

Nye muligheder for plantebeskyttelse

Med moderne genteknologi kan vi nu udnytte planternes egne forsvarsmekanismer til at fremstille afgrøder, der bedre kan forsvare sig selv.

Af Morten Thrane Nielsen

■ Når et dyr føler sig truet, kan det vælge at kæmpe, eller at flygte. En plante har, af åbenlyse årsager, hverken mulighed for at flygte eller slå fra sig. I stedet må planten forsvare sig med de midler den nu har, som er "hud" der fysisk beskytter planten, og et "immun-system" der bekæmper fjender, og det er de til gengæld gode til. Planter er nemlig verdens bedste kemikere! De producerer dagligt stoffer, der ikke kan fremstilles i noget laboratorium. Men moderne kulturafgrøder har gennem forædling mistet mange af deres forsvarsstoffer, og derfor bruger man i dag enorme mængder sprøjtegifte overalt i verden.

Disse sprøjtegifte udgør en trussel mod vores drikkevand, vores miljø, og i udviklingslan-

dene er sprøjtegifte til alvorlig fare for landmænds helbred. Alternativer til sprøjtegifte findes imidlertid. En mulighed er at genindføre naturlige forsvarsstoffer også fra andre planter, f. eks. via gensplejsning. Derved kan afgrøderne blive i stand til at forsvare sig selv igen, og sprøjtegifte vil i princippet være overflødige.

Den grønne inspiration

Ideen om at udnytte planternes forsvar er ikke ny, tværtimod. Mennesker har altid haft meget gavn af planternes forsvar. Mange værdifulde medicinske produkter, som vi bruger i dag, kommer fra eller er udviklet med inspiration fra planter. Som eksempler kan nævnes morfin, artimisinin (den mest anvendte malariamedicin) og taxol, der

anvendes til at behandle kræft. Gennem evolutionen er planternes forsvarsstoffer blevet specialiseret i deres opgave. De er meget effektive mod planternes fjender: insekter, svampe, bakterier, men de er ikke nødvendigvis skadelige for dyr og mennesker.

Guldet i den danske muld

Almindelige danske afgrøder indeholder værdifulde forsvarsstoffer. På det Biovidenskabelige fakultet ved Københavns Universitet arbejder vi med en gruppe af stoffer, der findes i kål, broccoli, rucola, peberrod og sennep. Stofferne kaldes glucosinolater, og de forsvare planterne mod insekter og svampe. De oplagres som et slags vagtværn, og når planten bliver angrebet af f.eks. en larve,

aktiveres de og skræmmer larven væk.

Målet med vores projekt er at overføre evnen til at producere glucosinolater til andre planter, i første omgang kartoffel. Kartoffler er på nuværende tidspunkt verdens fjerdevigtigste afgrøde, efter hvede, ris og majs. Produktionen af kartoffler er overalt i verden afhængig af et massivt forbrug af sprøjtegifte og udgør derfor en voldsom trussel mod miljøet. Kartoffelplanter med glucosinolater vil sandsynligvis kunne dyrkes med begrænsede mængder, eller måske helt uden, sprøjtegifte.

Dobbelt potentiale

Et potentielt problem ved øget produktion af forsvarsstoffer i afgrøder er risikoen for, at

Kartofler med glucosinolater vil kunne overleve uden sprøjtegifte.

de ophobes i fødevarer. I vores tilfælde kan dette undgås, da vi kan kontrollere, at glucosinolater kun produceres i bladene, hvor der er brug for dem. Alligevel er det vigtigt at vide, hvordan det vil påvirke os mennesker at spise større mængder glucosinolater. Fordelen ved netop glucosinolater er, at vi i Europa altid har spist meget kål, uden at nogle er døde af det. Tværtimod er det videnskabeligt veldokumenteret, at det er sundt at spise kål og særligt broccoli. En af broccolis vigtigste egenskaber er, at den forebygger kræft, og det er på grund af glucosinolater.

Glucosinolater hæmmer kræft ved at aktivere kroppens eget afgiftningssystem, der uskadeliggør giftstoffer i vores celler. Når afgiftningssystemet holdes aktivt er det meget mere effektivt, og derfor i stand til at forhindre en højere andel af skadelige mutationer på vores DNA.

Kliniske forsøg har vist, at behandling med ekstrakter fra broccoli med højt glucosinolatindhold, halverer antallet af kræfttilfælde blandt forsøgspersoner med høj risiko for prostatakræft, den næst hyppigste form for kræft blandt mænd i Danmark. Glucosinolaters dobbelte potentiale som naturlig skadedyrsbekæmpelse og kræftforebyggende middel giver mange anvendelsesmuligheder, og de er bare ét eksempel på værdifulde naturligt forekommende stoffer. Der er med garanti mange andre.

