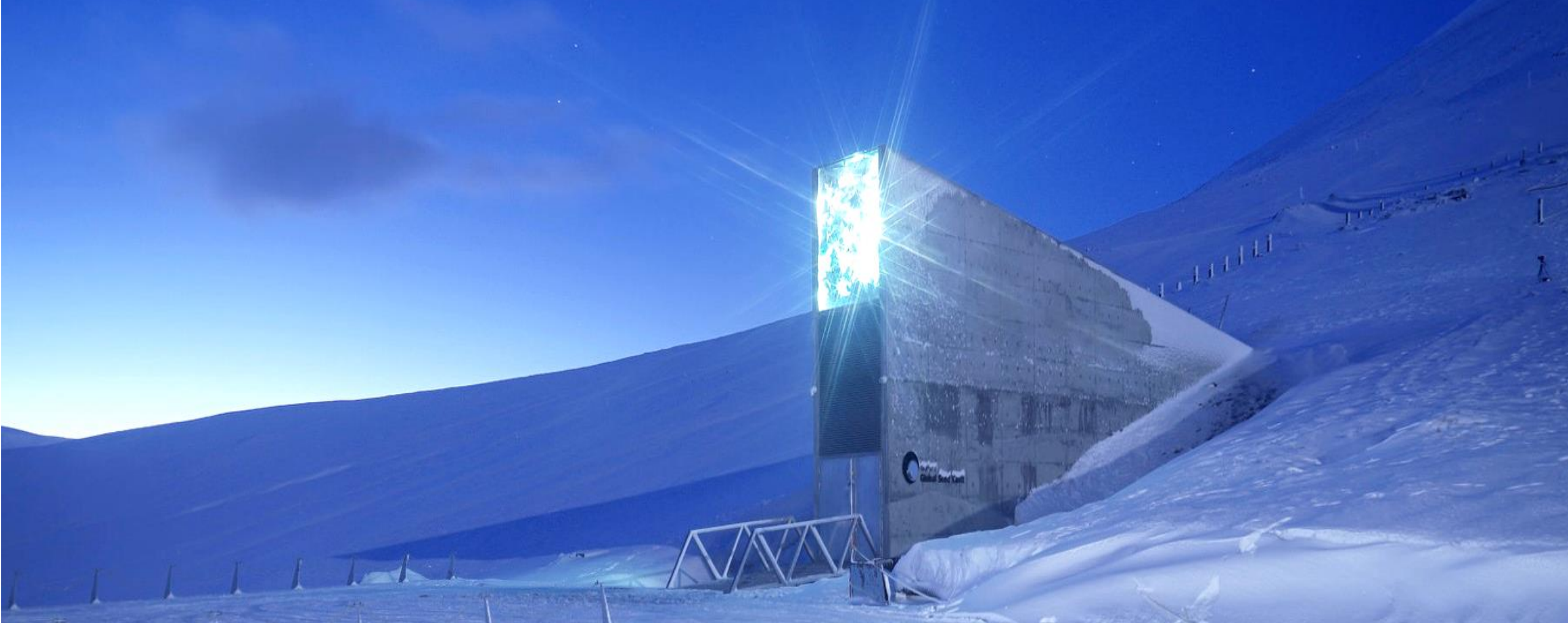
Geneetilised ressursid ETKIs (Geenipank)

- Pikaajaline säilitamine geenipangas -18°C juures
- 64 liiki
- 3600 säilikut:
 - teraviljad 35%,
 - õlikultuurid 20%,
 - heintaimed 17%,
 - kaunviljad, köögiviljad
 - jt



Koekultuuride säilitus ETKIs

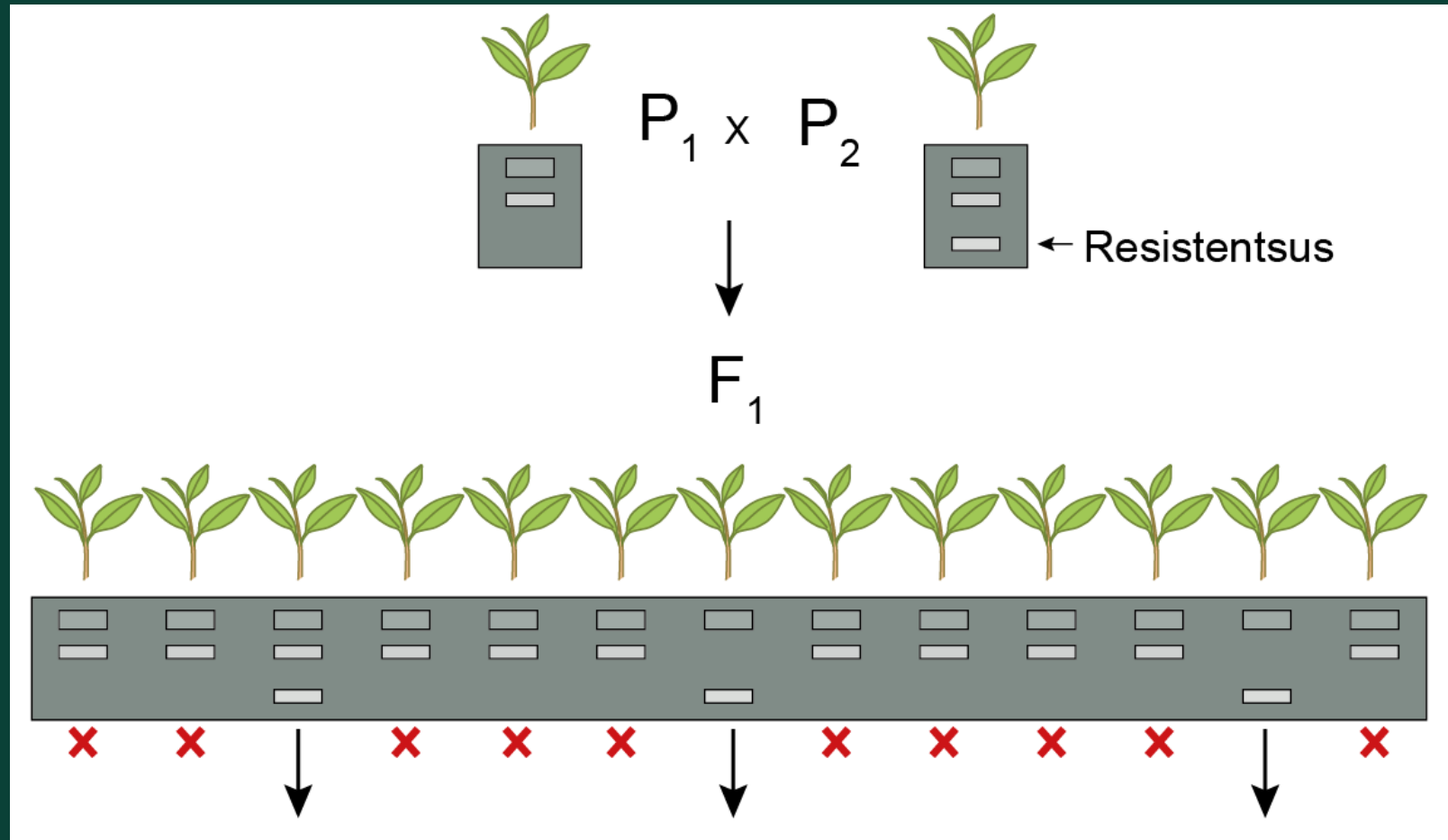




Teravmägede ülemaailmne seemnepank

3. Sordiaretuse geneetika ja geneetilised markerid

- Marker-assisteeritud seleksioon (MAS) – DNA-põhine meetod fenotüübi hindamiseks genotüübi järgi
- Kasulik raskesti määratavate tunnuste või kulukate meetodite korral



Jahukaste nakkus taimedel

- Põhjustatud biotroofsete jahukastelised sugukonna seeneliikide poolt
- Laialt levinud parasvöötme kliimas
- 'Jahune' nakkus taimede pinnal

