



**GENTEKNIKNÄMNDEN**  
THE SWEDISH GENE TECHNOLOGY ADVISORY BOARD

## Konferensrapport

# Transgena växter – för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Populär- och tvärvetenskaplig konferens  
5 oktober 2006 i Riksdagen

Moderator: Erling Norrby



Blommande Crambe (oljekål). Infälld bild: omogna frön.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

### **FÖRORD**

Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera, var temat för en populär- och tvärvetenskaplig konferens i Riksdagshuset den 5 oktober 2006. Konferensen anordnades av Gentekniknämnden tillsammans med Apotekarsocieteten, Sällskapet Riksdagsmän och Forskare, BioteknikForum, Formas, Vinnova, Plast- och Kemiföretagen, Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Sveriges lantbruksuniversitet, Kungl. Vetenskapsakademien, Jordbruksverket och Lantbrukarnas Riksförbund.

Rapporten består av en sammanfattande text, skriven av Monika Starendal, redaktör och vetenskapsjournalist. Textens innehåll har faktagranskats och godkänts av föreläsarna.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

### INNEHÅLLSFÖRTECKNING

#### Föredrag/talare

<b>1 Välkommen</b> .....	4
Claes Ramel, vice ordförande i Sällskapet riksdagsmän och forskare, RIFO	
Erling Norrby, moderator	
<b>2 Inledare/visionär</b> .....	4
Torbjörn Fagerström, prorektor vid Sveriges lantbruksuniversitet	
<b>3 Utveckling av skogsbioteknik</b> .....	5
Rishikesh Bhalerao, professor i växters cell- och molekylärbiologi, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå	
<b>4 Bioteknisk bearbetning av cellulosa, enzymologi</b> .....	7
Gunnar Henriksson, docent i träbiologi, KTH	
<b>5 Förnyelsebar råvara till industrikemikalier och bränsle</b> .....	8
Christer Jansson, professor i molekylär cellbiologi, Sveriges lantbruksuniversitet	
Sten Stymne, professor i växtförädling med biokemisk inriktning, Sveriges lantbruksuniversitet	
<b>6 Det gröna reningsverket, fytosanering</b> .....	11
Maria Greger, docent i växtfysiologi, Stockholms universitet	
<b>7 Vilken roll kommer gentekniken att spela när oljan blir för dyr?</b> .....	13
Utfrågning av panel:	
Tina D'Hertefeldt, forskarassistent, Lunds universitet	
Petter Gustafsson, professor i molekylär växtbiologi, Umeå universitet	
Linda Hedlund, blivande chef, LRF skogsägarna	
Kristofer Vamling, informations- och biosäkerhetsansvarig, Plant Science Sweden	
Annika Åhnberg, allmänna avdelningens ordförande, KSLA	
<b>8 Produktion av läkemedel m.m. i transgena växter</b>	
<b>Produktion i cellkulturer</b> .....	16
Peter Brodelius, professor i biokemi, Högskolan i Kalmar	
<b>9 Human- och djurproteiner i växter, t ex antigener och antikroppar</b> .....	17
Anders Kvarnheden, docent i växtvirologi, Sveriges lantbruksuniversitet	
<b>10 Kommentarer till de två föregående föreläsarna</b> .....	18
Peter Liljeström, professor i smittskydd, särskilt vaccinforskning, Karolinska institutet	
<b>11 Miljöregler och försiktighet</b> .....	19
Staffan Eklöf, t f chef, Jordbruksverkets växtodlingsenhet	
<b>12 Kvalitetskontroll av rekombinanta läkemedel, erfarenheter från EU</b> .....	20
Axel Ståhlbom, fil dr i molekylär bioteknik, Läkemedelsverket	



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

<b>13 Industrins (kemiindustrins) perspektiv</b> .....	21
Harald Skogman, styrelseordförande, Greenchem	
<b>14 Skogs- och jordbrukets perspektiv</b> .....	22
Sara von Arnold, professor i skogsträdens cellbiologi, Sveriges lantbruksuniversitet	
<b>15 Samhällsekonomiska perspektiv – i i-länder och u-länder</b> .....	23
Ewa Rabinowicz, professor i ekonomisk analys av livsmedelssystemet och forskningsledare vid Livsmedelsekonomiska institutet Carl-Gustaf Thornström, docent, gästforskare vid centrum för biologisk månfald, Sveriges lantbruksuniversitet	
<b>16 Avslutande reflektion</b> .....	26
Kristina Glimelius, professor i kulturväxternas genetik och förädling, Sveriges lantbruksuniversitet	



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

### 1 Välkommen

– Dagens symposium om transgena växter berör ett ämnesområde som öppnar något av en ny värld. Det ger möjligheter att framställa mediciner och andra kemiska produkter i stor skala med hjälp av dagens molekylära genetik. Med dessa ord inledde **Claes Ramel**, vice ordförande i Sällskapet riksdagsmän och forskare, dagens konferens och hälsade alla välkomna.

Framställningen och användningen av transgena organismer kommer i framtiden sannolikt att bli ett allt hetare område, både vad gäller forskning och tillämpning, fortsatte han.

– Våra beslutsfattare kommer säkerligen att ställas inför många svåra val som kräver kunskap inom många ämnesområden, som genetik, molekylärbiologi och farmakologi.

– Temat för dagens konferens är växternas arvs massa och möjligheter att förändra denna, sade dagens moderator, **Erling Norrby**, professor i virologi. Vi kommer dock inte att ägna oss åt växternas betydelse som livsmedel då detta redan har debatterats i en tidigare konferens anordnad av Gentekniknämnden. I stället diskuteras i dag användningen av växter för andra nyttigheter. Den vetenskapliga tidskriften *Science* har just publicerat det tredje komplett analyserade växtgenomet. Det första var arvs massan i backtrav, det andra ris och det nu publicerade är poppelns arvs massa, där också svenska forskare från Umeå har deltagit. Poppel har cirka 40 000 gener, att jämföra med människans 23 000 gener.

Men det gäller att vara varse att mycket arbete återstår, påminde han.

– Det förhållandet att man kan karaktärisera hela arvs massan hos en art innebär inte att vi har total insikt i hur olika funktioner regleras i en organism. Tvärtom påminns vi hela tiden om att vi bara gläntar på dörren till ett fantastiskt kunskapsfält.

Ett exempel är årets nobelpris i medicin. Det delas ut för upptäckten av små interferens-RNA, en grundläggande och viktig mekanism i arvs massan som var okänd för bara tio år sedan. Det är inte alls omöjligt att det finns andra lika grundläggande mekanismer som vi ännu inte har identifierat, menade Erling Norrby.

– Vi står alltså inför en väldigt stor komplexitet, mycket större än vi kanske tidigare förväntade oss, och vi måste närma oss den med ödmjukhet och varsamhet. Men den öppnar också för otroliga möjligheter.

### 2 Inledare/visionär

**Torbjörn Fagerström**, prorektor vid Sveriges lantbruksuniversitet, kommenterade hur lätt det har varit att skrämna människor med genteknik. För 15–20 år sedan var genteknik fortfarande mest science fiction.

– Och visst är det lätt att fantisera fram potentiella användningar av genteknik som skulle kunna bli stora miljöproblem. Ett skräckexempel som han själv brukar föra fram är om någon skulle komma på att framställa vallgräs, som ängssvingel och timotej, med förmågan att fixera luftens kväve. Sådana genmodifierade vallgräs skulle tveklöst kunna utvecklas till mycket aggressiva växter. Inte minst på skogsmark som notoriskt lider av kvävebrist. Det skulle inte gå att hålla dem instängda, de är vindpollinerade och fröna sprids lätt.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Men i dag tycker han att läget är helt annorlunda.

– För det första har science fiction blivit verklighet. Genetiskt modifierade grödor, GMO, odlas runt om i världen. Majs, soja, bomull, raps, sockerbetor osv. Ingen kan sanningsenligt hävda att odlingarna har gett upphov till några avgörande miljöproblem.

– För det andra blir det alltmer uppenbart att många GMO-projekt är positiva för miljön om de används på rätt sätt. Det gäller flera av de exempel som vi kommer att prata om här i dag, som organismer som används för att rena miljön. Men det gäller också många av de grödor som fått dåligt rykte, som herbicidresistenta grödor, som tål bekämpningsmedel. De medger att man bygger upp odlingssystem som är mera miljövänliga än de konventionella systemen.

– Några har kanske sett beräkningarna av vinsterna när det gäller Roundup-resistent raps på den amerikanska prärien. Miljövinster jämfört med konventionella odlingssystem är kanske 50, 60, 70 procent eftersom man inte behöver plöja åkrarna fram på hösten och kan spruta vid optimala tidpunkter.

– Det är exempel på ett projekt, där själva grödan kanske inte är miljövänlig. Men projektet som den möjliggör, odlingssystemet, innebär stora miljövinster.

Den kanske allra viktigaste förändringen under de senaste 10-15 åren menar Torbjörn Fagerström är en fundamental ny syn på jordbrukets funktion i framtiden. I synnerhet i vår del av världen.

– Alla lantbruksuniversitet i Europa håller på att vinkla om sig till den framtiden. Vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, utvecklar vi förståelsen av det hållbara utnyttjandet av de biologiska naturresurserna. Alla lantbruksuniversitet har liknande program. De döper om sig till "naturresursuniversitet" eller "universitet för naturresurser och biologi" och liknande.

– Framtiden är redan här i den meningen att vi som jobbar strategiskt i den här branschen sedan länge tänker på växterna, "de fotosyntesdrivna koldioxidneutrala kemiska fabriker", som framtiden.

– Det framtida jordbruket kommer att vara mångfunktionellt. Det kommer att producera materiella nyttigheter: Råvaror för industrin, energi och mat. Ekosystemtjänster i form av markrening, pollinering, luftrening och mycket mer. Rekreativvärden i form av turism och jaktmöjligheter. Vi har enorma möjligheter i Sverige att exploatera den europeiska marknaden.

### 3 Utveckling av skogsbioteknik

Träd är en betydande källa till förnyelsebart råmaterial och kan användas för en mängd olika syften.