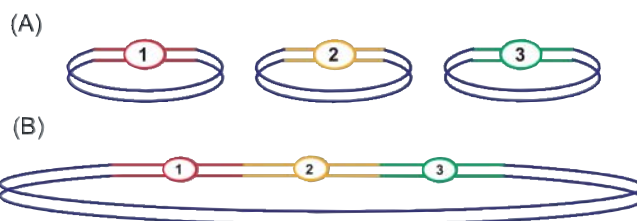
Videnskabelige udfordringer

Produktion af glucosinolater er en kompliceret egenskab, der kræver at mere end fem enzymer samarbejder. Hvis en anden plante skal have egenskaben, skal alle enzymerne overføres. Dette er så stor en videnskabelig udfordring, at det tidligere har været urealistisk. Teknologiske landvindinger, som bl.a. er opnået gennem vores arbejde har nu gjort det muligt (se boks). Den



Kunsten at overføre gener i pakker

Når man ønsker at overføre en biologisk egenskab til en plante, er det ikke altid nok, at overføre de gener, der er nødvendige. Det er ligeså nødvendigt, at planten producerer de enzymer generne beskriver i tilstrækkelige mængder, på samme tid og sted i planten, samt at enzymerne tilsammen tilfører planten den ønskede egenskab. Jo mere kompliceret egenskaben er, jo flere enzymer der er involveret, jo vanskeligere bliver det at opfylde ovenstående. En måde at løse dette problem, er at overføre flere gener på én gang som en samlet pakke. Bakterier og nogle vira har gennem evolutionen udviklet evnen til at samle gener i pakker. Inspireret af dette har forskere udviklet en metode til at gøre tilsvarende i planter. Anvendelsen af denne metode har dog været begrænset, da der er tekniske udfordringer, der skal overvindes. En af de største er at samle de DNA-styk-



Når et gen skal overføres, indsættes det DNA, der indeholder genet, i et andet DNA-molekyle, der er nødvendigt for overførslen. Dette kaldes en vektor og er her illustreret af de blå ellipser. Hvis generne 1, 2 og 3 skal overføres, ville man før i tiden være tvunget til at indsætte dem i hver sin vektor, og overføre dem et af gangen, som illustreret i del A). Med den nye kloningsteknik, der er udviklet på det Biomedicinske Fakultet, kan alle tre gener samles i én vektor og overføres samtidig. Dette er meget fordelagtigt, da overførsler af gener er meget tidskrævende, og til tider videnskabeligt udfordrende, og samtidig sikrer det, at gen 1, 2 og 3 produceres i ens mængder samme tid og samme sted.

ker, der indeholder generne, men den barriere er nu overvundet ved hjælp af en DNA-klonings teknik, vi har udviklet ved Institut for Plantebiologi ved det Biomedicinske Fakultet, Københavns

Universitet. Derfor er det nu en reel mulighed at overføre gener i pakker, og på den måde sikre at enzymerne produceres i ens mængder samme tid og samme sted



Konventionel dyrkning af kartofler foregår i dag under et stort forbrug af sprøjtemidler.

Giftens ulemper

Et af de alvorligste problemer ved sprøjtegifte er, at det oftest kun er en meget lille del, der rammer afgrøderne og gør nytte. Resten bæres bort af vinden, lander på andre planter, på bønderne, deres tøj eller på jorden, hvor regnvand vil føre giften med sig ned i grundvandet. Regn kan også vaske den smule gift, der rammer afgrøderne væk, så man er nødt til at bruge endnu mere sprøjtegift. For at en sprøjtegift kan beskytte afgrøderne må den derfor være meget effektiv, dvs. meget giftig, og den må være meget holdbar. De to egenskaber, høj giftighed og lang holdbarhed, gør, at problemerne med spredning er endnu mere alvorlige.

næste udfordring er, at finde det eller de enzymer, ud af plantens mange tusinde, der mangler for at kunne lave glucosinolater i en anden plante. Selvom denne udfordring endnu ikke er overvundet, vurderer vi at kartoffelplanter med glucosinolater vil være en realitet inden for få år. Planterne skal derefter gennemtestes for at sikre, at de rent faktisk er bedre til at forsvare sig, samt at der ikke er nogen uventede og uønskede egenskaber, inden de kan komme på markedet.

GMO-skepsis, den største udfordring?