Õun

cv. Gala



Müürlook

Col-0



Oder

cv. Ingrid



Kurk

cv. Sheila



Viinamari

cv. Brachetto

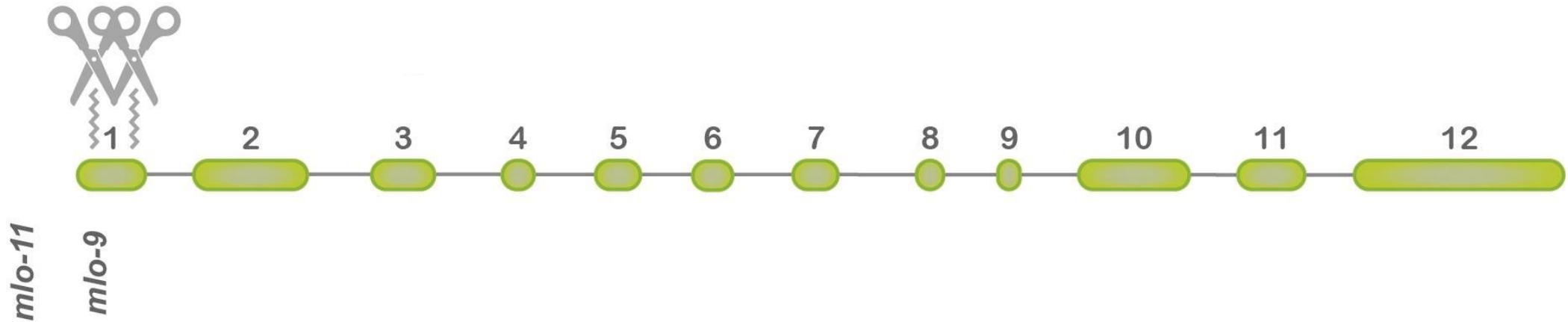


Melon

cv. G24



Odra *MLO* geen



- Valk koguneb nakkuse tekkekohta, võimaldab nakatumist
- Mutatsioon *MLO* geenis annab kestva ja laia spektriga resistentsuse
- Algselt tuvastatud Etioopias kasvavas odra rahvaaretises, tänaseks üle 40 eri vormi teada
- Odra aretuses kasutuses juba 40 a

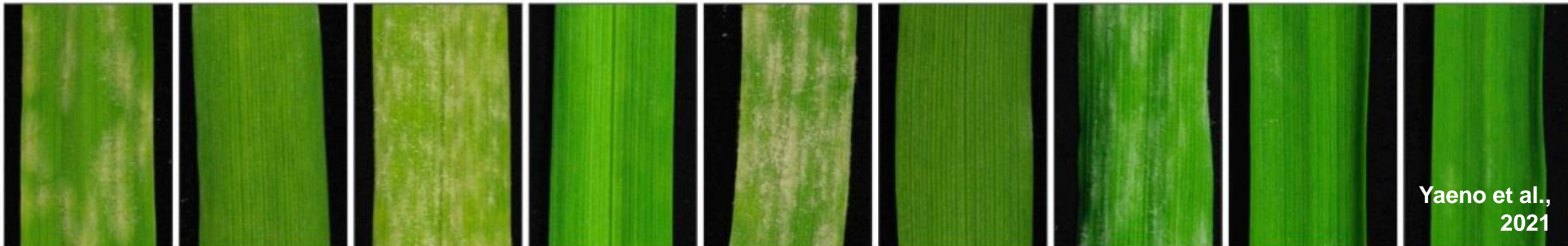
Erinevad *mlo* mutatsioonid

- o Looduslikud kui ka keemiliselt tehtud mutatsioonid
 - o Looduslikud mutatsioonid (*mlo-11*)
 - o Keemiliselt esile kutsutud (*mlo-9*)

- o **KÕRVALMÕJUD:**

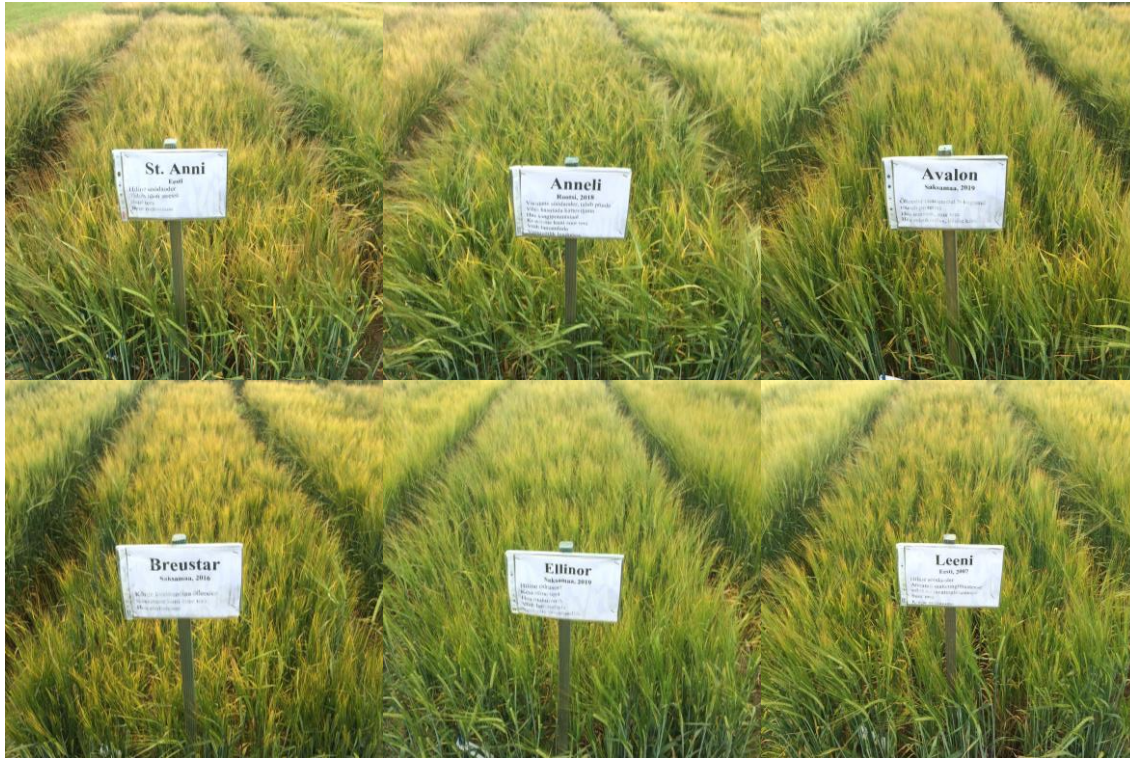
- o väiksem saak
- o väiksem kasv
- o vastuvõtlikumad *Ramularia collo-cygni* nakkusele
- o jt

| Haisa | M66 (<i>mlo-1</i>) | Malteria Heda | M.C.20 (<i>mlo-3</i>) | Pallas | P22 (<i>mlo-5</i>) | Carlsberg II | R6018 (<i>mlo-6</i>) | SZ5139 (<i>mlo-9</i>) |
|-------|-------------------------|------------------|----------------------------|--------|-------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|
|-------|-------------------------|------------------|----------------------------|--------|-------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|