– Det blir allt viktigare att öka skogens produktivitet, eftersom vi måste producera mer på allt mindre landyta. För att klara detta behöver vi mer grundläggande kunskaper om hur träd växer, sade **Rishikesh Bhalerao**, professor i växters cell- och molekylärbiologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Han gav i sin presentation flera exempel på hur grundforskning i träbiologi kan hjälpa till att hitta strategier för att förbättra skogens produktivitet genom transgen och icke-transgen teknik.

Världens befolkning ökar med snabb takt, från 6 miljarder år 1999 till 8 miljarder 2030. I takt med befolkningsökningen måste världens livsmedelsproduktion öka. Det innebär



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

att dagens jordbruk måste öka sin produktivitet på befintliga jordbruksarealer men också bryta ny mark genom att hugga ner skog på många håll i världen.

– Trycket på att utnyttja skogen leder till ökad skogsskövling med negativa följder för klimat, natur och djurliv. Nära hälften av den skog som fanns 1950 beräknas ha huggits ned, det är cirka 3 miljarder hektar. Avverkningarna fortsätter i snabb takt.

Vad är följderna av att skogen försvinner? Jo, att temperaturen ökar i världen. I dag är det industriländerna med USA i spetsen som släpper ut mest växthusgaser. Men allteftersom de nya industriländerna, som Kina och Indien, ökar sin produktion kommer koldioxidutsläppen att öka ytterligare. Och det verktyg som vi har i dag för att bekämpa detta, världens skogar, krymper, sade Rishikesh Bhalerao.

Skogen binder koldioxid. Den är också en källa till förnyelsebara råmaterial, en miljövänlig källa till biobränsle. Dessutom är den viktig för rekreation och friluftsliv.

– Det för oss in på frågor om på vilka sätt det går att öka skogens produktivitet. Är det möjligt? Hur kan molekylära verktyg bidra i arbetet för att göra detta? Rishikesh Bhalerao jämförde skogsbrukets utveckling med jordbrukets. Under jordbrukets långa historia har växternas avkastning ökat mångfalt sedan man började odla vilda växter. Det har skett med hjälp av olika skötselsystem, växtförädling och nu senast bioteknik. Motsvarande utveckling har inte skett inom skogsområdet.

Forskarna vid Umeå Plant Center har under flera år använt poppel som modellsystem för att öka kunskaperna om generna som styr hur träd fungerar. Fördelen med poppel är att den växer snabbt. Forskarna kan förändra den genetiska uppbyggnaden och reglera genernas arbete/genuttryck.

– Under arbetet har vi kartlagt mängder av gensekvenser, något som inspirerade det amerikanska energidepartementet, DOE, till att kartlägga det första trädgenomet på just poppel.

Den kompletta genuppsättningen för poppel publicerades i den vetenskapliga tidskriften *Science*, den 15 september 2006. Forskarna i Umeå har deltagit i kartläggningen. Hur kan den kunskapen användas? Vilka gener reglerar tillväxt och utveckling i träd?

En sådan viktig reglerygen är  $GA_{20}$ -oxidas, som styr produktionen av biomassa.

– Genom att öka uttrycket av genen i en poppelplanta, växer plantan mycket snabbare jämfört med vanlig poppel. Men inte bara tillväxten ökar, det gör också egenskaper som är kommersiellt viktiga för pappersindustrin, som trädets fiberlängd.

Utmaningarna att förädla träd som har blomningstider på mellan 20 och 30 år är formidabla. Är det möjligt att kringgå problemet med hjälp av molekylära verktyg? Ove Nilssons forskargrupp uppe i Umeå har nyligen visat att det går att påverka trädens blomningstider. Genmodifierade popplar började blomma redan efter 4 veckor på laboratoriet, normalt tar det mellan 8 och 15 år.

Rishikesh Bhalerao avslutade med att sammanfatta hur långt grundforskningen inom träbiologi kommit i dag: Forskarna vet vilka gener som reglerar tillväxt och biomassa i träd. Man kan öka trädens tillväxt och biomassa med hjälp av molekylärbiologiska verktyg. Och man har utvecklat en teknologi som kan göra det möjligt att "växtförädla" skogsträd.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

På frågan från publiken om när den första hektaren genmodifierade skogsträd planteras, var hans svar att grundforskningens uppgift är att finna verktygen för att göra det möjligt. Den viktiga frågan är sedan hur tekniken kan används vidare och för vad. Den första generationens genmodifierade träd blir antagligen snabbväxande träd, som likt popplar kan skördas redan efter 5 till 10 år. Inte gran och tall med långa rotationstider.

### 4 Bioteknisk bearbetning av cellulosa, enzymologi

Ved, och dess dominerande beståndsdel, cellulosa, har en enormt stor teknisk betydelse för mänskligheten. Cellulosa är kanske världens mest använda biomolekyl, berättade **Gunnar Henriksson**, docent i träbioteknik vid Kungliga Tekniska högskolan, KTH, i Stockholm. Ett skäl är att det finns så mycket cellulosa och att den därför är billig. Den finns i virke, men också i jordbruksprodukter, som bomull och lin. En annan förklaring är att man kan använda cellulosa till väldigt mycket: Till sågade trävaror och material som plywood. Papper, textilier och olika kompositmaterial. Till plaster i glasögon, kammar med mera. Konsistensgivare (mjukglass), krut och läkemedel. Till tvättmedel, lim och färger. Kläder görs inte bara av naturcellulosafibrer från bomull och lin, utan också av rayonfibrer från kemiska trämassor.

Ett ytterligare skäl till cellulosans breda användningsområden är dess goda egenskaper som beror på att den har en ytterst komplex uppbyggnad.

– Den grundläggande kemiska strukturen är ytterst enkel. Långa kedjor av glukos, som är den viktigaste av alla enkla sockerarter i allt levande, sade Gunnar Henriksson och förklarade hur cellulosan får sina utmärkta mekaniska egenskaper.

I naturen är cellulosakedjorna väldigt långa, mellan 12 000 och 15 000 enheter. Långa, raka och ogrenade, som binder till varandra genom vätebindningar. Cellulosakedjorna lägger sig bredvid varandra och bildar ett slags flak, som hålls samman av vätebindningarna. Flaken lägger sig i buntar (fibriller) som i sin tur tillsammans bildar större aggregat som bygger ihop sig till ett slags kompositmaterial.

Mycket av cellulosans goda egenskaper bygger på att kedjorna är organiserade på detta sätt i flera hierarkiska nivåer.

Enzymerna som används tekniskt för att modifiera cellulosa kommer från mikroorganismer. Det är framför allt vedrötande svampar, men också bakterier. De lever på att bryta ner ved till socker, som de sedan tar upp. De sänder ut enzymer i omgivningen som angriper cellulosan, som bryts ner till lösliga sockerarter.

– Man kan säga att mikroorganismerna har sin matsmältning utanför kroppen, sade Gunnar Henriksson. Men cellulosa förekommer sällan i ren form, den finns tillsammans med andra polysackarider, som pektin och lignin. Därför producerar mikroorganismerna enzymer som bryter ner också dessa liksom andra ämnen i cellulosan. Blandningen kan bestå av flera hundra enzymer.

Cellulosa är svår att bryta ner. Det är svårt för enzymerna att komma åt att bryta ner bindningarna som håller glukoskedjorna samman. Naturen har löst det genom att ha två huvudtyper av enzymer, cellulaser, som samarbetar:

– Cellobiohydrolaser, som angriper kedjorna från änden. Svårigheten för enzymerna är att finna en ände bland alla långa kedjor.

– Endoglukanaser, som kan binda mitt i en cellulosakedja och bryta upp den. Oftast krävs det en störning i cellulosastrukturen för att enzymerna ska komma åt, annars är de inte effektiva.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

– Nedbrytningen av cellulosa sker genom samverkan av flera olika typer av enzym. För att få en effektiv nedbrytning av cellulosa bör man använda en blandning av enzymer, sade Gunnar Henriksson. Inom industrin används två olika cellulaspreparat. Den äldsta typen är kulturfiltrat, som framställs genom att odla någon svamp som framställer en lämplig blandning enzymer. Sedan drygt tio år tillbaka finns också monokomponenter, som är tillverkade av GMO, genmodifierade svampar som producerar ett enda enzym.

De senaste årens stora genombrott i genteknik har lett till att det går att framställa mycket stora mängder av ett enzym till låga kostnader.

– Det sker genom att odla transgena svampar som genmodifierats för att framställa ett enda enzym i stället för hundratals. Sådana enzymer som kan angripa eller modifiera cellulosa eller fetter används i stor skala exempelvis i tvättmedel och inom textilindustrin. De används också inom pappers- och massindustrin för blekning, men potentialen är långt ifrån utnyttjad.

För att kunna öka effekten av den kemiska reaktiviteten behandlas cellulosa med en typ av cellulosednedbrytande enzym.

– Det kan leda till produktion av celluloplaster och andra cellulosederivat av högre kvalitet och med mindre användning av kemikalier. Genom att exempelvis behandla pappersmassa med enzymet xylanas kan man minska eftergulningen hos miljövänligt blekt papper avsevärt. Också returpapper kan behandlas med olika enzym för att öka deras prestanda så att de mer liknar ursprungsfibern.

Monokomponentcellulas som tillverkas av genmodifierade svampar är renare och mer väldefinierade än kulturfiltratsframställda, och fungerar bättre i många användningsområden, enligt Gunnar Henriksson. De får användas i tekniska applikationer, det mest vardagliga är tvättmedel, men inte i livsmedelsapplikationer.

### 5 Förnyelsebar råvara till industrikemikalier och bränsle

Ända fram till första världskriget dominerade biologiska råvaror inom kemisk industri. I dag utgör de bara några procent. Den fossila oljeförbrukningen per år i världen är över 4 miljarder ton. Cirka 92 procent går till energianvändning, framför allt till drivmedel, resten till kemisk industri. Kan biologiska råvaror täcka detta behov?

