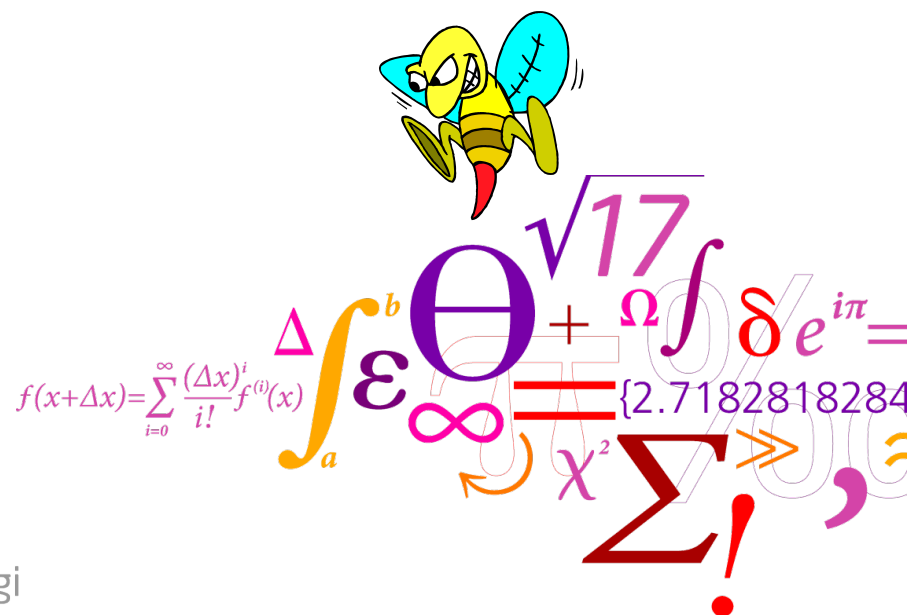


# GM-afgrøder og spredning til vilde slægtninge

Rikke Bagger Jørgensen





*"Svinglen drær", malet af Naturen år xxxx*



*"Bíen og blomsten", malet af Naturen år xxxx*

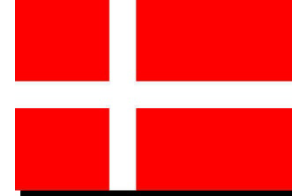
# Eksempler på dyrkede planter, hvor der er genetisk evidens for spontane krydsninger med vilde slægtninge

---

lucerne	kaffe	kartoffel	rajgræs
æble	bomuld	quinoa	havrerod
avocado	sibirisk elm	radise	sorghum
banan	svingel	raps	sojabønne
bønne	græskar	poppel	squash
roe	vindrue	turnips	jordbær
krybhvene	enebær	kål	solsikke
cacao	salat	hindbær	valnød
sukkerrør	majs	rhododendron	vandmelon
cassava	hirse	ris	brød-hvede
cocona	havre	rug	durum-hvede