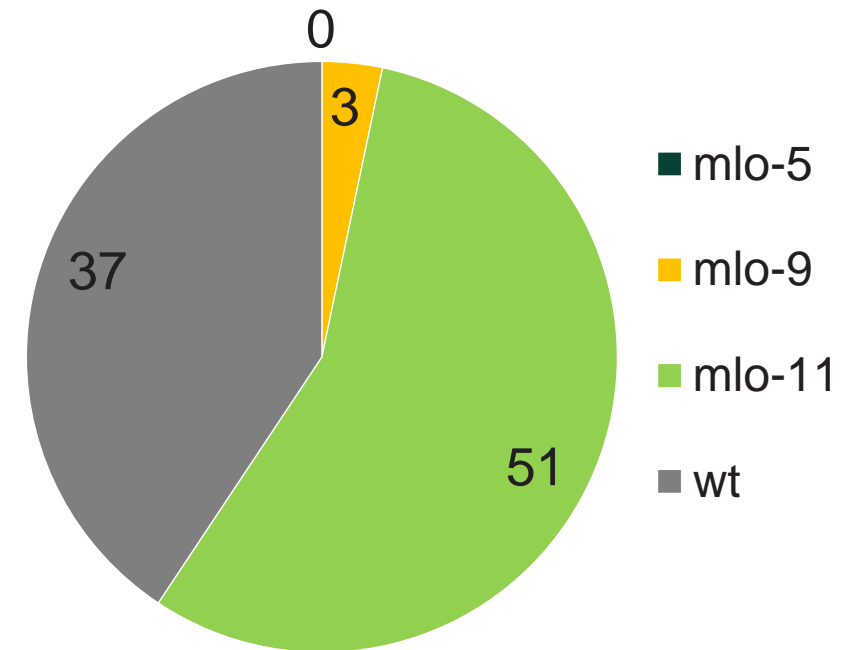


MLO geeni testimine ETKIs

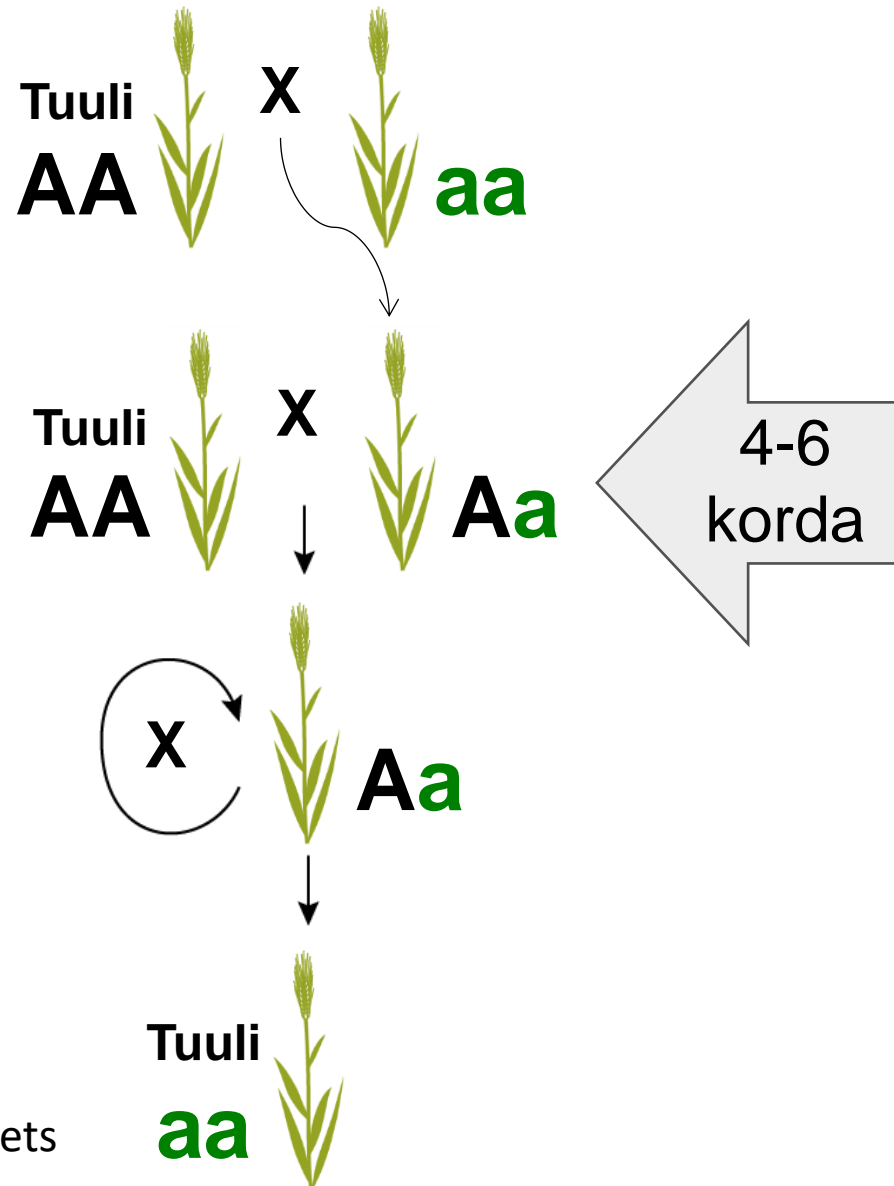
- Testitud 91 erinevat odrasorti kollektsioonis



91 sordi MLO genotüübid



Maali ja Tuuli jahukastekindlaks!



- **Eesmärk:** lisada ristamise teel geen uude sorti
- **Geneetilised analüüsid,** et geen on edasi pärandunud
- **Tulemus:** Tuuli (>90%), mis on jahukastele resistentne
 - 100% pole võimalik



Veel näiteid geneetilistest markeritest

- **Kartul** – 11 markerit, 5 haiguse vastu
 - Lehemädanik
 - Kollane kiduuss
 - Kahvatu kiduuss
 - Y-viirus
 - X-viirus



- **Tomat** – 5 markerit, 2 haiguse vastu
 - Tomati lehemädanik/pruunmädanik
 - Tomati-ruugehallitus
- **Talinisu** – testimisel erinevad markerid jahukaste vastu
- **Maguskirsi** tolmeldamismarkerid (S lookus)
- **Sortide geneetilise sõrmejälje markerid** (arendusprojekt nisu, odra ja kartuliga)



4. Mis loom see täppisaretus on?

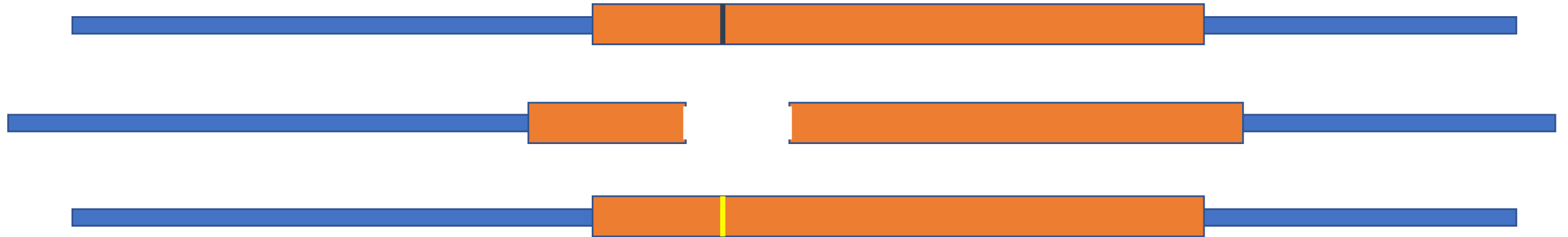
- Uute aretustehnikate abil väikeste muudatuste tegemine taimegenoomis.
- **Eeldused:**
 - Vajalikud teadmised taime genoomist
 - Laboriaparatuur ja vastav kompetents
- **Väljundid:**
 - Efektivsem, täpsem ja kiirem aretusprotsess
 - Võimalik nõ tellida täpselt see muudatus, mida vaja, nt suurendada põllukultuuride haiuskindlust. vähendada



Täppisaretuse tehnoloogia

CRISPR-Cas9 = nagu ribakoodi skänneriga käärid

CRISPR leiab geeni,
Cas9 lõikab.



Taim parandab katkestuse vigaselt.
Tekivad **mutatsioonid**.