**Sten Stymne** och **Christer Jansson** visade i sina presentationer hur växter kan användas för att tillverka biobränslen, bioplast och en lång rad andra produkter. Växter är gröna fabriker med en unik förmåga att från solljus, koldioxid och vatten syntetisera hundratusentals komplicerade molekyler. Jordbruksväxterna har utvecklats för att ge föda, framför allt i form av olja, stärkelse och protein, de tre komponenterna i frön. Men de kan användas för att byta ut produkter som i dag tillverkas av fossil olja, mineralolja. Av vegetabilisk olja går det också att tillverka exempelvis biodiesel, och av stärkelse etanol, liksom olika produkter för kemisk industri. Framstegen inom genteknik öppnar för möjligheter att styra om de kemiska processerna i frön för att producera stora mängder nya molekyler som är speciellt lämpade för kemiska produkter.

– Det finns alltså starka incitament att använda förnyelsebara material från växter för att ersätta vissa segment av petroleumindustrin, som bioplast, laminat, tekniska oljor och bränsle. I hur hög utsträckning kan jordbruket bidra till att producera nya råvaror för



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

den kemiska industrin? Slutsatserna från Sten Stymne och Christer Jansson var att det är fullt realistiskt att det globala jordbruket, förutom att förse oss med mat, kan ersätta fossil olja i kemisk industri. Särskilt om energin för produktion och framställningsprocesser sker med icke biologiska råvaror. För energiändamål kan jordbruket endast bidra marginellt till att ersätta fossil olja. Huvuddelen av vår framtida energi måste komma från andra källor, även om vi inkluderar skog och restprodukter från jordbruket i energiproduktionen, var slutsatserna från de två föreläsarna.

Vad kan jordbruket göra för att ersätta fossil olja? **Sten Stymne** jämförde jordbrukets andel av den globala energiproduktionen. Globalt skördar jordbruket en bit över 6 miljarder ton med ett energiinnehåll per viktsenhet motsvarande en tredjedel av fossil olja. Hur mycket skulle jordbruket behöva öka sin produktion för att ersätta all fossil/mineralolja? För kemisk industri måttliga cirka åtta procent. För att ersätta all bränsleanvändning skulle produktionen av jordbruksprodukter däremot behöva fyrdubblas, jordbruket kan alltså endast bidra marginellt.

Olja kan användas till biodieselproduktion och till en mängd andra produkter.

– Globalt produceras ungefär 120 miljoner ton vegetabilisk olja per år. Ungefär 20 procent används i kemisk industri till framför allt tvåttillverkning. Men också andra produkter som färger, bläck, plaster, smörjmedel och kosmetika.

– Faktum är att vad vi kan producera av fossil olja går att göra från vegetabilisk olja. Den fossila oljan har en gång i tiden varit vegetabilisk olja från kiselalger, som sedan sedimenterade och omvandlades under högt tryck och temperatur till fossil olja, sade Sten Stymne. Växtoljor har alltså egenskaper och en likartad kemisk struktur som mineraloljorna och kan ersätta dem inom många användningsområden. Det hela är en kostnadsfråga.

– Åtta år tillbaka i tiden var priset på råolja en fjärdedel av den vegetabiliska. I dag kostar de nästan lika mycket. Det ökar den vegetabiliska oljans konkurrenskraft, och efterfrågan på den kommer att öka avsevärt.

Framställningskostnaderna inom den petrokemiska industrin är mycket höga när kolkedjorna slås sönder och byggs upp med hjälp av avancerad organisk kemi. Det kostar mycket mer energi än vad som finns i de produkter som framställs. Ett av världens största kemibolag, BASF, har en stor fabrik i Ludwigshafen med 55 000 anställda, som producerar en mängd olika kemikalier. Fabriken använder mer elektrisk energi än hela Danmark, enligt Sten Stymne.

Växter däremot framställer den kemiska produkten direkt i frön utan extrakostnad av energi, något som minimerar vidareförädlingskostnaderna. Därför har den vegetabiliska oljan konkurrerat framgångsrikt med den fossila oljan i vissa applikationer trots att priset varit mer än fem gånger högre.

Oljans kvalitet bestäms av dess fettsyresammansättning.

– Med genteknik kan vi optimera strukturen på oljan och göra den mer lönsam för kemisk industri. Vi flyttar in den kemiska fabriken i växten. Alla livsmedelsgrödor som växer på åkern producerar i stort sett fem olika fettsyror som är blandade i olika proportioner. De bildas i växten från varandra. Det börjar med palmitinsyra som övergår till stearinsyra som övergår till oljesyra (enkelomättad) och sedan till fleromättade linol och linolensyra.

– Med hjälp av genteknik kan vi i dag styra sammansättningen av de vanliga fettsyrorerna och ändra den nästan efter önskemål.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Jordbruksväxternas fem fettsyror kan användas industriellt. Men man skulle vilja ha tillgång också till andra fettsyrastrukturer. Växtriket uppvisar en stor rikedom av sådana. Det finns tusentals olika strukturer, många ackumuleras i fröolja hos vilda arter och i höga halter. Många av dessa skulle vara användbara för den kemiska industrin. Problemet är att dessa växter ger väldigt litet olja. Den enda som kommersiellt utnyttjas i dag är ricinsyra i ricinplantan och i viss mån alfa-eleostearinsyra som produceras av tungrädet, kinesisk träolja kallas den oljan på svenska.

– Idén är att föra över maskineriet för biosyntesen av oljekvaliteter från vilda växter till högväxtande oljegrödor. Det skulle kunna ge den kemiska industrin tillgång till billig råvara i stora mängder, sade Sten Stymne och avslutade med två framgångsrika genprojekt med raps. I det ena använder man en gen från trädet California Bay Tree. Trädet producerar fettrika nötter. Med den tillförda genen producerade rapsfröna upp till 60 procent laurinsyra i sin olja. I det andra exemplet har man överfört två gener från en ökenväxt, Jojoba. Det är den enda växt som man känner till som ackumulerar vaxstrar, som är mycket intressanta för industrin för deras smörjegenskaper. Men användningen begränsas av den höga kostnaden på flera hundra kronor kilot. Den genmodifierade rapsen producerade upp till 60 procent vaxstrar.

– Mycket återstår att göra innan sådana produkter kan odlas på fält. Men utvecklingen går snabbt, avslutade Sten Stymne som är övertygad om att inom tio år kan de första kommersiella växterna odlas.

Stärkelse bildas i växternas lagringsorgan, som potatisens knölar eller frövitarna i ett sädeslag. Det gör frövitarna till den enskilt viktigaste livsmedelskällan, sade **Christer Jansson**.

Stärkelse är, liksom cellulosa, en biologisk polymer som är uppbyggd av glukos, socker. – Sammansättningen må vara enkel, men själva strukturen är mycket komplex och intrikat.

Det finns två stärkelsemolekyler, amylos och amylopektin. De två bakas ihop i granuler som deponeras i lagringsorganen. Stärkelsemolekylernas uppbyggnad, hur långa kedjorna är, hur de sitter och proportionerna amylos/amylopektin bestämmer stärkelsens egenskaper och vad den går att använda till. Det går att utnyttja formen för att exempelvis ta fram matriser med hålrum, där man kan stoppa in läkemedel och illaluktande substanser.

Också kornen som stärkelse formar är mycket komplext formade.

– Processen som formar dem förstår vi inte än. Men också här gäller att deras uppbyggnad och utseende avgör vad de kan användas till. Formen är olika för olika växter, som potatis, kassava, ris och sädeskorn. Det är en lång och komplicerad process med många steg.

Med hjälp av genteknik och genom konventionell förädling går det att styra om syntesen och påverka hur stärkelsen ser ut, såväl molekylerna som granulerna. Därmed kan man ta fram nya former av stärkelse som kan användas för olika ändamål, både som livsmedel och andra produkter.

Man kan exempelvis ersätta petroleum som råvarukälla med hjälp av stärkelsematerial för att framställa plaster, termoplaster och olika typer av kompositmaterial och andra produkter, som olja och polyestrar till plastmaterial. Det går att framställa bränsle, som etanol och biodiesel. Det går också att framställa högförädlade produkter, som medicinska



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

implantatmatriser för vävnadskonstruktioner eller inbakade läkemedel och antibiotika liksom stödfunktioner för brutna ben och bindväv.

Gentekniken öppnar också för möjligheterna att styra om fröets stärkelseproduktion till olja, omvandla våra sädesslag till oljeväxter. Det kanske också går att producera olja i potatis.

– Dessa nya ”oljevete” och ”oljehavre” skulle ge betydligt mer olja per areal än våra nuvarande oljeväxter. Dessutom går det att odla dem på betydligt större arealer och med mindre miljöbelastning än vad som är möjligt med raps och solros,

Christer Jansson avslutade med en reflektion över hur viktig stärkelse är inom livsmedelsproduktionen. I det dagliga intaget av energi står stärkelse för mer än hälften, det är alltså ett oerhört viktigt livsmedel. Den totala stärkelseproduktionen i världen är 49 megaton år 2004 och beräknas öka till 71 megaton år 2010. Mer än hälften används redan i dag för andra ändamål än livsmedel.

– Utvecklingen att framställa nya stärkelseprodukter som ersättare för petroleumsektorerna går hand i hand med utvecklingen inom livsmedelsindustrin. Lika väl som vi kan ändra stärkelsen för olika typer av icke livsmedelsprodukter kan vi förbättra egenskaperna som livsmedel, sade Christer Jansson.

Ett exempel är så kallad resistent stärkelse. Den innehåller mycket amylos, och bryts inte ner i tunntarmen utan först i tjocktarmen. Den bryts alltså ner långsamt, det ger den en skyddande effekt i tarmen och ett lågt glykemiskt index, GI.

