

Superugraset har foreløpig ikke oppstått - men vil det vare lenge?

Fra 21. til 24. januar 2003 ble det avholdt en konferanse i Nederland med 180 deltakere: "Introgresjon fra genmodifiserte planter (GMP) til ville slektninger - hva er konsekvensene?" i regi av European Science Foundation og Vrije Universiteit van Amsterdam. ESF-programmet (AIGM) "Assessment of the possible Impact of Genetically Modified plants" har bidratt vesentlig til ny kunnskap. Mer enn 30 høyaktuelle foredrag og over 50 instruktive postere ble presentert.

Inger Nordal

Bakgrunnen for konferansen i Amsterdam er at vi nå, globalt, har gående et helt nytt eksperiment med ukjente følger: I 2002 dyrkes det genmodifiserte planter (GMP) på mer en 58 millioner hektar - et område større enn Tyskland, Belgia og Nederland til sammen.

Ny kunnskap

De første utsettingene av GMP fant sted allerede i 1986, så vi har nå over 15 års erfaring med eventuelle virkninger - og det var disse erfaringene som skulle oppsummeres på møtet. Konferansen hadde ellers et spesielt fokus på EU-direktiv 2001/18/EF, som påbyr utstrakt overvåking i tilknytning til utsetting av GMP. Under konferansen ble det disku-

tert hva slags informasjon som må følge med nye søknader om markedsføring eller utsetting av en genmodifisert plante: I tillegg til en detaljert undersøkelse av den genmodifiserte planten selv, er basiskunnskap om ville slektninger nødvendig - artenes biogeografi, reproduksjonssystem, blomstringstid, spredningspotensial, genetisk diversitet og populasjonsstruktur (demografi). Generelt er det få plantearter som vi har fullverdig slik kunnskap om.

I så måte har utviklingen av genmodifiserte planter medført en kraftig oppblomstring av grunnforskning knyttet til genflyt og introgresjon. Planter hybridiserer, og avkommet

krysser seg tilbake til foreldreplantene. På den måten kan gener spre seg utover artsgrenser - i dette tilfelle fra GMP til ville slektninger. (Et synlig eksempel på introgresjon: I fjellet blir bjørka rød om høsten, i lavlandet gul - genet for rødfargen har vel fjellbjørka fått fra dvergbjørk ved introgresjon.)

Genflyt

I Europa dyrkes det i liten grad kulturvekster som har ville slektninger. Et unntak er raps (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), og for denne er det uttrykkelig påvist genflyt til ville slektninger som f.eks. åkerkål (*Brassica rapa* ssp. *campestris*). Denne hybridene er like vital og fertil som villsllektingen, og den representerer et potensielt nytt superugras, først studert av Rikke Bagge Jørgensens gruppe ved Risø forskningsstasjon i Danmark. Enda mer alvorlig er det kanskje at det i Canada er påvist at rapsplanter nå har plukket opp gener for tre ulike herbicidresistens-egenskaper (glyphosate, glufosinate og imidazolinone). Dette er et produkt naturen selv har laget med utgangspunkt i ulike GMP - intet genteknologiprodukt er tilført mer enn ett av resistensgenene! (rapportert av Susan Warwicks gruppe, Agriculture and Agri-food Canada.)

Det meste av den relevante forskningen på europeisk side av Atlanter-

havet foregår på relasjonen mellom tradisjonelt framstilte kulturvekster og deres ville slektninger, for å finne eventuelle molekylære markører eller for å modellere scenarier for introgresjon/genflyt. Interessante systemer ble presentert på konferansen, for blant andre karse-slekten (*Rorippa*), salat-slekten (*Lactuca*), gulrot-slekten (*Daucus*) og sukkerbete-slekten (*Beta*).

Karse

Kulekarse (*Rorippa austriaca*) ble innført til Mellom-Europa på 1800-tallet. Først i 1980-årene begynte arten å ekspandere kraftig og krysser seg nå med ugraset veikarse (*Rorippa sylvestris*). Hybridene virker å være "invasive" - altså med stor sprednings- og etablerings-evne. Det potensielt nye krysningsugraset oppfører seg ikke likt i alle områder den forekommer, og det har ikke lavere 'fitness' (overlevelse- og reproduksjons-evne) enn foreldreartene. Det interessante her er det lange tidsrommet mellom innførsel og ekspansjon. At en GMP ikke sprer seg i tidlig testperiode trenger altså ikke bety at den ikke kan gå over i en spredningsfase senere (Walter Bleekers forskningsgruppe, Osnabrück, Tyskland).