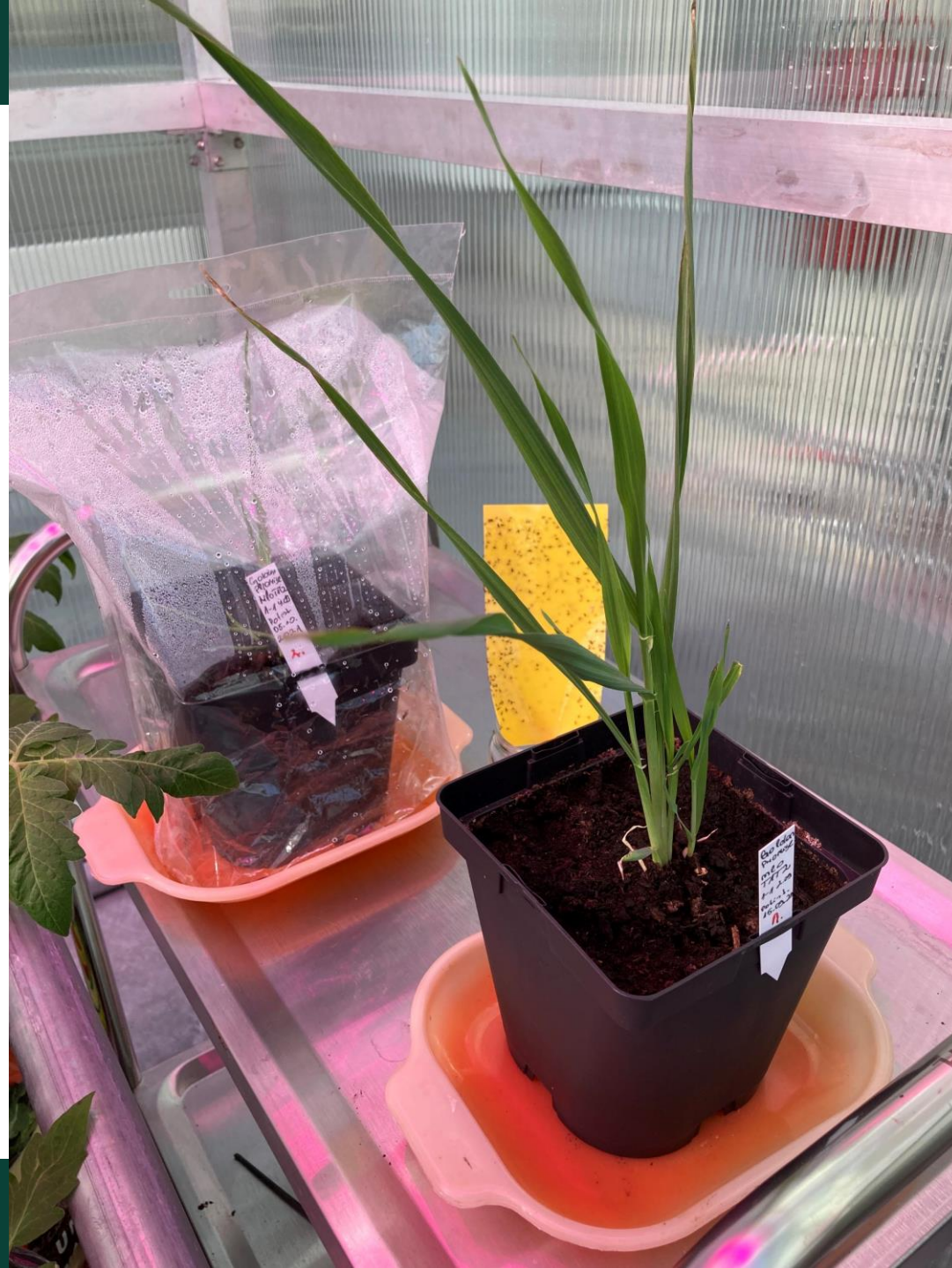
Oder 'Tuuli' täppisaretus ETKIs

- Kasutatavad vanemsordid:
 - Seni parim: **'Golden Promise'**
 - Edasised plaanid: **'Leeni'**, **'Tuuli'**, **'Maali'**
- Etapid:
 - Bakteri *Agrobacterium* vahendatud embrüo transformatsioon
 - DNA katkestuse tekitamine *MLO* geenis, mis parandatakse koheselt taime poolt (aga vigaselt)
 - Põhjalik järelkontroll ja tunnuste kirjeldamine



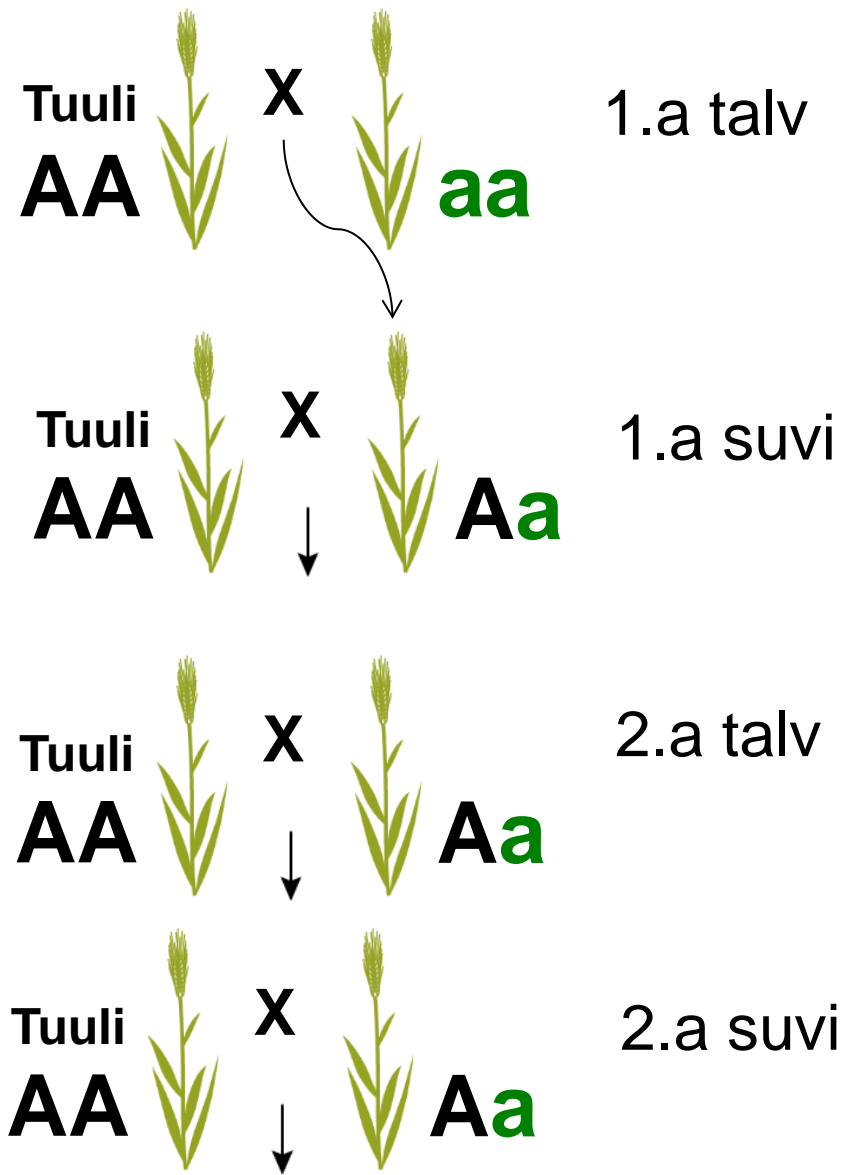
Foto: L. Raudva

o 6 kuud hiljem...