När kommer vi att ha kommit lika långt med proteiner för framför allt tekniskt bruk?, undrade någon i publiken. Spindelväv och silke är ju fibrer som är mycket starka. Sojabönan är ju snarare en proteinväxt än en oljeväxt. Enligt Sten Stymne är proteinplaster utmärkta plaster. De första plaster som fanns var proteinplaster. Problemet är att den teknologin inte har utvecklats särskilt mycket på grund av att proteinpriserna har varit alldeles för höga jämfört med mineraloljepriset. Men forskning pågår för att göra nya proteinkvaliteter med hjälp av genteknik.

## 6 Det gröna reningsverket, fytosanering

Växter kan användas för att oskadliggöra en rad föroreningar, det gäller bara att hitta rätt växt. **Maria Greger**, docent i växtfysiologi vid Stockholms universitet gav en rad exempel på gröna reningsverk med kommentaren att de flesta är engelska beteckningar som saknar svenska översättningar. Vissa arter har förmågan att rena mark, luft eller vatten från olika föroreningar genom att ta upp och binda föroreningarna eller oskadliggöra/bryta ner dem på plats. Det kan vara organiska och oorganiska föroreningar och gaser.

*Bortförrel* av föroreningarna kan ske på flera sätt. Vid phytoextraction renar växterna marken från exempelvis tungmetaller. Växterna tar upp metallen, transporterar den till en skördbar del, som sedan kan plockas bort från växtplatsen. En variant är phytomining med växter som har stor förmåga att samla på sig en förorening. Om upp emot 1 procent av torrvikten av bladmassan är exempelvis nickel, lönar det sig att utvinna detta. Vid phytofiltraation använder man sig av hela växten för att rena vatten, vid rhizofiltration gör man detsamma men använder växtens rötter. En metod är att ha växten i ett flytblock med rötterna nere i vattnet för att rena vattnet. Metoden har använts i Tjernobyli med framgång. En diskutabel metod att ta upp föroreningar från marken, som



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

kvicksilver, är phytovolarisering. Växten omvandlar kvicksilvret till gasform och skickar ut metallen genom klyvöppningarna ut i atmosfären. Då är marken rengjord, men var hamnar föroreningen sedan? Vid foliarfiltration sker flödet tvärtom, luften renas i ett rum exempelvis. Metoden har använts i rymdstationer med gott resultat.

- Svärmors tunga kan rekommenderas, enligt Maria Greger.

*Fastläggning*, phytostabilisation, används vid väldigt höga koncentrationer av föroreningar som inte går att föra bort eller på annat sätt tas om hand. För att förhindra att de kommer ut i grundvattnet vill man fastlägga dem/binda upp dem.

- Det är den metod som har kommit längst, sade Maria Greger. Den har använts för att minska läckaget från bland annat gruvavfallsdeponier.

Vid *nedbrytning* tar man hand om organiska föroreningar. Vid rhizodegradation skickar rötterna ut enzymer som bryter ner föroreningarna. Vid phytodegradation tas föroreningarna först in i växten och vid phytostimulation sker nedbrytningen med hjälp av bakterier som lever i växtens rotzon.

De vanligaste metoderna när *oorganiska föroreningar* saneras är:

- phytoextraktion: växten fungerar som en pump, som tar upp både fria och bundna former av föroreningarna. För att komma åt de bundna formerna skickar växten ut substanser för att sänka surhetsgraden. Det ger ett högre upptag. Bara en mindre andel av föroreningen stannar i rötterna, det mesta transporteras upp i bladbiomassan, som går att skörda. De växter som används måste också ha stor biomassaproduktion eftersom reningen beräknas per hektar.

- rotzonsstabilisering: växten fastlägger/binder föroreningarna i rotzonen. Endera utsöndrar växten organiska substanser som binder upp föroreningarna i jorden eller tar upp och lagrar dem i rötterna.

När *organiska föroreningar* saneras är den vanligaste metoden:

- rotzonsnedbrytning: enzymer avges från växtrötterna och bryter ner substanserna i jorden. Ett problem är att nedbrytningsprodukterna kan vara värre än modersubstanserna. Det optimala är att kunna komma så långt att slutprodukten blir koldioxid och vatten, det finns växter som kan göra detta.

- Man försöker således att ta fram växter med ett högt upptag/transport av de föroreningar som man önskar rena bort, och som producerar mycket biomassa, sade Maria Greger. Av de växter som ska bryta ner organiska substanser intresserar man sig för sådana som kan generera de enzym som bryter ner föroreningarna.

- Ett led i denna process är att genetiskt modifiera växter för att öka deras reningsförmåga, sade Maria Greger och gav några exempel. I forskningen utvecklas växter som kan ta upp kvicksilver. Det finns inte många växter som tar upp höga halter av kvicksilver naturligt, än så länge har man inte hittat någon. Första försöken gjordes med genmodifierad backtrav. Senare med poppel, då man lyckades med konststycket att få organiskt metylkvicksilver att omvandlas via oorganiskt kvicksilver till metalliskt kvicksilver, som inte är så toxiskt för växten. Men metalliskt kvicksilver övergår gärna i gasform, och avges därför lätt från bladen.

Nu pågår forskning för att få kvicksilvret att stanna kvar i växten.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Ett annat försök sker också med backtrav för att ta upp arsenik. Problemet är att den arsenik som ska tas upp förekommer i form av arsenat, som till 95 procent omvandlas till arsenit i rötterna. Därmed binds det snabbt upp till svavel, och stannar i rötterna. – Det är inte bra, eftersom man vill ha upp arseniken till skotten för att kunna skörda bort den. Nu hoppas man kunna stoppa omvandlingen med hjälp av en tillförd gen, försöken verkar fungera bra, sade Maria Greger.

Vad gör man med den skördade biomassan och föroreningarna?, frågade man från publiken Där har forskningen inte kommit så långt, enligt Maria Greger. Men om man använder salix/energiskog, som hon själv gör i sin egen forskning, förbränns den för att utvinna energi. Då kan metaller, som kadmium, separeras bort från askan under förbränningen.

### 7 Vilken roll kommer gentekniken att spela när oljan blir för dyr? Panelutfrågning

Först inledde moderator med att påminna om att enligt dåvarande regeringens mål ska Sverige vara oberoende av fossila bränslen år 2020.

**Annika Åhnberg**, allmänna avdelningens ordförande vid Kungl Skogs- och lantbruksakademien, började med en iakttagelse från dagens debatt.

– Det är lättare att föra en konstruktiv debatt om genteknik, när alla inser att oljan är en resurs som håller på att ta slut. Vi inser plötsligt att vi måste göra något för att skapa ny energi.

Så länge diskussionen rörde bristen på livsmedel, som orsakar många dödsfall på andra håll i världen, menade hon att det inte gått att föra motsvarande meningsfulla diskussion.

– Först när det handlar om något som fattas hos oss, blir vi plötsligt mer angelägna att föra en realistisk diskussion, sade hon.

Hon påminde om att jordbruk och skogsbruk inte bara är producenter av energi utan också stora konsumenter. Jordbruket står exempelvis för runt 15 procent av de drivmedel som används i Sverige i dag. Hur kan jordbruket producera livsmedel framöver utan att förbruka så mycket energi? Minska behovet av plöjning och fossil energi? Här kommer genetiskt modifierade grödor att vara oerhört viktiga, ansåg Annika Åhnberg men påminde om att det är många andra insatser som också ska till.

Hon efterlyste också en större satsning på forskning och utveckling inom genteknikområdet. – Den hittillsvarande ytliga debatten kring genteknik leder till att vi lämnar utvecklingen i händerna på ett fåtal stora företag. Samtidigt kritiserar vi genteknikforskningen för att den domineras av de få stora multinationella företagen. Om samhället och EU i stället kunde investera i forskning och utveckling skulle vi skapa helt andra utvecklingsmöjligheter inom området.

**Kristofer Vamling**, informations- och biosäkerhetsansvarig vid Plant Science Sweden, fortsatte med att slå ett slag för växtförädlingen.

– Många talar om växtförädling som det ”gamla”, men så är det inte, menade han.

Genteknik är bara ett av flera redskap inom växtförädlingen. För att göra verklighet av dagens utblickar inom genteknik måste vi arbeta med växtförädling.

I framtiden kommer vi att möta ökad efterfrågan på mat, biobränsle och alternativa produktionsformer. Gentekniken löser inte problemen inom alla dessa områden, men är en viktig del. Det finns inte en lösning, utan en mångfald lösningar som måste samverka.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Ett problem enligt Kristofer Vamling är dagens omfattande, på EU-nivå, icke fungerande regelverk. Så länge det inte fungerar skapar det ett sämre investeringsklimat. – Vi inom EU måste se till att det fungerar och skapa ett bättre, var hans uppmaning. De tekniker som finns bör användas, det är resultatet vi ska bedöma, inte tekniken. Bioindustrin är viktig för att öka konkurrenskraften inom det europeiska jordbruket. Globalt kommer bristen på bioenergitillgång att skapa konflikthärddar, nästa steg är öppna konflikter! Växtförädling är inte lösningen på detta problem, men den är viktig att ha i åtanke, och i Sverige mår växtförädlingen för närvarande inte särskilt bra, menade Kristofer Vamling.

Att skogsträdförädlingen ligger långt efter jordbrukssidan kommenterades av **Linda Hedlund**, blivande chef, LRF skogsägarna. Det viktigaste i dag, enligt henne, är att satsa på forskningen, där Sverige är världsledande.

– Självklart ska vi satsa också på riskforskningen.

Ett hot, som många uppfattar det, är om man lyckas förlänga fibern i eukalyptusträd. Med sin korta rotationstid skulle eukalyptusträdet i så fall konkurrera med den svenska granen, som är den kvalitetsprodukt som svenska skogsägare säljer bäst av i dag på världsmarknaden.

Också **Petter Gustafsson**, professor i molekylär växtbiologi vid Umeå universitet, slog ett slag för skogen och skogsbruk. Den transgena tekniken kommer kanske att få störst betydelse just inom träförädlingen. Där finns de stora produktivitetsökningarna att hämta, sade han.

Svenskt skogsbruk ger 80 miljarder kronor i nettoexportintäkter till Sverige varje år.