Salat

Et annet europeisk system som er under grundig



Foto: Creative collection®

undersøkelse (syv forskergrupper i fem land, bl.a. Hans den Nijs' gruppe i Amsterdam, Nederland) med tanke på å lage modeller for overvåkning av genflyt, er dyrket salat (*Lactuca sativa*) og taggsalat (*Lactuca serriola*). Ved molekylær metodikk er det påvist introgresjon til, og økt spredning av, taggsalat - som er et ugras. Det er også påvist at arten har endret økologisk "adferd" i senere tid ved å invadere kjøligere og våtere habitater. En hypotese er at det skyldes introgresjon av gener fra dyrket salat.

Gulrot

Det har vært hevdet at foredlede egenskaper er mindre adaptive enn ville i et naturlig miljø. Det

holder ikke alltid stikk: For eksempel har hybrid mellom vill gulrot og dyrket høyere overlevelse og blomsterproduksjon enn den ville. Kommersiell såkorn er ofte forurenset av hybrid-frø som gir ubrukelige planter siden de er ettårige og derfor ikke bygger opp robust pelerot som kan nyttiggjøres (Thure Hauser, ved Risø Forskningsstasjon, Danmark). Tilsvarende er vist i et eksperiment med vill og dyrket reddik (*Raphanus*) som har gått over syv år i USA: Gener fra kulturformen spres over flere kilometer, og de foredlede egenskapene lukes ikke ut av villpopulasjonen over tid (Allison Snow's gruppe fra Ohio State University, USA).

Bete

Som for gulrot, er det et problem for dyrkere av sukkerbete at gener fra strandbete (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) overføres slik at sukkerbeten blomstrer første året (såkalte boltere) og derved taper innholdsverdi. Her ser det derimot ut som genflyt fra dyrket vill bete er av mindre betydning (Henk van Dijk's gruppe fra Université de Lille, Frankrike).

Solsikke

Amerikanerne har som ventet kommet lengre enn europeerne med forskning på GMP utsatt i naturen. Solsikke (*Helianthus annuus*) med innsatt gen for Bt-toksin (insektgift, se Genalt 4-2002, s. 22) dyrkes i USA. Denne kan krysse seg med vill-solsikke som dermed plukker opp Bt-genet. Det er vist at villformen med Bt-genet klarer seg bedre mot angrep fra sommerfugllarver enn villformen uten Bt-genet. Naturlig seleksjon vil favorisere den ville Bt-solsikken. Det er høyst sannsynlig at dette genet vil øke i omfang og fikseres, det vil si at alle ville solsikker til slutt blir insektsresistente. Dette vil sikkert få konsekvenser for sommerfuglmangfoldet og påvirke balanser i økosystemet (Diana Pilson's gruppe, University of Nebraska, USA).

Det ble også slått fast at "trygghetssoner" – altså hvor stor avstand det bør være mellom åkre med GMP og ikke-GMP av samme jordbruksart – er vanskelig å vurdere. En hektar maisåker produserer for eksempel 10^{12} pollenkorner. 10^6 havner der de skal og befrukter et

maisfrø. Det betyr at millioner av pollenkorner havner annet sted hen, og noen kan komme til å havne i åkre langt av lei. Dette har medført store problemer for bønder som ønsker å drive GMP-fritt på det amerikanske kontinentet. Den første rettssaken ble for noen år siden anlagt av Monsanto mot en canadisk bonde som, etter eget utsagn, hadde utilsiktet fått inn GM-mais i åkren sin. I disse dager pågår det rettssaker reist av bønder mot genteknologifirmaer for å slippe GM-forurensning i åkrene.

Avstand til naboåkre er lett å fastslå, men avstand til ville slektninger har en sjelden kontroll over. Eksempel: markører for domestisert jordbær er funnet i villjordbær opp til 7 km fra jordbæråkren i det sørøstlige USA. Jordbær er stort sett biepollinert, og en regner at vindpollen generelt vil nå lengre.

Konklusjoner vi kan treffe etter konferansen (oppsummert av bl. a. Hans den Nijs, Nederland; Klaus Amman, Sveits; Alan Gray/Jeremy Sweet, UK og Normann Ellstrand, USA) er:

- Gener fra GMP vil med sikkerhet spre seg til ville slektninger - der disse eksisterer side om side.
- Slik genspredning vil komme til å influere videre evolusjonsforløp i villfloraen og påvirke økologiske balanser i forhold til både planter og spesielt insekter. De fleste uttrykte likevel pragmatisme i forhold til dette fenomenet: Genspredning vil skje, men hva så? Mennesket

har siden jordbrukets begynnelse påvirket miljøet.