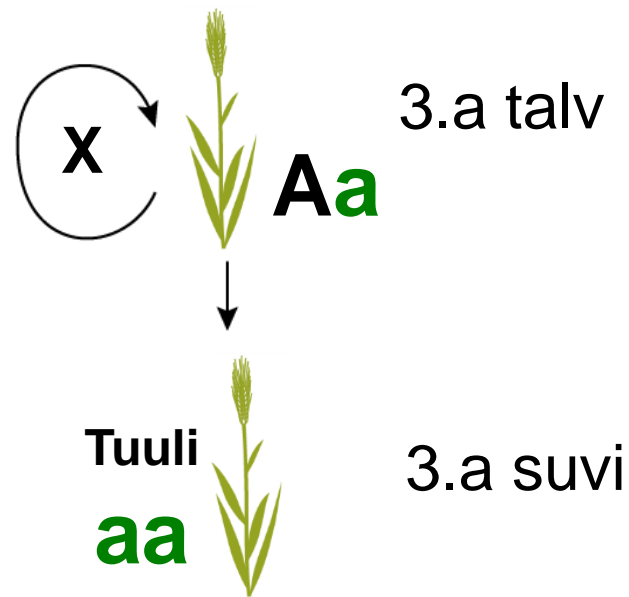


Traditsiooniline vs täppisaretus

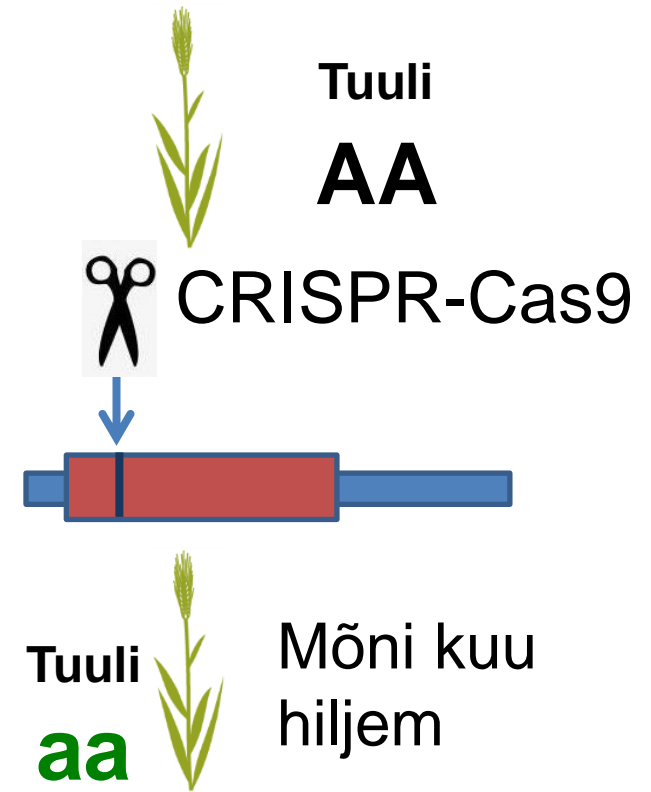
| | TRADITSIOONILINE ARETUS | TÄPPISARETUS |
|---------------------------------------|--|--|
| Teostatavus | + Teostatav | + Teostatav - Seadusandlikud piirangud EL-is |
| Aeg | - U 2-3 aastat tagasiristamiseks + Puuduvad ranged nõuded, seetõttu ajalist lisakulu pole | + U 6 kuud laborist roheline taimeni - Suur ajaline lisakulu seadusest tulenevate nõuete täitmiseks |
| Nõrkused | - Peaaegu võimatu tagasi saada kõiki vanemsordi omadusi | - Eeldab põhjalikku teaduslikku infot taime geenidest ja genoomist |
| Sobilikkus sordi parendamiseks | - Ebasobiv heade sortide parendamiseks ühe tunnusega | + Sobilik sortide parendamiseks (väikesed muudatused) |



93% Tuuli
7% geenidoonor
+ mutatsioonid



~100% Tuuli
1 geen muudetud
+ mutatsioonid



1 geeniproovi hind: 35 senti + palk
 Kokku u 1100 proovi: 385€ + palk

Esmased reagentid: 3000€
 + laboriaparatuur
 Hiljem iga liini kohta 500€
 +palk

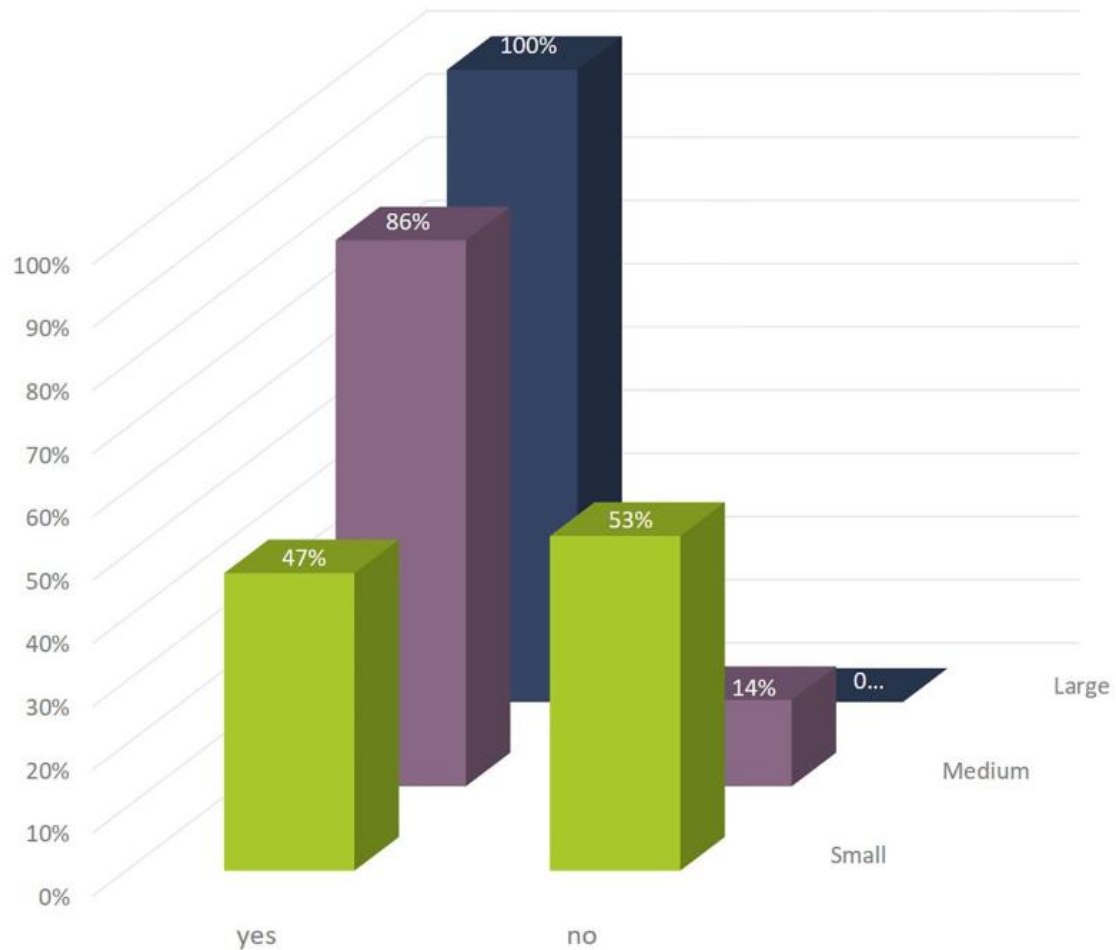
Milleks on vaja täppisaretust

- Et kiirendada sordiaretust
- Et luua uute tunnustega sorte
- Et luua kliimamuutustele kohastunud sorte
- Et täita Roheleppe eesmäärke
- Et luua haiguskindlamaid sorte (sh uued haigused)
- Et parandada vanades heades sortides üksikuid halbu tunnuseid