Genom att utnyttja de nya teknikerna, inte bara transgen teknik utan också förädla träden med traditionell teknologi, tror han på en mycket intressant utveckling för Sveriges del, både för att öka skogsproduktionen, men också för att kunna skraddarsy träd för olika produkter. Betydelsen för den svenska skogen kommer att öka i framtiden, när vi inte bara kommer att utnyttja skogsråvara för timmer och massa utan också för bio-bränsle, bland annat etanol och biodiesel för transporter. Han efterlyser en större samverkan mellan forskning, små forskningsföretag och traditionell svensk skogsindustri. Som samarbetet mellan Umeå Plant Science Center, SweTree Technologies, Sveaskog, Holmen och Bergvik.

Inom ett par år tror han att transgena träd kan finnas i försöksodlingar i ett land som Brasilien. – Därför behövs mer forskning med tonvikt på den industriella utvecklingen och miljöeffekterna. Han efterlyste också snabbare och tydligare regler för att kunna föra ut de nya rönen till ett effektivare svenskt skogsbruk i framtiden.

Vad vet vi i Sverige om ekologiska effekter av transgena växter? Och vad behöver vi veta?, var frågor som **Tina D´Hertefeldt**, forskarassistent vid Lunds universitet, lyfte fram. – Genmodifierade grödor odlas i dag på över 80 miljoner hektar världen över, den kunskap som detta gett om ekologiska effekter ska vi naturligtvis använda oss av, sade hon. En tydlig slutsats i alla studier är att det behövs en riskbedömning från fall till fall. Det är svårt att generalisera riskbedömningen.

För att göra riskbedömningar måste finnas kunskap om ekologiska effekter och genspridning via frön och pollen. En enkel genspridning sker exempelvis vid alla transporter och vid skörd. Raps sprider sig på väg till fabriken, exempelvis. Finns vilda släktingar som kan ta upp genmodifierade växtgener? Vilka är de i så fall? Här ligger den svenska forskningen långt efter, något som också påpekas i Naturvårdsverkets nyligen



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

utkomna rapport, *Ekologiska effekter av GMO*. Baskunskaperna brister för att kunna göra riskanalyser.

– I andra länder finns regionala studier, svenska saknas ännu.

– Hur stor potential finns om man med växtförädling kan framställa grödor som är specialdesignade för att maximera energiavkastningen på åkermark?, frågade **Torbjörn Fagerström**. När man talar om att producera energi från åkermark och skogsmark, är det ganska primitiva system man sysslar med. Man jäser befintliga grödor för att framställa etanol, eller eldar havre som har växtförädlats fram för helt andra syften än för energiproduktion.

Det går inte att ge några siffror på vilken ökad avkastning vi kan uppnå, menade **Kristofer Vamling**.

– Däremot kan vi minska kostnaderna för odlingen, öka produktiviteten genom att minska kostnaderna för att få fram den produkt vi behöver använda. På lång sikt trodde han att det också går att öka produktiviteten hos växterna. Men för att nå dit måste den europeiska lagstiftningen ändras.

– Det är viktigt att göra en ekvation över hur mycket energi som går åt och hur mycket man får tillbaka, sade moderator **Erling Norrby**. Ett subventionerat amerikanskt program där man utvinnet etanol från majs-korn för drivmedel ger exempelvis negativ energieffekt.

– Då undrar man varför man driver ett sådant program. Det verkar närmast vara ännu ett exempel på så kallade perversa subsidier.

**Ulf Svahn**, vd för Svenska Petroleuminstitutet förtydligade.

– Vi pratar om enorma energimängder som ska ersättas. Vi gör av med 85 miljoner fat olja om dagen i världen. Det är enormt mycket, och det finns idag inget som talar för att vi ska kunna ersätta denna energimängd via biomassa. Då talar vi bara om oljan. Naturgas och kolanvändningen kommer till.

– Vi måste ta steget ner från den övergripande abstrakta diskussionen och bli mer konkreta. Det är en uppgift för alla. Om vi förutsättningslöst börjar söka efter vilda grödor med hög energipotential, så kommer vi antagligen att kunna hitta några. Problemet är ju att vi inte gör det, sade **Annika Åhnberg**. Vi tar de befintliga grödorna inom jordbruket som är utvecklade under tusentals år för helt andra ändamål. Det kostar för mycket energi och ger för litet.

**Linda Hedlund** lyfte fram exempel på energivinster från dagens industri.

– Gentekniken ligger inte så långt framme på skogssidan, så möjligheterna är än så länge spekulationer. Vi har i dag stora förhoppningar på kombinerade processer. När man gör pappersmassa får man ut energi. Exempelvis har Södras bruk i Våre i dag ett större netto på energi som de säljer än på pappersmassa utan att göra avkall på mas-saproduktionen, sade hon. Här finns en enorm potential att utnyttja trädet maximalt till både energi och andra produkter. Kan man understödja det med genteknik kan man komma ganska långt.

– Att producera etanol av ved i dag är vansinne. Det är inte energiekonomiskt. Det ska vi inte göra, avslutade hon diskussionen.



## 8 Produktion av läkemedel med mera i transgena växter Produktion i växtcellkultur

**Peter Brodelius** gav en kort inledning om att producera läkemedel i transgena växter. Växter är en viktig råvarukälla för läkemedel redan utan transgena växter. Av den totala omsättningen av växtbaserade substanser är hälften i form av läkemedel och hälften i form av naturläkemedel. Över 50 procent av läkemedelsväxterna insamlas från vilda växter. Flera hundra arter hotas av utrotning.

I dag uppskattar man värdet på växtbaserade läkemedel, inklusive naturläkemedel, till 19 miljarder dollar. För 2011 är siffran 26 miljarder.

Produktionen av läkemedel i växter stiger, framför allt genom att använda transgena växter för att producera farmaceutiska proteiner. Värdet av dessa så kallade rekombinanta proteiner uppskattas till 2,2 miljarder dollar år 2011 enbart i USA.

Läkemedel kan också produceras i växtcellkulturer. Framför allt framställs humana proteiner, som kan användas kliniskt.

– Det är ganska små mängder som produceras. Från ett picogram per liter till några hundra milligram i vissa fall, men det går att öka produktionen genom olika tillsatser, sade Peter Brodelius.

Hans specialområde är läkemedelssubstanser i växter och cellkultur. Många återstår att upptäcka. Av cirka 250 000 växtarter är 35 000 växter beskrivna.

– Bara 10–15 procent av dessa har undersökts vad gäller farmaceutisk aktivitet, men de flesta tycks ha någon form av aktivitet, enligt Peter Brodelius. Internationellt handlas med cirka 2 500 medicinalväxter, men bara 300 av dem har studerats i detalj.

Läkemedelssubstanser är ofta artspecifika. Substanserna är ofta inte livsviktiga för växtens överlevnad utan för samspelet med omgivningen. Peter Brodelius gav exempel på läkemedel som produceras i växtcellkulturer: taxol, skopolamin och artemisinin, malariedlet som han själv utvecklar.

Från barken i amerikansk idegran framställs taxol, ett läkemedel för att behandla olika former av cancer, som bröst-, lung- och prostatacancer. Granen växer mycket långsamt, det kan ta upp till hundra år innan man kan avverka trädet. Barken innehåller mycket litet av substansen, tiondelar av promille (0,01-0,04 procent). Det går åt två gram per patient och behandling, det motsvarar sex träd. I USA sattes in stora forskningsresurser för att utveckla cellkulturer för att producera taxol.

Om ingen alternativ källa hade utvecklats fanns risk för att idegranarna skulle ha utrotats. Växtcellkultur utgör i detta fall ett idealiskt alternativ. Nu har ett franskt läkemedelsföretag tagit fram en liknande substans från barren på europeisk idegran.

I år användes omkring 2 000 kilo av taxoidläkemedel, år 2008 beräknar man att över 3 000 kilo kommer att användas. Det är inte stora mängder, men de är oerhört dyra.

I framställning av skopolamin har transgena kulturer höjt produktionen tio gånger.

Peter Brodelius forskningsområde är framställningen av artemisinin, som är ett mycket viktigt läkemedel för att behandla multiresistent malaria. Det råder stor brist på artemisinin. Världshälsoorganisationen WHO bedriver ett omfattande program för att behandla malaria i ett fyrtiotal länder, där artemisinin används i kombination med andra malarisubstanser.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Hans forskargrupp arbetar med att utveckla biotekniska processer för att producera artemisinin. Gruppen har klonat de första enzymerna i biosyntesen fram till förstadiet som sedan kemiskt kan omvandlas till artemisinin. Gruppen arbetar nu med transgena kulturer för att kunna höja produktionen, berättade Peter Brodelius.

### 9 Human- och djurproteiner i växter – antigener och antikroppar

Nästa föreläsare var **Anders Kvarnheden**, docent i växtvirologi vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala. Han berättade om den forskning som bedrivs för att omvandla växter till gröna läkemedelsfabriker. Växter har under tusentals år varit en källa till läkemedel, eftersom de innehåller många substanser som påverkar människokroppen. Under senare år har aktiva komponenter i växterna kunnat extraheras eller framställas på syntetisk väg. Och tack vare utvecklingen inom molekylärbiologin hoppas man nu kunna utnyttja växter för att få dem att producera läkemedel genom molecular farming, molekylärt jordbruk.

Med hjälp av genteknik kan växterna börja producera antikroppar eller antigen, som kan användas för att stimulera immunförsvaret eller för att framställa vaccin. Olika försök pågår också för att producera insulin, receptorer för virusbindning och intrinsic factor, som behövs för att ta upp vitamin B<sub>12</sub>.

Som exempel på hur man kan använda antikroppar nämnde Anders Kvarnheden de försök som man tror har kommit längst i applikationen, nämligen behandlingen av karies. Kliniska tester pågår redan, och företaget som producerar antikropparna hoppas att inom några år ha produkten ute på marknaden i USA och Europa. Med antikropparna hoppas man slå ut bakterien *Streptococcus mutans* som orsakar karies. I arbetet för man över genen för antikroppar till ett naturligt växtvirus, tobaksmosaikvirus, som får infektera tobaksplantor. Plantan producerar då antikroppar, som sedan renas fram. Förutom antikroppar mot karies pågår arbete för att framställa antikroppar mot rabies, herpes simplexvirus, cancer och hepatit B-virus.