## Danmark: Eksempler på afgrøder, som krydser naturligt med vilde slægtninge

---

lucerne

ært

gulerod

roe

svingel

rajgræs

rapgræs

radise

raps

turnips

kinakål

cikorie salat

kløver

hindbær

hundegræs

salat

havre

jordbær

elm

pil

bøg

poppel

kirsebær/blomme

ask

fyr

hassel

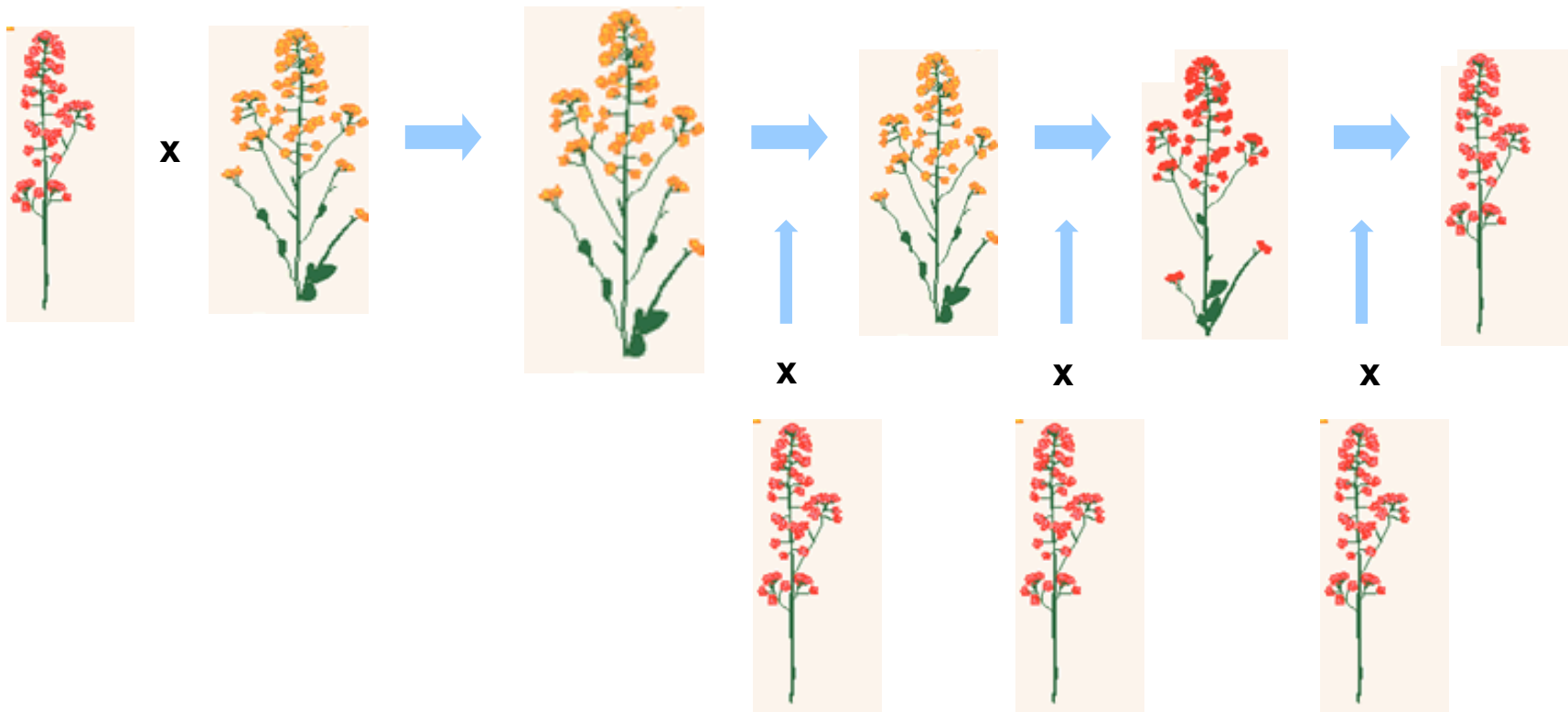
eg

rose

# Hvad skal der til, før et transgen kan overføres fra afgrøde til vild art ?



vild art x afgrøde                      F<sub>1</sub>                      BC<sub>1</sub>                      BC<sub>2</sub>                      "vild art"