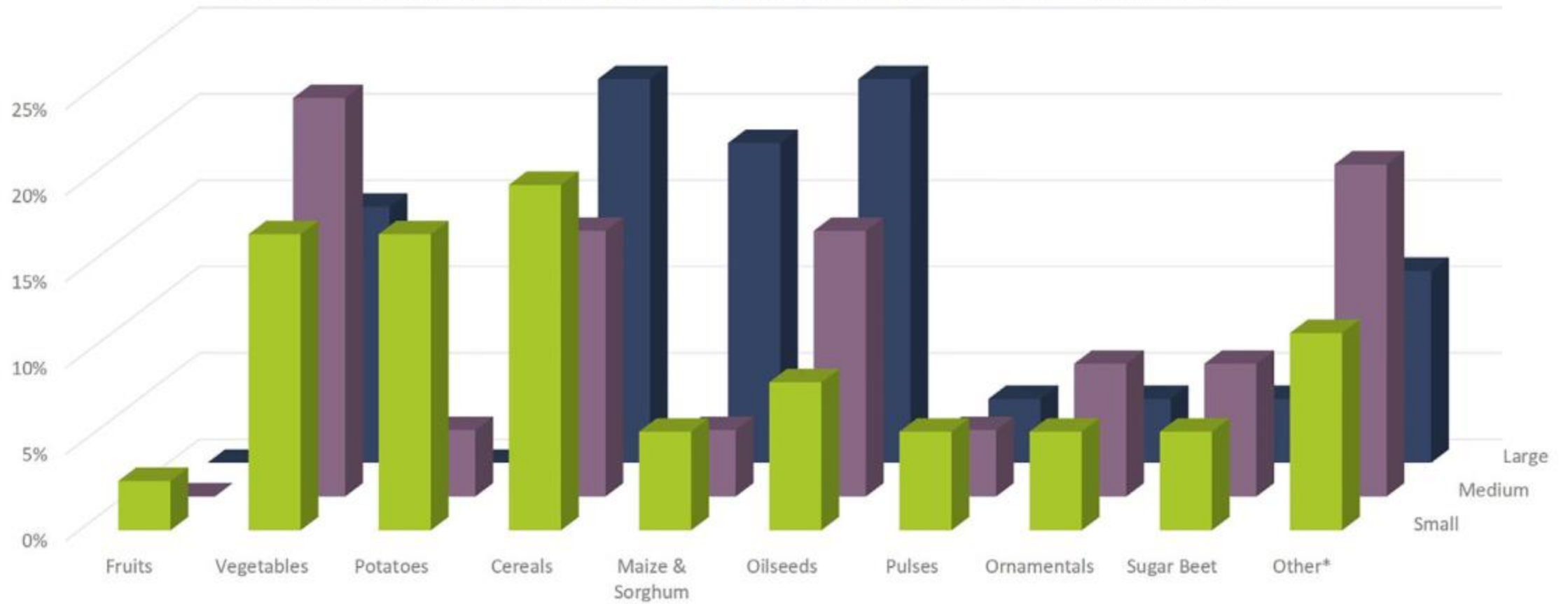
**Need to
breed in
full
speed!**

Does your company currently have research and development (R&D) activities for NBTs?

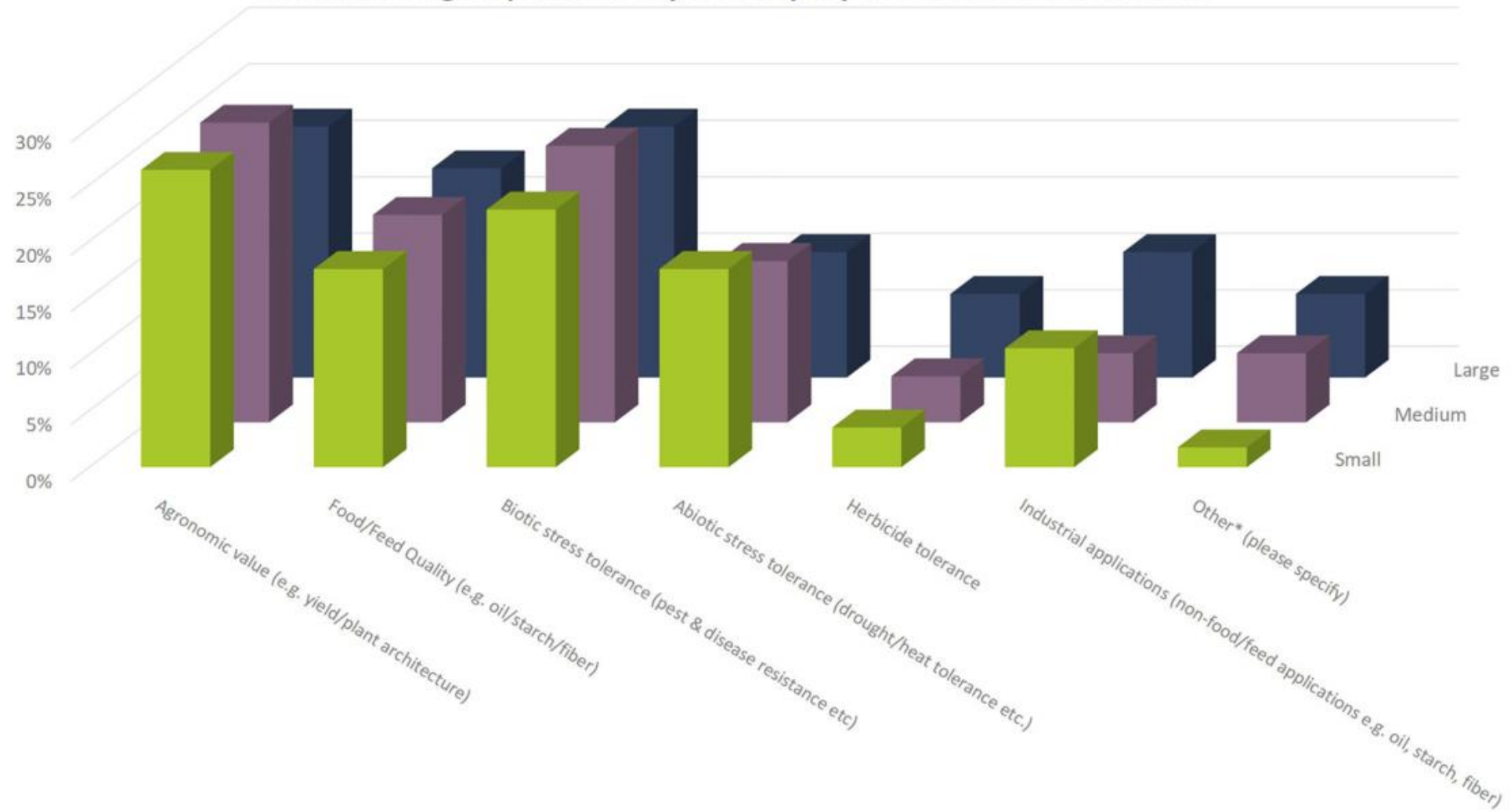


- o 3 põhilist pidurit täppisaretuse kasutuselevõtuks:
 - o Seadusandlik ebakindlus
 - o Regulatiivsed nõuded ja lisakulud
 - o Tarbija suhtumine GMO-direktiivi

In which crops/crop groups is your company currently active in R&D with NBTs?