Ett annat lovande område är vaccinproduktion i växter. Flera vacciner har tagits fram, exempelvis mot kolera, Norwalkvirus, olika slags allergier, hepatit B och mjältbrand. Försök görs med vacciner i bananer, tomater, potatis, sallad och morötter. De potentiella fördelarna med att producera vaccin och läkemedel i transgena växter är låga kostnader, de är lätta att odla på fält eller i växthus. Växterna kan lagras lång tid, de är enkla att distribuera och innehåller inga humanpatogener. Många tekniska svårigheter måste lösas, som att få växterna att uttrycka proteinerna och att göra det i stora mängder, likaså att inga (giftiga) växtsubstanser följer med i reningen, om exempelvis tobaksplantan används. Ett annat problem är hur dosen ska regleras, och hur man ska förhindra att vaccinproducerande växter sprider sina läkemedelsproducerande gener till andra sorter i naturen eller i jordbruket.

I framtiden är det mycket möjligt att storskalig produktion kommer att ske av läkemedel och vaccin i växter. För att förhindra spridning till andra grödor kan odlingen ske i växthus under kontrollerade former, ofta behövs inte stora arealer för att producera läkemedlen, och att växterna görs sterila, avslutade Anders Kvarnheden.



## 10 Kommentar till de två föregående föreläsarna

Transgena växter är helt klart en vetenskaplig succé. Men det som vi ska diskutera i dag är om de också är en industriell succé, inledde **Peter Liljeström**, professor i smittskydd, särskilt vaccinforskning vid Karolinska institutet i Solna, sin kommentar till de två föregående föreläsarna. Vad kommer att krävas framöver för att de ska bli en industriell succé? Växtgenetiker har alltid varit långt framme, årets nobelpris baseras egentligen på växtgenetikens fynd år 1990.

När Peter Liljeström dagen före konferensen letade på nätet fann hann över 100 publikationer som beskrev produktionen av över 50 olika antigen i växter. Hur många läkemedelsprodukter har testats i dag? Hur kan man jämföra värdet av olika värdväxter, som potatis, tobak, morot, tomat, olika sädeslag? Vilken växt ska man välja för sin produktion? Finns det några överenskomna standarder inom fältet för att underlätta val av forskning och utveckling?

Ett svar från tidigare föredragshållare var att forskarna nog arbetar med den växt som de är vana vid. Ett annat svar var att tobaksplantan är bra eftersom den inte kan missas för att vara ätlig. Vill man kunna lagra växterna är olika sädeslag bra.

Peter Liljeström fortsatte med sina frågor. Kommer tekniken att spela någon roll i det globala folkhälsoarbetet? Och på vilket sätt? Vem driver utvecklingen? Är det forskarna? De stora läkemedelsföretagen? Hur kommer användningen av gentekniskt utvecklade växtbaserade födoämnen/läkemedel att se ut om tio år?

Finns fördomar mot transgena växter och läkemedel? Om så är fallet vad bör göras för att förbättra situationen? Allmänhetens acceptans är inte så självklar. Peter Liljeström berättade om ett litet försök han utfört med medicinstudenter vid Karolinska institutet. Vad skulle de välja i livsmedelsaffären, en genmodifierad tomat med bättre smak och hållbarhet eller en icke genmodifierad?

– Nio av tio tog en icke genmodifierad, och ändå kan medicinstudenterna området, sade Peter Liljeström.

Peter Liljeström fortsatte med ytterligare frågor. Läkemedelsvacciner? Hur är det egentligen med kostnaderna? Även om produktionen av vaccin med transgena växter kan tyckas kostnadseffektiv är produktionskostnaderna en liten del av de totala kostnaderna för ett vaccin. Kvalitetskrav, rening, kvalitetskontroll är de stora kostnaderna i all vaccinframställning.

Ätbara vacciner är ett mycket intressant forskningsfält, ansåg Peter Liljeström. Men han hade endast hittat tre kliniska försök med rätt så modesta resultat. Varför inte bättre?, frågade han. När vi äter födoämnen blir vi toleranta mot dem och de ger inget immunsvaret. Immunsystemet är uppbyggt för att förhindra överstimulering när kroppen möter vanligt förekommande ämnen i vår omgivning, som födoämnen och den vanliga bakteriefloran.

– Annars skulle vi bli immuniserade mot potatis och all annan mat. För att få ett fungerande ätbart vaccin, tror Peter Liljeström att vacciner som är producerade i växter måste kombineras med andra molekyler, som immunsystemet kan känna igen som främmande (adjuvans). En annan fråga är vad som är rätt dos i en banan. Växtvaccinerna



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

kommer att få ompackas så att dosen blir den rätta. Sedan var det dags för nästa föreläsare.

### 11 Miljöregler och försiktighet

**Staffan Eklöfs** enhet på Jordbruksverket arbetar med tillståndsbeslut för transgena växter, regelarbete, tillsyn, information och utredningar.

– Nu tror ni att jag ska lägga sordin på stämningen här, och det ska jag, inledde han. Många möjligheter har presenterats från genteknikens sida, och framöver kommer många fler. Men det är bara säkra produkter som kommer att accepteras, det som är osäkert kommer att sällas bort. Men de hårda reglerna kanske är det främsta skälet för att det inte råder totalförbud för transgena växter i dag, enligt Staffan Eklöf.

Försiktighetsprincipen är grunden i regelverket. Den används på ett konstruktivt sätt i svensk lagstiftning med förhandsbedömning av risker, fokus på förebyggande åtgärder och omvänd bevisbörda. Den sökande ska visa att produkten är säker. Försiktighetsprincipen har inte använts på ett konstruktivt sätt i alla sammanhang. År 2000 styrdes därför användandet av försiktighetsprincipen upp inom EU. Den ska tillämpas ”så snart som möjliga skadliga effekter för hälsan och miljön har fastställts, och när man efter en preliminär vetenskaplig utredning grundad på tillgängliga uppgifter inte kan dra några säkra slutsatser om risknivån”.

Det krävs alltså en ordentlig riskbedömning. Dessutom har man skyldighet att beakta proportionalitetsprincipen, och andra principer när man vidtar åtgärder på grundval av försiktighetsprincipen.

– Försiktighetsprincipen är alltså ”reducerad till” ett tråkigt byråkratiskt verktyg. Och det är precis så det ska vara, sade Staffan Eklöf. Riskbedömningen kan man aldrig komma undan.

Hur ser det nationella manöverutrymmet ut i EUs regelverk? Det är tydligt att GMO är mer politiserat i en genomsnittlig medlemsstat än vad som är fallet i Sverige. Nationella regler och beslut gäller för odling i växthus och för användning på lab. Vid fältförsök finns EU-gemensamma regler men besluten är nationella. För utsläpp på marknaden är både regler och beslut EU-gemensamma.

Ännu har inte så många ansökningar kommit in för bedömning i den nya europeiska beslutsprocessen, de flesta befinner sig i ett tidigt skede. Den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, EFSA, är central för den vetenskapliga bedömningen, som är särskild från den politiska, vilken kommer sent i beslutsprocessen.

Staffan Eklöfs råd är att ha ett säkerhetstänkande redan i konstruktionen av transgena växter och att vara uppdaterad på de krav som ställs på verktygen och metoderna i framställningsprocessen. Gör också en riskbedömning i tidigt skede, är hans uppmaning.

Hittills har EFSA varit positiv till de ansökningar som har kommit in utifrån sin vetenskapliga bedömning.

– Det är dagens GMO. På dagens konferens talar vi om morgondagens genmodifierade grödor. Det är inte säkert att EFSA kommer fram till liknande slutsatser framöver. Särskilt inte om företagen inte har givit akt på säkerhetsaspekterna när de konstruerar växterna, underströk Staffan Eklöf.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Ska samhällsinstitutionerna ha en annan roll i framtiden, frågade Staffan Eklöf avslutningsvis.

– Nu delas forskningsmedel ut för olika lösningar av olika problem, som det är upp till varje enskild forskare att lösa. Riskbedömning och riskhantering kommer i efterhand. Men i och med att man inser att potentialen i gentekniken är enorm, och samtidigt att osäkra produkter inte kommer att bli accepterade, finns all anledning att samhället lägger resurser på att göra framtida transgena växter säkrare.

### 12 Kvalitetskontroll av rekombinanta läkemedel, erfarenheter från EU

**Axel Ståhlbom** presenterade regelverk inom EU för godkännande av läkemedel som produceras i transgena växter. Han är utredare inom bioteknik på Läkemedelsverket. Myndigheten godkänner läkemedel som ska ut på marknaden, utövar tillsyn så att företagen uppfyller det ursprungliga godkännandet och godkänner kliniska prövningar.

Bioteknologiska produkter ska godkännas via den europeiska läkemedelsmyndigheten (EMA). Det typiska för bioteknikprodukter är att produktionssätten varierar

– Produkterna tillverkas i levande organismer. Själva slutprodukten är ofta komplex och svår att karaktärisera, till skillnad från en kemiskt syntetiserad substans. Det leder ofta till en hel del diskussioner, sade Axel Ståhlbom.

För att underlätta framtagandet av nya läkemedel finns också riktlinjer utarbetade av EMA, som är till för att vägleda såväl utvecklare som myndighetspersoner.

– Nu finns förslag på riktlinjer för transgent producerade läkemedel i växter som är ute för konsultation på företag.

Olika produktionssystem ger olika egenskaper och olika regulatoriska utmaningar. Hittills har EMA godkänt 118 produkter, tjugo av dem under det senaste året. De flesta från däggdjurscellkulturer, men också från bakterier och jäst.