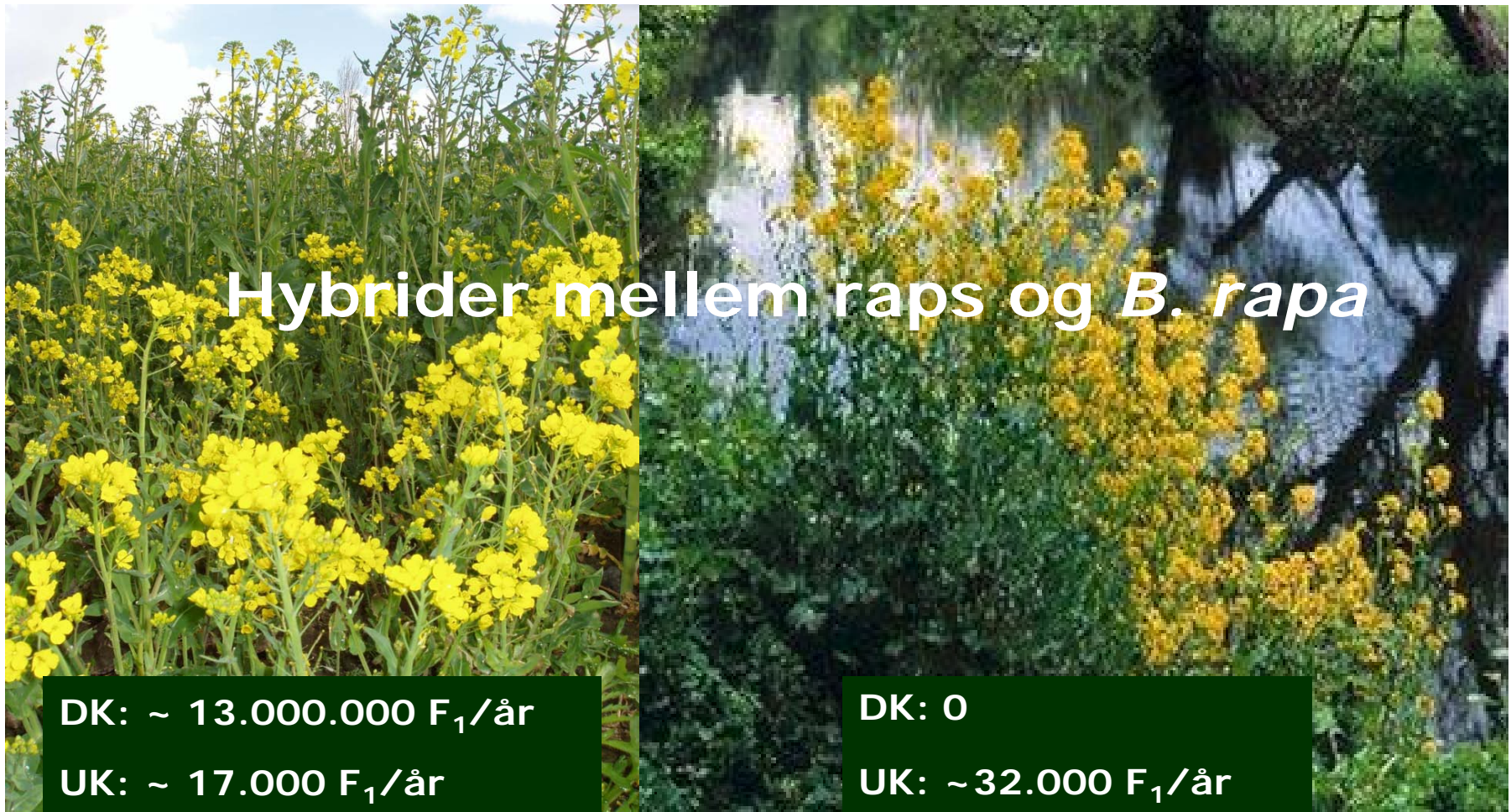




# Hvor ofte sker genoverførsel fra afgrøde til vild art?

Den er meget variabel og afhænger fx af:

Hyppigheden og udbredelse af donor og recipient, genotyper/krydsningskompatibilitet, bestøvningssystem, spredningsvektorer (insekter/vind), klima, landskabs topografi, landbrugspraksis og selektion af den indsatte egenskab