Den største udfordring kan imidlertid vise sig ikke at være af videnskabelig art. Mens genmodificeret majs, sojabønner og bomuld har været på markerne i USA, Afrika og Asien i snart ti år, med overvejende gode resultater til følge, hersker der stadig en meget stor modvilje mod genmodificerede afgrøder i Europa. Der er dog afgørende forskel på de allerede markeds-

førte produkter med øget resistens, de såkaldte Bt-planter, og vores kartoffelplante. Bt-planterne indeholder proteiner fra en bakterie, der dræber insekter. I forhold til glucosinolater, er langtidseffekterne mindre velkendte og risikoen for ophobning i fødevarer sandsynligvis større. Endelig er risikoen for spredning til vilde planter også større, da produktion af Bt-proteinet kun kræver ét gen.

Udover spredning tager argumenter mod anvendelse af genmodificerede afgrøder ofte udgangspunkt i risikoen for uventede skadelige virkninger, eller at målgruppen vil udvikle resistens og derved udligne fordelene.

Det er vigtigt at huske, at vi dagligt spiser uhyre summer af gener, uden at tage skade af det, og et gen bliver ikke ændret af at blive overført. Det er altså ikke selve generne, men den egenskab vi overfører, vi skal forholde os til. Samspil mellem overførte og plantens egne gener, kan udvikle

uventede og uønskede egenskaber, og selve overførslen kan forårsage ændringer. At undersøge dette, udgør sandsynligvis den største videnskabelige udfordring, vi endnu har for os.

Udvikling af resistens er en naturlig konsekvens af evolutionen, og derfor en betydelig udfordring for landbruget. Uhyre effektive sprøjtemidler kan være ubrugelige, få år efter de er kommet på markedet. Der er umiddelbart ikke nogen grund til at tro, at det vil være anderledes, hvis resistensen er opnået gennem genmodificering. Insekter der spiser kål og broccoli er allerede resistente over for glucosinolater, men sandsynligvis ikke over for kartofflens forsvar. Da glucosinolater gennem evolutionen har vist sig som et effektivt værn mod andre grupper af insekter og svampe, er det vores formodning, at det vil tage lang tid før resistens udvikles i skadedyr, der angriber kartofler.

Pionerprojekt

Et emne, der meget sjældent debatteres, er konsekvenserne af at undlade at anvende genmodificerede afgrøder. Konventionel dyrkning, af f. eks kartofler, foregår i dag under et stort forbrug af sprøjtemidler, med alle de tilhørende skadelige miljø- og sundhedsmæssige konsekvenser. Med vores kartoffelplante vil man kunne afskaffe eller kraftigt reducere brugen af dem.

Men overførsel af glucosinolater til kartoffelplanter kræver gensplejsning. Hvis vi vil nyde godt af de potentialer, der er i projektet, må vi acceptere genmodificerede kartoffelplanter. At der ikke er andre muligheder, skyldes at kartoffel er meget fjernt beslægtet med kål og broccoli. Hvis der var tale om nært beslægtede arter, kunne gensplejsede planter bruges som et modelsystem, og man kunne senere overføre egenskaben via traditionel krydsning. Videnskabeligt set er vores projekt en pioner, og lykkedes det vil det forhåbentlig medføre, at flere vil udnytte det potentiale, der ligger i naturlige forsvarsstoffer. ■

Om forfatteren



Morten Thrane Nielsen er studerende ved Institut for Plantebiologi, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. email: mthrane82@gmail.com

Artiklen er en redigeret udgave af en artikel skrevet i forbindelse med et symposium den 24. januar 2008 for studerende, der har fået et scholarstipendium af Novo Nordisk eller Novozymes.

Uddybende læsning:
Gen-modificerede afgrøder: Hvad, hvorfor, risiko og fordele. www.greenfacts.org/en/gmo

Sprøjtegifte. www.pesticideinfo.org
en.wikipedia.org

Prostata kræft, hyppighed, behandling. www.netdoktor.dk

Glucosinolategruppens hjemmeside på det Biovidenskabelige Fakultet. www.plbio.life.ku.dk/Service/Telefonbog/Personvisning.aspx?personid=1035

Videnskabelige oversigtsartikler om glucosinolater: Halkier, B.A. and Gershenzon, J.: *Biology and biochemistry of glucosinolates*. *Annu. Rev. Plant. Biol.* 2006; 57: 303-330

Higdon, J.V., Delage, B., Williams, D.E., Dashwood, R.H.: *Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiological evidence and mechanistic basis*. *Pharmacol. Res.* 2007; 55: 224-36.

Sikkerheds vurdering af Bt-planter: Mendelzohn M., Kough J., Vaituzis, Z. and Matthews, K.: *Are Bt crops safe?*. *Nature Biotechnology*, 2003; 21(9):1003-1009.