Metoder att producera läkemedel med bioteknik är i ständig utveckling. Det ställer krav på myndighetsutövarna att uppdatera regelverket så att anspråk på säkerhet och effekt bibehålls utan att förhindra utvecklingen inom forskningen. Nya utvecklingssystem som myndigheten har att ta ställning till är insektsceller, ännu finns ingen godkänd produkt i Europa. Problemet för myndigheten är hur man ska värdera risken för insektsburna virus.

En produkt har godkänts från transgena djur. Det är antitrombin-3 som tillverkas av getter i getmjölk.

– Problemet har varit att godkänna produkten rent kvalitetsmässigt, berättade Axel Ståhlbom. Det är svårt att karaktärisera en hel get som produktionssystem, när man är van med cellkulturer som är slutna enheter med kända problem. Den genetiska variationen är ett problem. Så snart en ny individ ska tas fram korsar man den med en annan get, vilket ger en ny genetisk uppsättning. Likaså är kvalitetskontrollen i djurhållningen problematisk.

Transgena växter har ännu inte varit aktuella att godkänna för EMA. Men flera frågeställningar har diskuterats med myndighetens vetenskapliga rådgivare. Hur kvaliteten kan upprätthållas ute i fält. Riskerna för kontamination från djur och personerna som



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

skördar grödan. Plantor lämpliga som värdceller. Växtproteiner som kan följa med i produkten.

Vilka bioteknikprodukter kommer i framtiden? Genterapiprodukter, cellterapiprodukter, vävnadsteknik och fler läkemedel framställda av transgena växter och djur, är några exempel som Axel Ståhlbom nämnde.

I en kommentar från auditoriet har ett samarbete påbörjats mellan den europeiska läkemedelsmyndigheten, EMEA, och livsmedelsmyndigheten, EFSA, en arbetsgrupp hade just haft ett första möte om gemensamma riktlinjer framöver.

### 13 Industrins (kemiindustrins) perspektiv

**Harald Skogman** valde att tala om kemiindustrin, den industri som han själv tror mest kommer att påverkas av möjligheterna att utnyttja vit bioteknik (biotillverkning). Han är styrelseordförande i Greenchem, som är ett Mistra-finansierat forskningsprogram vid Lunds universitet för att ta fram miljöanpassade kemiska produkter från förnyelsebara råvaror, mindre farliga kemikalier än dagens.

Före den petrokemiska eran använde kemiindustrin förnyelsebara material från lantbruk och skogsbruk som huvudsaklig råvara för sin produktion och med små miljöproblem. Under 1950-talet inleddes den petrokemiska eran, och på kort tid utvecklades 400 000 kemikalier med stor miljöpåverkan. Kemikalier och kemisk industri fick dåligt rykte. Och från 2010, menar Harald Skogman, är industrin successivt på väg att åter använda förnyelsebara råvaror från lantbruk och skog.

– Men framför allt kommer vi att använda en teknik som är i sig själv miljövänlig, ger miljövänliga avfall och produkter som är nedbrytbara och som ersätter miljöfarliga kemikalier.

Före genteknikens genombrott var bioteknik detsamma som klassisk fermentation (jäsnings med hjälp av mikroorganismer) med produkter som citronsyra, penicillin och glutaminsyra. De mikroorganismer som man muterade fram och använde var mycket effektiva.

– Genteknikens genombrott har därför inte haft så stor inverkan på sättet att tillverka kemikalier hittills, det är bara vissa aminosyror som tillkommit, sade Harald Skogman. Men vad kommer gentekniken att betyda framöver?

Själv anser han att den allra största betydelsen som ännu inte utnyttjas är möjligheterna att ta fram skraddarsydda, prisvärda, effektiva enzymer från mikroorganismer. Enzymerna kan användas för omvandlingar av naturliga råvaror och andra ämnen som inte var möjligt tidigare. Endast 1 procent av alla miljarder mikroorganismer är kända. Bara 5 000 har odlats, och endast 100 används industriellt i dag. Det finns också mycket intressanta enzymer i växter att ta fram. Med olika tekniker kan man sedan skraddarsy mikroorganismerna.

Drivkrafterna till att biotekniken är på väg tillbaka in i kemiindustrin är, enligt Harald Skogman, flera. Ökade insikter om behovet av hållbar utveckling, en av tyngdpunkterna i EUs sjunde ramprogram där satsning på industriell bioteknik ingår. Ökat pris och osäker tillgång på olja framöver. Krav på miljövänlig och energisnål produktion. Ökade krav på god arbetsmiljö och strängare regler för marknadsföring av kemikalier (Reach).



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Fördelarna med bioteknik är många. I dag använder kemiindustrin för sin produktion en mängd lösningsmedel och annat, som kan ersättas med processer som är helt ofarliga och ger ett ofarligt avfall. Utvecklingspotentialen är enorm, sade Harald Skogman, och många länder har redan börjat. År 2010 räknar man med att cirka 20 procent av alla kemikalier kommer att göras biotekniskt. Inte bara med enzymatiska metoder, utan också genom fermentering, ett område som Sverige inte har någon riktig erfarenhet av, då det gäller annat än proteiner.

Greenchem är ett Mistra-stött program vid Lunds universitet för enzymatiskt producerade kemikalier, som färgbindemedel, smörjmedel och rengöringsmedel – Med Greenchem vill vi visa kemiindustrin en framkomlig väg för att förbättra deras tekniker, sade Harald Skogman som hoppas på ett paradigmskifte inom industrin framöver. Programmets avsikt är inte bara att utveckla kemikalier enzymatiskt utan att utvärdera produkterna miljömässigt jämfört med dagens industriella produkter. I programmet samverkar universitetet med en rad företag inom svensk kemiindustri. Råvarorna är produkter från lantbruk, som sojabönor, rapsolja, fettsyror och kolhydrater av olika längd.

Vad händer i Sverige? Förutom Greenchem nämnde Harald Skogman avslutningsvis BioteknikForum, med målsättningen att skapa en svensk teknikplattform för vit bioteknik, och Processum i Örnköldsvik som bedriver utveckling av cellulosebaserad produktion av etanol med utnyttjande av vit bioteknik.

### 14 Skogs- och jordbrukets perspektiv

Nästa föreläsare var **Sara von Arnold**, professor i skogsträdens cellbiologi vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala.

– Det är intressant att FAO, FNs livsmedelsorgan, har uttalat att GMO representerar modernt jord- och skogsbruk och har kommit för att stanna, sade hon och visade hur mycket genmodifierade grödor som odlas globalt. Ute i världen odlades 2005 5 procent, 90 miljoner hektar, av jordbruksarealen med genmodifierade sorter. Det är främst i USA, Argentina, Kanada, Brasilien och Kina. Vanligast är soja, sedan majs, bomull och raps, som fått ökad resistens mot bekämpningsmedel och insekter. Nära hälften av all bomull som odlas är genmodifierad,

– Det beror naturligtvis på att odling av bomull kräver så mycket insektsgifter att det blir miljövänligt att ha resistent sorter.

År 2005 var 31 genmodifierade sorter godkända i Europa för användning som foder och/eller livsmedel och fyra sorter var godkända för odling. I Sverige pågår försök med genmodifierade grödor, GM-grödor, som kan komma att bland annat utnyttjas för energiproduktion, som raps, potatis och sockerbeta.

Lantbrukarnas riksförbund, LRF, har i år fastställt sin genteknikpolicy. I den säger man ja till genteknik inom de gröna näringarna, förutsatt att grödorna bidrar till en miljömässigt och ekonomiskt hållbar utveckling och inte negativt påverkar människors livskvalitet. Nyttan och risk vid användning ska bedömas i varje enskilt fall.

I sin framtidsanalys bedömer LRFs genteknikkommitté att det inom tre år finns sorter resistent mot bekämpningsmedel och insekter, och gensorter av stärkelsepotatis,



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

majs och sockerbeta. Om fem till tio år kommer många grödor som odlas i Sverige att finnas som GMO. Sockerbeta, raps, lin, potatis, vete, korn, ärtor, majs och havre. Och om 10-15 år finns de första sorterna med flera gener som hjälper grödor att växa på saltskadad mark och i torra klimat. Fler grödor blir intressanta att odla för energi, som hampa, lin och snabbväxande trädslag.

– När det gäller jordbruksgrödor börjar bilden klarna, det är svårare med träd, fortsatte Sara von Arnold. Dels redovisar inte företagen som arbetar med förädling av träd vilka förädlingsmetoder man använder. Dels finns grupper som vill införa moratorium för fältförsök på träd och för kommersiell användning. Så länge den diskussionen pågår är företagen försiktiga.

I Kina sker plantering i stor skala av insektsresistent poppel. Avkastningen i plantagerna är betydligt högre än i de vanliga, och skogsarbetarna rapporteras må bättre, eftersom de inte behöver arbeta med så många gifter. I Chile är en insektsresistent tall på väg, skogsindustrin räknar med kommersialisering 2008. I Brasilien har man förädlat eukalyptus, som kan avverkas efter tre i stället för sju år. I USA pågår forskning för att ändra ligninhalten i svartgran för att kunna spara på användningen av energi och kemikalier vid massatillverkning. Sådan forskning pågår också i Uppsala. I Umeå forskas det på att förbättra vedegenskaperna i träd.

– När transgena träd kommer att kommersialiseras räknar man med att det är arter med relativ kort rotationstid, som eukalyptus, asp och sälg, sade Sara von Arnold. Inför träd med lång rotationstid, som gran och tall, är industrin tveksam. Bland annat för att det långa tidsperspektivet gör det omöjligt att veta vad kemiindustrin kommer att behöva om, säg, hundra år.

Skogsstyrelsen har ännu ingen strategi för genmodifierade träd. De flesta skogsföretag lutar mot den policy som StoraEnso har uttalat: Företaget avstår från all kommersiell användning av transgena träd (och andra organismer). Men de fortsätter att delta i grundläggande forskning rörande transgena träd för att på så sätt följa utvecklingen. Denna forskning ska inte resultera i kommersiellt utnyttjande.

– Vi är många som tror att träd med kort rotationstid snart finns på marknaden, sade Sara von Arnold och avslutade med Naturvårdsverkets prognos år 2006. I den räknar man med att 20 procent av åkerarealen kan komma att odlas med genmodifierade grödor inom 15 år.