Hybrider mellem raps og *B. rapa*

DK: ~ 13.000.000 F<sub>1</sub>/år

UK: ~ 17.000 F<sub>1</sub>/år

DK: 0

UK: ~32.000 F<sub>1</sub>/år



# Hvor ofte sker genoverførsel fra afgrøde til vild art?

$$R_{ig} = \zeta_i * (O_{ig} + S_{ig})$$

with:

$$S_{i(AA)} = \sum_{k \in G_{si}} \{F_{k(AA)} * \rho_k * \delta_k\} + \left\{ \frac{F_{k(AA)} * \rho_k * \delta_k}{4} \right\}$$

$$S_{i(Aa)} = \sum_{k \in G_{si}} \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * \rho_k * \delta_k}{2} \right\}$$

$$S_{i(aa)} = \sum_{k \in G_{si}} \{F_{k(aa)} * (1 - \tau_k) * \delta_k\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * \rho_k * \delta_k}{4} \right\}$$

$$O_{i(AA)} = \sum_{k \in G_{oi}} \sum_{j \in G_{oi}} \left\{ \frac{F_{k(AA)} * (\tau_k * P_{j(AA)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(AA)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * (\tau_k * P_{j(AA)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{4} \right\}$$

$$O_{i(Aa)} = \sum_{k \in G_{oi}} \sum_{j \in G_{oi}} \left\{ \frac{F_{k(AA)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * (\tau_k * P_{j(AA)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{4} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * (\tau_k * P_{j(aa)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(aa)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{2} \right\}$$

$$O_{i(aa)} = \sum_{k \in G_{oi}} \sum_{j \in G_{oi}} \left\{ \frac{F_{k(aa)} * (\tau_k * P_{j(aa)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(aa)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{2} \right\} + \left\{ \frac{F_{k(Aa)} * (\tau_k * P_{j(Aa)} * \phi_{kj})}{4} \right\}$$

- $R_{ig}$  *the seed density shed into the seed bank (to be entered in Eq 2);*
- $S_{ig}$  *the seed density produced via selfing;*
- $O_{ig}$  *the seed density produced via outcrossing,*
- $F_{kg}$  *the female gamete density,*
- $P_{jg}$  *the fraction in the pollen cloud of jg of all pollen,*
- $\zeta_i$  *the harvest loss rate (Table 1);*
- $\rho_k$  *the selfing rate (Table 1);*
- $\delta_k$  *the pollen fertility (Table 1);*
- $\tau_k$  *the outcrossing rate (= 1- $\rho_k$ );*
- $\phi_{kj}$  *the cross compatibility between class k and j (supplementary materials).*
- $G_{si}$  *consists of all genome classes which by selfing produce class i (Table 2).*