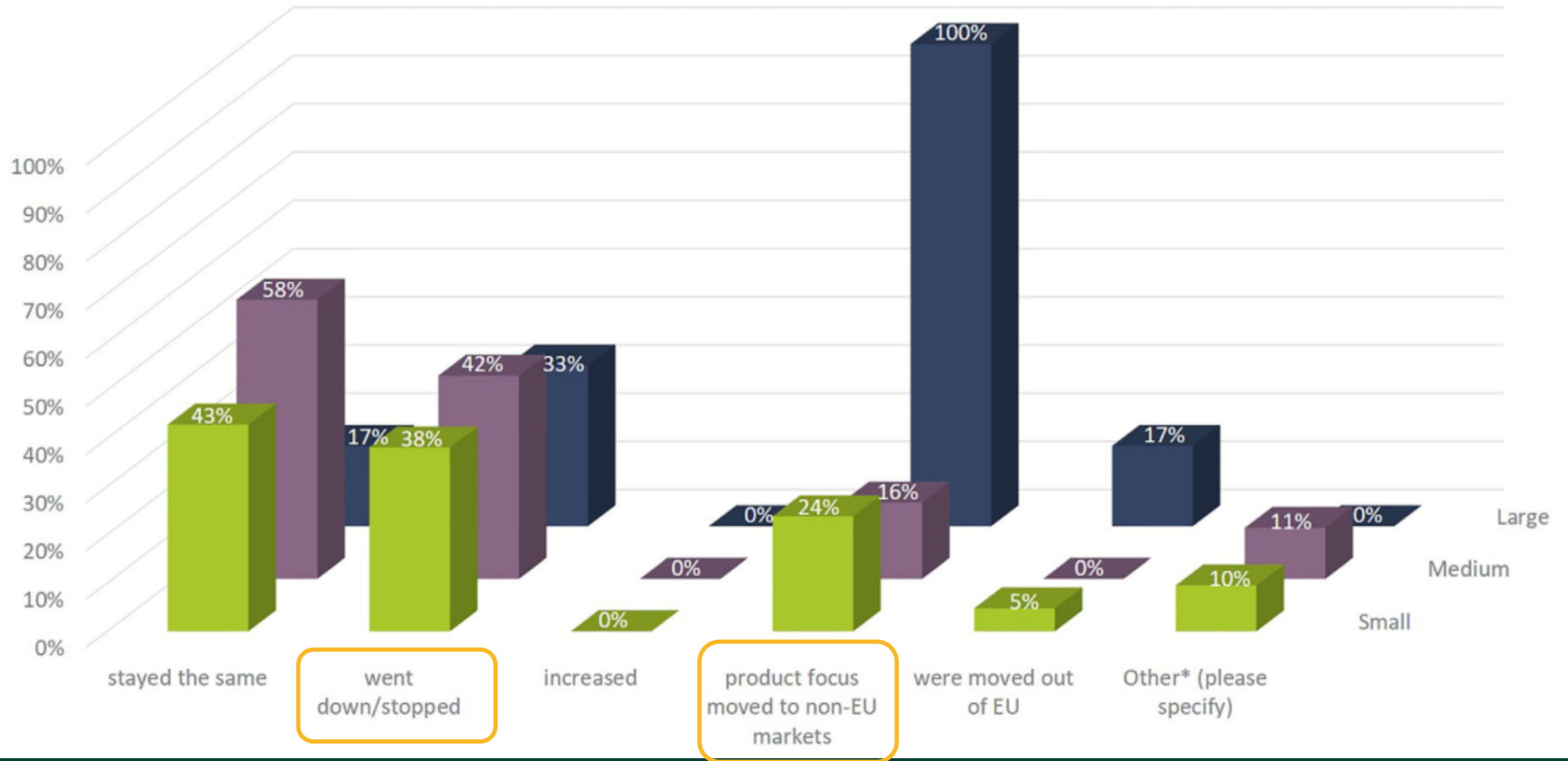
Which kind of goals/traits does your company address in R&D with NBTs?



CRISPR-Cas9 on EL-s võrdsustatud GMOga!

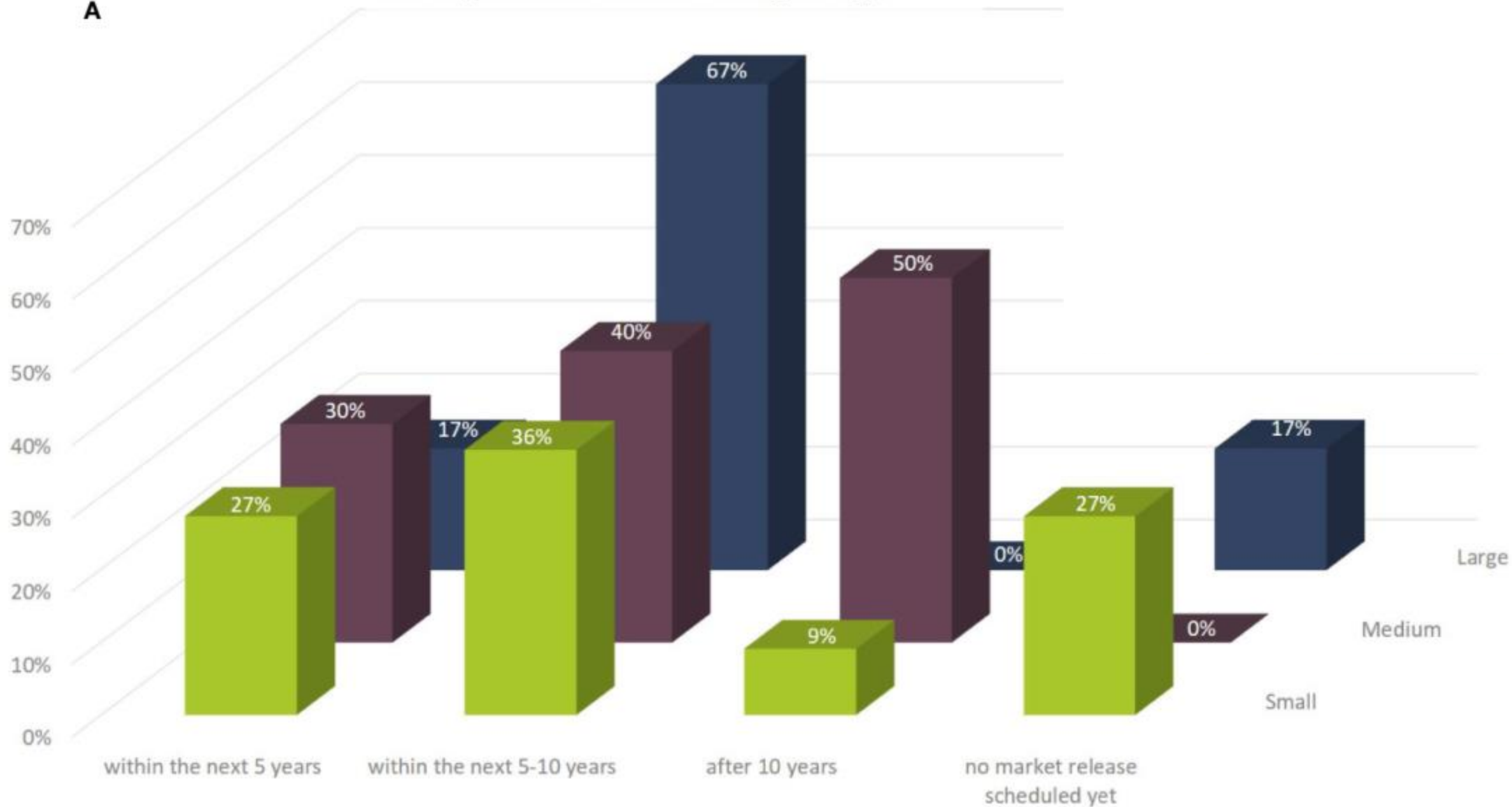
- 2018.a Euroopa Kohtu otsus
- Käimas arutelud, kas 2001.a GMO direktiivi tuleks täiendada/muuta, kuna on loodud uusi mutageniseerimise meetodeid
- Paljud teadlased praeguse olukorra vastu – viib sordiaretuse jm tootearenduse Euroopast välja

Did your R&D activities for applying NBTs change after the 25 July 2018 ECJ ruling on mutagenesis breeding ?