- Evolusjon av økt "invasiveness" har påviselig funnet sted i for eksempel ugrasbete i Europa, ugras-rug i California og ugras-ris i Asia. Men det er vanskelig å lage modeller som forutsier evolusjonær og økologisk endring, som for eksempel økning av ugras-egenskaper.
- Spredningsstudier over kortere perioder er ikke nødvendigvis gyldig for et lengre tidsperspektiv. Det ser ut som spredningspotensial i en rekke arter øker kraftig etter en mer eller mindre langvarig stillstandsperiode etter introduksjon.
- For å oppfylle EU-direktiv 2001/18 er det nødvendig å forlange kostnadseffektive og entydige markører innsatt i GMP i tillegg til dem som gir endrete egenskaper. Det betyr markører som kan undersøkes ved velkjente molekylære metoder (som såkalte fingerprintmetoder basert på PCR-RAPD, AFLP og/eller mikrosatellitter, eller eventuelt isoenzymer).
- Av de 180 deltakerne var det ingen fra utviklingsland, bortsett fra to meksikanske kvinner, som sterkt uttrykte "We don't want it!!" i forhold til GMP-mais. De møtte faktisk relativt lite forståelse blant forskerne. U-landsrepresentanter burde vært bedre representert på konferansen.

Inger Nordal er professor i biologi, Universitetet i Oslo og medlem av Bioteknologinemnda.

Genoverføring mellom arter:

Føre var eller etter snar?

Både funksjonelle gener og andre DNA-sekvenser kan tas opp av organismer i et økosystem, for så å spres til andre typer livsformer og videre over i nye økosystemer. Betydningen av genoverføring mellom arter i risikovurderinger av genmodifiserte organismer (GMO) diskuteres både blant forskere og beslutningstagere. Det er så langt utført lite forskning både med hensyn til frekvens og til effekt av genoverføring. På grunn av mangel på data, og derav en eksisterende usikkerhet, er det lett å forsvare involveringen av føre-var-prinsippet i beslutninger om bruk av GMO.

Anne Ingeborg Myhr

Måten genmateriale overføres fra en generasjon til neste varierer. Hos planter skjer vanligvis genoverføring ved seksuell overføring fra foreldre til avkom. Ved siden av kan gener overføres til andre arter/populasjoner ved krysspollinering. De fleste planter i landbruket har slektninger som kan klassifiseres som ugress, og det antas at krysninger har vært en viktig prosess for å skape økt variasjon (et eksempel er mellom mais og den ville slektningen teosinte). Formering av bakterier skjer ved celledeling, samt ved en seksuell form der DNA-sekvenser overføres mellom celler. I tillegg kan gener og DNA-sekvenser overføres ved ikke-seksuell (horisontal/lateral) genoverføring (HGO). HGO kan skje på tvers av arts-

grenser ved prosesser som det i dag er liten kunnskap om i det naturlige miljø. Ved sammenligning av DNA-sekvenser mellom fjerntstående organismer er det vist at HGO har spilt og fortsatt spiller en viktig rolle i evolusjonen. Dette er også sannsynliggjort gjennom laboratorieforsøk.

Transgener er spesielle

Overføring av gener mellom ulike organismer behøver i seg selv ikke representere noen fare, da det er en naturlig del av evolusjonen. Ved genmodifisering av organismer settes gener og DNA-sekvenser derimot inn i en ny sammenheng. En viktig problematisering blir da hvorvidt dette øker muligheten for videre genoverføring til andre arter, eller representerer

nye faremomenter ved at tidligere ikke-kombinerte DNA-sekvenser får virke sammen.

Før genmodifisering av en organisme, blir genet av interesse, såvel som et markørgen, satt inn i en vektor ("genferge"), som skal gjøre det lettere å overføre transgenet til en ønsket mottakercelle. Små DNA-fragment kan også overføres og havne i mottakergenomet der det kan resultere i ødeleggelse av eksisterende gener, skape nye såkalte mosaikkgener, eller endre genuttrykket. De fleste gener inngår som deler av komplekse systemer, hvor innføring av et fremmed gen eller en DNA-sekvens kan føre til nye, konkurransemessige fortrinn og/eller påvirke interaksjoner og nettverk mellom et stort antall andre gener. Dersom genkonstruksjonene integreres i kjønnsceller, kan de spres ved vertikal, seksuell overføring til kommende generasjoner.

Det finnes naturlige overføringsbarrierer som beskytter arter mot inkorporering av fremmed DNA, og det er store forskjeller på hvor effektivt gener og DNA-sekvenser lar seg overføre. Foreløpig er kunnskapen begrenset om hva disse forskjellige består i. De fleste transgener brukt så langt, koder for spesifikke egenskaper (for eksempel gener som koder for antibiotika-,