**Modellering af spredning kræver detailviden og derfor mange ressourcer**

**Model for spredning fra raps til agerkål - skal hverken læses eller forstås!**



**Ofte er hybrider mere konkurrencedygtige  
- og det har ikke noget med GM at gøre**

# 13 problematiske ukrudt eller invasive planter, som er udviklet fra afgrøder

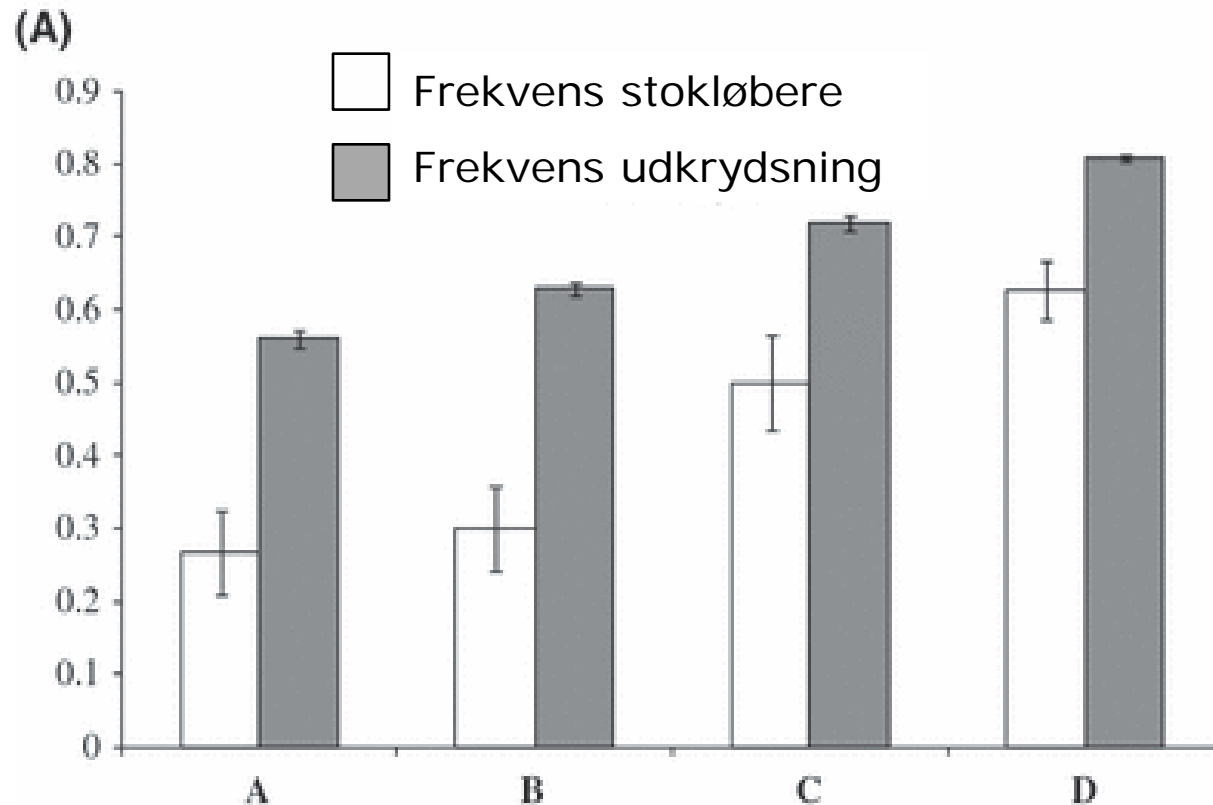
	Common name of plant pest	Progenitor(s) Type of fertility	Source location of crop descendant studied	Key evolved traits relative to crop ancestor	Habit	Citations
I	Artichoke thistle (in part)	Artichoke ( <i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i> )* Endoferal	California, USA	Development of spininess, smaller more numerous heads, leaves deeply dissected, delayed and extended flowering period	Perennial herb	Leak-Garcia (2009)
W	Semi-wild wheat	Bread wheat ( <i>Triticum aestivum</i> )* Endoferal	Tibet, China	Easily broken rachis which facilitates shattering	Annual grass	Sun et al. (1998); Ayal and Levy (2005)
W	Weedy finger millet	Finger millet ( <i>Eleusine coracana</i> subsp. <i>coracana</i> )* × wild finger millet ( <i>Eleusine coracana</i> subsp. <i>africana</i> ) Exoferal	Africa	Disarticulating spikelets	Annual grass	Hilu et al. (1978); de Wet et al. (1984); de Wet (1995)
W	Johnsongrass	Grain sorghum ( <i>Sorghum bicolor</i> )* × Johnsongrass ( <i>S. halepense</i> ) Exoferal	Nebraska and Texas, USA	Perennial, shattering, rhizomatous	Perennial grass	Morrell et al. (2005)
W	Columbus grass	Grain sorghum ( <i>Sorghum bicolor</i> )* × <i>S. propinquum</i> Exoferal	'Diverse geographic origins'	Perennial, shattering, rhizomatous	Perennial grass	Paterson et al. (1995)
W	Forrageiro	Radish ( <i>Raphanus sativus</i> )* Endoferal	Rio Grande do Sul, Brazil	Resistance to ALS-inhibiting herbicides	Annual or biennial forb	Snow and Campbell (2005)
I/W	California wild radish	Radish ( <i>Raphanus sativus</i> )* × Jointed charlock ( <i>R. raphanistrum</i> ) Exoferal	California, USA	Earlier bolting, earlier flowering, increased flower number, unexpanded hypocotyl, increased fruit number, increased seed number	Annual or biennial forb	Hegde et al. (2006); Ridley et al. (2008); Ridley and Ellstrand (2009)
W	Weedy rice	Rice ( <i>Oryza sativa japonica</i> )* Endoferal	Liaoning, China	Shattering	Annual grass	Cao et al. (2006)
W	'Blackhull' weedy rice	Rice ( <i>Oryza sativa indica</i> )* Endoferal			Annual grass	Londo and Schaal (2007)
W	Weedy rice	Rice ( <i>Oryza sativa japonica</i> )* × Rice ( <i>O. s. indica</i> ) Exo-endoferal (feral lineage descended from hybrids between two crops)			Annual grass	Ishikawa et al. (2005)
W	'Strawhull' weedy rice	Rice ( <i>Oryza sativa indica</i> )* × Brownbeard rice ( <i>O. rufipogon</i> ) Exoferal			Annual grass	Londo and Schaal (2007)
I/W	Weedy rye, feral rye	Rye ( <i>Secale cereale</i> )* Endoferal	California and Washington, USA	Shattering, smaller seed, delayed flowering	Annual grass	Suneson et al. (1969); Burger et al. (2006, 2007)
W	Weed beet	Sugarbeet ( <i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> )* × Sea beet ( <i>B. v. maritima</i> ) Exoferal	France, Germany, Italy	Shift to annual from biennial habit, woody root	Annual forb	Mücher et al. (2000); van Dijk (2004)