– Det börjar alltså finnas en positiv grundinställning till att utnyttja genmodifierade grödor när så behövs.

### 15 Samhällsekonomiska perspektiv – i i-länder och u-länder

Varför har biobränslen blivit intressanta, frågade **Ewa Rabinowicz**, professor i ekonomisk analys av livsmedelssystemet och forskningsledare vid Livsmedelsekonomiska institutet i Lund. Allt fler börjar ta klimatpåverkan på större allvar, allt fler är övertygade om att vi snart har nått toppen på oljeproduktionen. Oljetillgångarna är koncentrerade till ett fåtal politiskt instabila länder medan råvaran till biobränslen kan odlas på många ställen.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

– Gör man en samhällsekonomisk analys av biobränsleproduktion är det utvecklingen av världsmarknadspriset på råolja, alternativa drivmedelsalternativ och inhemska priser på biobränslen som är intressant. Till detta ska läggas ytterligare kostnadsposter. Utsläpp av växthusgaser, effekter på den biologiska mångfalden och landskapsbildningen där råvaran produceras och andra effekter vid odling och användning av råvaran.

– Problemet är att balansen inte alltid är så positiv, i synnerhet om man tittar på biobränsle från spannmål och olja från raps. Det finns ekologer som hävdar att etanolframställningen kräver mer fossil energi än den tränger ut, sade Ewa Rabinowicz. Det gäller därför att titta i livscykelperspektiv och inte bara på de direkta effekterna.

– Helt uppenbart är det billigast att importera biodiesel från palmolja och etanol från sockerrör, sade Ewa Rabinowicz. Finns det då ett beredskapsvärde att ha en inhemsk egenproduktion av biobränsle? Generellt sett är beredskap en kollektiv nytta. Marknaden har svårt att hantera fenomen som kännetecknas av en kombination av låg sannolikhet och katastrofala konsekvenser. Det är därför beredskapsfrågor alltid tas om hand av staten. Om beredskapsvärde saknas måste den bioenergi som produceras värderas till världsmarknadspris.

I framtiden kommer det att bli ökad konkurrens om jordbruks- och skogsmark med ökade priser på virke och mat. På lång sikt kan det innebära stora ökningar av matpriser. Höga priser gynnar producenterna, på sikt markägarna, och missgynnar konsumenterna.

– I ett i-landsperspektiv är detta inte så problematiskt. Behöver vi odla energi utifrån ett samhällsekonomiskt perspektiv så får konsumenterna ta den konsekvensen. Det är inte ett självändamål att priserna ska vara låga, sade Ewa Rabinowicz. Däremot kan det vara ett problem för det minst utvecklade länderna, eftersom 50 procent av deras exportintäkter går åt till att importera mat.

Hur skulle kostnadskalkylen förändras av transgena växter, frågade Ewa Rabinowicz.

– En snabb och generell reflektion är att dagens växter, majs och raps, har varit mer lönsamma än konventionella. Annars skulle de inte ha odlats, menade hon och pekade bland annat på herbicidresistenta växter som minskar bränsleanvändningen. På längre sikt kan specialdesignade energiväxter utvecklas. Men hennes viktigaste poäng är att mat, energi och industriråvaror är som konkurrerande kärn eftersom de konkurrerar om samma resurser och påverkar hela systemet.

Hittills har Sverige inte haft komparativa fördelar i jordbruket med bulkvaror, däremot med högt förädlade produkter. Till exportframgångarna bidrar forskning, välutbildad personal, systemtänkande och socialt kapital. I framtiden borde inte Sveriges komparativa fördelar ligga i att producera bulkråvaror till energiframställning utan i forskningsbaserade högkvalitativa och högförädlade produkter.

Utifrån den samhällsekonomiska analysen blir policyrekommendationerna att inte ersätta matprotektionism med energiprotektionism. Staten bör stimulera en snabb utveckling inom bioteknikområdet, stödja forskning och främja ny teknik generellt av det enkla skälet att staten saknar förmåga att "välja vinnare", avslutade Ewa Rabinowicz.

Vilka alternativ står u-länderna inför när det gäller transgena växter, frågade **Carl-Gustaf Thornström**, docent och gästforskare vid centrum för biologisk mångfald vid



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

Sveriges lantbruksuniversitet. Han har under de senaste tjugo åren arbetat inom världens största offentligt finansierade forskningsprogram för främst u-ländernas jordbruk, CGIAR.

– Sedan 1950 har världens livsmedelsproduktion fördubblats, utan att den odlade arealen har ökat. Det innebär att 1,1 miljard hektar mark sparats under dessa år, regnskogar, våtmarker och andra områden med rikt biologiskt liv. Nu ska vi försörja ytterligare 2 miljarder människor. Det kommer inte att gå med det slags jordbruksproduktion vi har i dag i Europa och USA, enligt Carl-Gustaf Thornström.

Åtminstone hälften av produktionsökningen förklaras av framstegen inom växtförädlingen, resten av jordbrukets mekanisering och nya odlingsmetoder. I dag kommer vi förmodligen inte att få några genombrott utan genmodifiering. Gentekniken ger oss möjlighet att hitta nya metoder att öka produktionen på ett miljövänligare sätt på den odlingsmark som finns i dag. Men många u-länder är emot tekniken i dag, som hela Afrika och många andra länder. Men u-länderna har nog inget val på sikt. Frågan är snarare: hur kan man dra nytta av transgena grödor?

Frågor om hur genmodifieringarna ska hållas under kontroll och inte spridas till konventionella grödor är en ständig diskussion som förs inom CGIAR. Organisationen har världens största samling av genetisk variation i de viktigaste livsmedelsgrödorna i sina genbanker. Organisationen har arbetat fram en lista på vilka transgena jordbruksgrödor som är mer omedelbara riskväxter i dag och på sikt. Av dagens grödor är det främst majs och raps, men också ris och bomull som är aktuella utifrån den frågeställningen.

– Genom ett stort antal internationella avtal har en ny rättsordning om biologiska material vuxit fram. Resultatet är att den globala biologiska allemansrätten reduceras. Det handlar om patent på biologiskt material/tekniker som används inom växtförädlingen. Och att genetiska resurser är nationell egendom som ingen får använda utan överenskommelse med ägarlandet, enligt konventionen om biologisk mångfald (1992).

– Forskning och utbyte av biologiskt material/information kompliceras i allt högre grad, och viss offentlig forskning får läggas ner eller byråkratiseras i onödan, sade Carl-Gustaf Thornström. Vad vi behöver är att bryta upp följderna av den nya rättsordningen. Minska länders överhöghet, tillåta användning för forskning och höja ribban för vad som är möjligt att patentera. I dag är det möjligt, särskilt i USA, att ta breda patent.  
– Jag tror också att vi absolut ska förbjuda patent på årliga grödor, alltså grödor som måste sås varje år, som jordbruksgrödor, sade Carl-Gustaf Thornström.

Den offentliga växtförädlingens roll kommenterades av Carl-Gustaf Thornström.

– Det finns inget land som har moderniserat sin utsädesproduktion utan ett långsiktigt och stort engagemang från staten. Så skedde under åttio år i Sverige, USA och andra länder.

Men under 1990-talet abdikerade staten från växtförädlingen i Sverige, utan protester från miljöorganisationer och andra. Han jämförde skillnaderna mellan datorer och utsäde. En dator som går att använda i Smygehuk går att använda också i Trierksröset. Men ett vetekorn som fungerar bra i Skåne växer inte i Tornedalen. Därför manade han till kraftsamling för att återupprätta en offentligt finansierad växtförädlingsforskning, kanske ända ner till utsädesproduktion, för att behålla en bred variation.



## Konferensrapport – Transgena växter för produktion av oljeersättningsprodukter, läkemedel med mera

– Varför inte använda 75-100 miljoner/år av de omfattande medel som satsas på naturvård under den kommande tjugooårsperioden, frågade han. I den statliga budgeten motsvarar summan felräkningspengar.

I dag står många u-länder på sätt och vis där vi befann oss för 70-80 år sedan, de måste utveckla nationella statliga system för växtförädling och utsädesproduktion. Det vi kan hjälpa dem i den regulatoriska labyrinten och framför allt att återerövra en del av de biologiska allmänningarna

– Vare sig framtidens grödor i i- och u-länder ska produceras med genteknik eller inte måste det statliga engagemanget i växtförädlingen återupprättas. Detta är desto viktigare i u-länderna som riskerar att annars bli offer för de multinationella företagens utbud av blott "lönsamma" grödor, var Carl-Gustaf Thornströms avslutande slutsats.

### 16 Avslutande reflektion

Växtgenetiken är en vetenskaplig succé, sade **Kristina Glimelius**, professor i kulturväxternas genetik och förädling vid Sveriges lantbruksuniversitet, i sin avslutande reflektion om framtidens användning av transgena växter.

– Här finns potential att producera ämnen som vi kan använda i samhället. Vi är inte riktigt där än att växterna står på åkern. Men det är inte långt borta, om tiotalet år har vi ett antal transgena grödor i fält i Sverige, sade Kristina Glimelius.

Utifrån dagens stora fråga, om vi kan ersätta mineraloljan med växter för att producera drivmedel till bilar som är de stora konsumenterna av olja, sammanfattade hon morgondagens möjligheter. Att ersätta mineralolja med biobränsle kanske inte är det bästa i det svenska odlingssystemet, som flera föreläsare framhållit.

– Vi ska satsa forskningsresurser för att tänka nytt, och utveckla specialprodukter från växter. Fortsätta att satsa på det som vi har kunskap om och som vi är bra på, som specialkemikalier och forskningsbaserade högkvalitativa och förädlade produkter.

Hon avslutade dagen med att efterlysa satsningar på forskning och utveckling också av det samhällsvetenskapliga perspektivet, kombinera naturvetare med samhällsvetare för att få igång en debatt och dialog. Och uppmanade alla naturvetare att ställa upp också i samhällets politiska debatt.