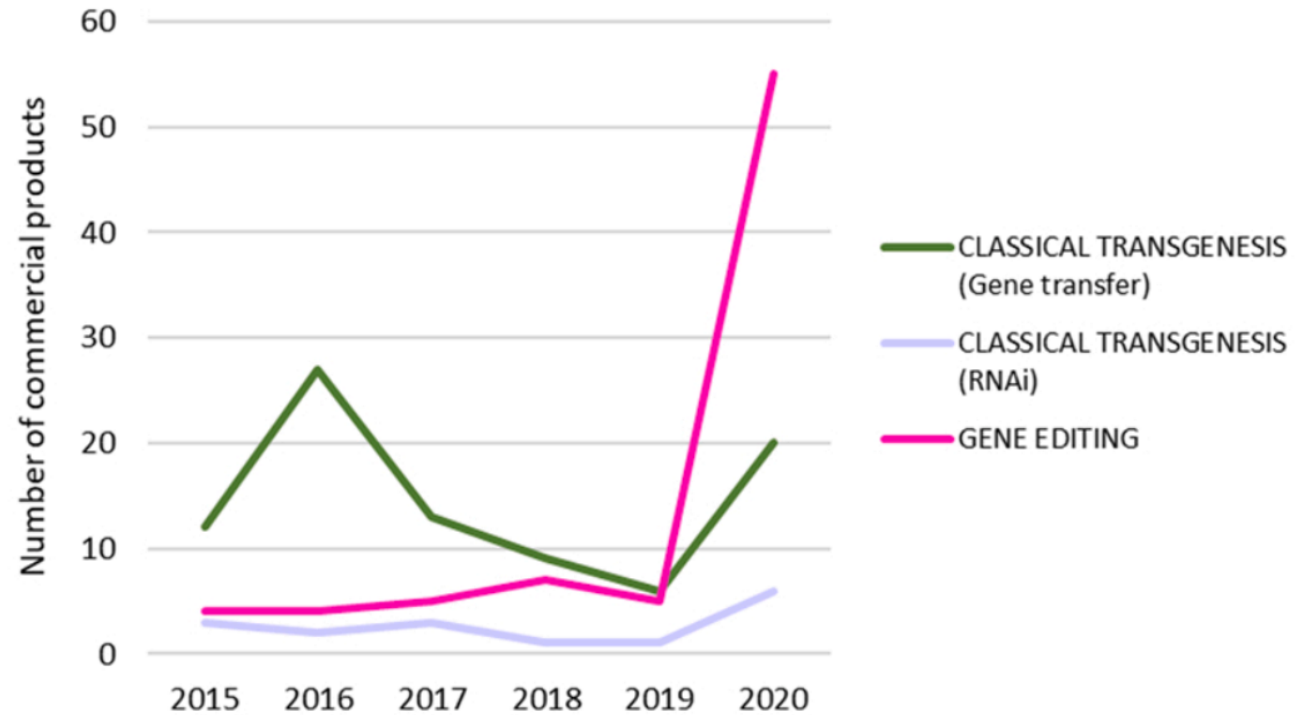
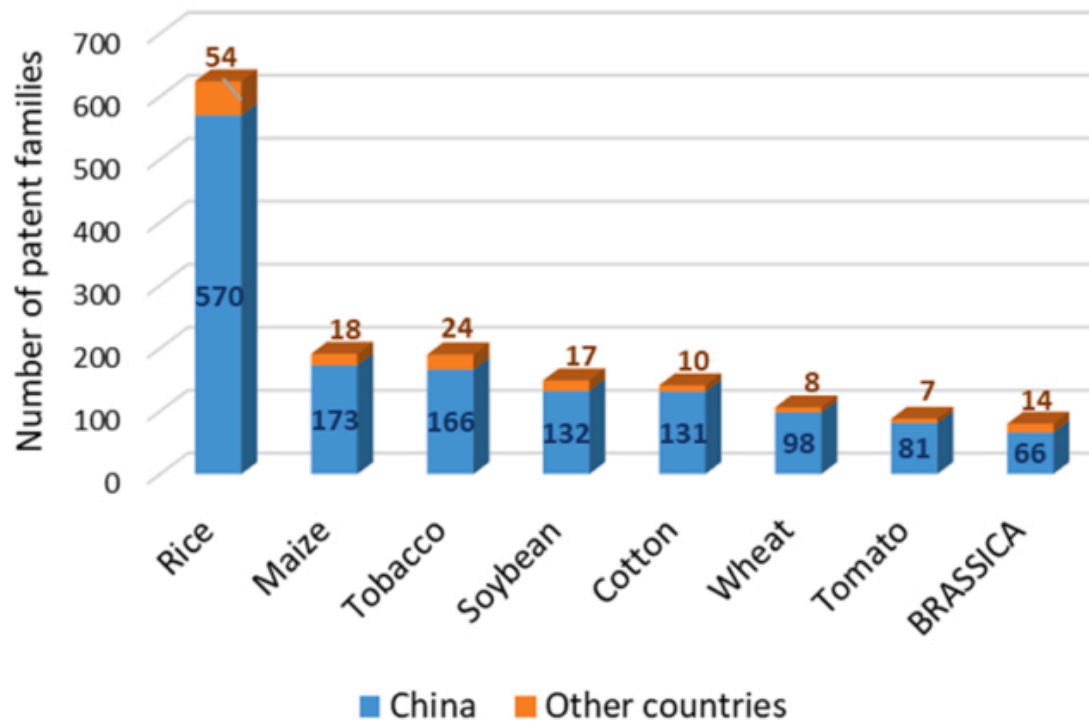


When will your company most likely bring varieties resulting from NBTs to the market (globally)?

A



Taime biotehnoloogia alased patendid 2015 - 2019



Euroopa Komisjoni tellitud NGT uuringu järeldused (29.4.2021)

- Euroopa kohtu otsusel on olnud **takistav mõju** teadusarengutele Euroopas selles valdkonnas.
- Paljud NGT abil saadud taimed saaksid panustada **EL Roheleppe** (eriti Talust Taldrikule) ja ÜRO Säästva arengu eesmärkide täitmisesse.
- Mahe ja GMO-vaba turg aga pooldab Euroopa kohtu otsust ja arvab, et NGT areng võiks mõjutada tarbija usaldust mahesektori suhtes ja kahjustada mahetootjate huve.
- Nii uute tehnoloogiate kasutuselevõtt kui ka nende mittekasutmine tõstatab eetilisi küsimusi. Oluline, **kuidas** NGT-d kasutatakse, mitte kas!

Kokkuvõtteks

- Rohelepe nõuab **pestitsiidide kasutuse vähendamist** ning samaaegselt tervisliku ja jätkusuutliku toidu pakkumist
- **Traditsiooniline sordiaretus** põhineb parimate geenikombinatsioonide leidmisel.
- **Geneetilised ressursid** on asendamatu varandus.
- Uued meetodid nagu **geneetilised markerid ja täppisaretus** on vajalikud selleks, et kliimamuutustega sammu pidada ning sorte parendada.



EESTI TAIMEKASVATUSE INSTITUUDI BINGO

| | | | | |
|---|--|---|--|--|
| KÜLASTANUD ETKI JÕGEVAL | SÖÖNUD 'JÕGEVA KOLLAST' | KASVATANUD AEDHERNEST 'AAMISEPP', 'VIRGEST' VÕI 'LOOMINGUT' | NAUTINUD VÕILEIVAL 'MALLET' | TEAD 'TIINAT', 'TEELET' JA 'PIRETIT' |
| OSALENUD MÕNEL ETKI ÜRITUSEL | KÜLASTANUD ETKI MAAMESSIL | OSTNUD ETKI SEEMNEID TÜRİ LILLELAADALT | TEAD, KES ON MIHKEL PILL | KÜSINUD NÕU, KUIDAS RAJADA MURU |
| JÄLGINUD TAIME- KAHJUSTAJATE MONITOOINGU LEHTE monitooring.etki.ee | TUTVUNUD UUTE SORTIDEGA 'PERENAISE' JA 'TUULI' | VAADANUD TAIMEKAITSE- PRITSIDE ÕPPE- VIDEOT | LUGENUD TEABE- MATERJALE TAIM.ETKI.EE LEHELT | TEAD, ET ÜHE SORDI ARETUS VÕIB VÕTTA AEGA ISEGI ÜLE 10 AASTA |
| TEAD, ET TALINISU KÜLVATAKSE SÜGISEL MITTE TALVEL | TEAD, ET 100 AASTAT TAGASI PANDI ALUS ETKile | LUGENUD AGROMETE- OROLOOGILISI ISELOOMUSTUSI | KÜLVANUD KODUAIA MURUKS SALE-HAGU- HEINA 'ILO' | TEAD, MIS ON TRITIKALE |



Eesti Taimekasvatuse Instituut

Tänu kuulamast!
Küsimusi?