**Ukrudtsroer:  
Alm. roe X Strandbede**

\*Domesticated plant.

Ukrudts-egenskaber hos roer stammer fra krydsning med vilde roer

Ukrudtsroer sætter hurtigt frø og kan ofte bestøve sig selv - det giver ukrudtsroer et stort spredningspotentiale





# Kan vi begrænse spredningen? Ja, men ikke forhindre den, for ingen typer af kontrolmekanismer er helt sikre



Pollen spredning kan begrænses fx ved isolationsafstande, hansterilitet, chloroplast transformation, cleistogami, apomixis og uforenelige genomer ( $F_1$ )



Frøspredning kan begrænses fx ved rensning af maskiner og anden kontrol med spildfrø, frøsterilitet og uforenelige genomer ( $F_1$ )

Andre former for gen-indeslutning omfatter "transgen mitigation" og inducerbare promotorer

## Forskningsbehov:

*I dag er der stort set ingen uafhængig DK-forskning i genetisk modificerede afgrøders effekter på miljøet*

- Hvor "fittede" er naturlige hybrider mellem afgrøder og vilde arter – uden at der er et transgen til stede?
- Hvor store fitness fordele giver forskellige typer transgener hos vilde arter i naturlige økosystemer, fx. transgener der giver bedre sygdomsresistens og tørketolerance? Hvilke konsekvenser har det for økosystemerne?
- Matematisk modellering af genspredningen

# Det kan ikke siges for tit!

- De indsatte gener vil spredes til vilde arter
- Ingen risikovurdering er 100% sikker, derfor bør nytte medtages i vurderingen. Risiko og nytte vejes op mod hinanden.
  - Vores undersøgelse af 22.000 borgere viser, at når nytten er stor, følger accepten med – dog ønsker man samtidig et højt sikkerhedsniveau
- Men høj nytteværdi er stadig ikke tilstrækkeligt for accept
  - der skal være plads til at sige nej på baggrund af holdninger og værdier
- Hvis vi skal have GM-afgrøder, hvorfor kan vi så ikke snart starte diskussionen af, hvilke typer vi vil have?