



Evolution i hverdagen

En amerikansk majsmark – en stor monokultur uden den store genetiske variation.

Evolutionens råmateriale er genetisk variation. Mangel på genetisk variation gør arter sårbare, hvilket mennesket har måttet lære på den hårde måde gennem tiden. Det skyldes, at evolution er en proces, der foregår hele tiden, og som vi konstant må forholde os til.

Af Bodil K. Ehlers og Jesper Givskov Sørensen

■ Evolution foregår hele tiden, og lige foran næsen på os. Evolution er altså ikke bare et fænomen, vi trækker frem fra den historiske mølpose for at forklare, hvordan blåhvaler, elefanter, dinosaurer og spyfluer i tidernes morgen er opstået. Tvært imod viser historien, at vi som samfund er helt afhængige af at kunne forstå og udnytte vores viden om evolution for at kunne tackle mange af de udfordringer, vi står overfor.

I år, hvor vi kan fejre Darwins 200-års fødselsdag, kan vi passende benytte lejligheden til at minde os selv om, at fænomenet evolution er noget, der har relevans for os alle,

og som vi i stigende grad kan blive nødt til at forholde os til i fremtiden.

Mennesket og evolutionen

Evolutionsteorien forudsiger, at enhver levende organisme – og dermed også mennesket – til stadighed må tilpasse sig nye miljøer. Men er det bare en antagelse, eller har det moderne menneske i virkeligheden “sat sig uden for” evolutionen? Vi er i dag i stand til at lave mere og mere detaljerede analyser af arvemateriale og det giver hele tiden en bedre forståelse af evolutionsprocessen. Disse analyser viser klare beviser på evolution i det moderne menneskes udvikling,

Det moderne menneske (*Homo sapiens*) udvikledes i Øst Afrika for godt 100.000 år siden, hvorfra det spredte sig til resten af verden og undervejs erstattede andre arter, bl.a. *Homo erectus* og Neandertaleren. I dette forløb har naturlig selektion været en stadig drivkraft, som også i dag medfører ændringer i menneskets arvemateriale. Et godt eksempel er de hurtige ændringer, man har fundet i frekvensen af en variant i lactase-genet – et gen, der koder for et protein, som nedbryder mælkesukker (*lactose*). Evnen til at nedbryde lactose til sukkerstoffer, der nemt kan optages i organisme, skyldes enzymet *LPH* (lactase-phlorizin

hydrolase). Dette enzym produceres hos alle pattedyr i den første levetid, hvor modermælk er den væsentligste ernæringskilde. Med alderen svinder produktionen af dette enzym, og udviklede pattedyr kan normalt slet ikke nedbryde mælkesukker.

Da koen blev domesticeret i Mellemøsten og Nordafrika for mellem 7.500 og 9.000 år siden og denne praksis efterfølgende spredte sig til Europa, gav det mennesket mulighed for, også i deres voksenliv, at bruge mælk som en væsentlig fødekilde. I en fødeknapp verden, har evnen til ernære sig ved mælk haft en stor selektiv fordel. Studier af det menneskelige arvemateriale

har vist, at der ganske kort tid efter at koen blev domesticeret opstod en genetisk variant, som forhindrer lactase-genet i at blive "lukket ned", og derved gjorde mennesket i stand til at nedbryde mælkesukker hele livet. Denne genvariant spredte sig hurtigt i den del af den europæiske befolkning, som ernærede sig ved komælk. I dag er frekvensen af denne "nye" variant ca. 90 % i Skandinavien og omkring 50 % i Sydeuropa. Uden for Europa er frekvensen af denne variant meget sjælden – og er f.eks. i Kina helt nede på ca. 1 %.

For nylig har man hos særlige etniske grupper i den afrikanske befolkning, fundet endnu en genvariant med samme effekt. Denne genvariant har en høj frekvens hos de mennesker, som ernærer sig ved kvægdrift. Det er interessant, at det ikke er den samme genetiske variant som den, der findes i den Europæiske befolkning, selvom effekten (evnen til at nedbryde mælkesukker som voksen) er den samme. Denne "Afrikanske allel" opstod sandsynligvis 4-5000 år efter den europæiske, og spredtes derefter tilsvarende hurtigt i de befolkningsgrupper, hvor den havde en selektiv fordel.

Analyserne af det humane genom viser med al tydelighed, at naturlig selektion i høj grad virker på mennesket og kan medføre en hurtig spredning af en fordelagtig genvariant. I disse tilfælde har det således været en ændring i kosten, der har påvirket udviklingen af det menneskelige genom.

Det går galt hvis man ikke kender til evolution

Inden for f.eks. sundhedsvæsen og landbrug er evolution i dag i høj grad en proces, man tager alvorligt. Udviklingen af resistens betyder, at der foregår et konstant våbenkapløb mellem de sygdomme og skadedyr, som angriber vores afgrøder, og udviklingen af forskellige typer af giftstoffer. Udviklingen af resistente bakterier pga. et massivt forbrug af antibiotika er et andet eksempel.

I historien finder vi nogle skrækeksempler på, hvor galt

det kan gå, hvis man ikke tager højde for evolutionens realitet. Hungersnøden i Irland i 1800-tallet skyldtes, at kartoffelhøsten slog fejl, da læggekartofferne blev angrebet af en kartoffelskimmel-svamp. At dette angreb kunne få så store konsekvenser skyldtes, at kartofferne i Irland ikke var modstandsdygtige overfor svampeangrebet – de tilhørte alle den samme varietet med en meget lav genetisk variation. Samme skæbne overgik majsproduktionen i USA i 1970. Den svamp, som angreb majsplanterne, var velkendt, men havde ikke tidligere haft alvorlige konsekvenser for produktionen. Men svampen udviklede en ny "race", og denne var særlig slagkraftig overfor præcis den genetiske type af majs, man primært dyrkede. Dette resulterede i en epidemi, som anslås at have kostet landbruget over en milliard dollars.

Vores viden om evolution af sygdomsfremkaldende organismer har medført, at man nu er mere bevidst om nødvendigheden af at bevare en høj genetisk variation med potentiale til at udvikle sig i forhold til skiftende omgivelser. Dette er mere aktuelt end nogensinde i dag, hvor klimaforandringer medfører store ændringer i både temperatur- og nedbørsforhold, og hvor udbredelsen af dyr, planter og deres sygdomsfremkaldende organismer ændres markant.

Gen-banker sikrer variation i fremtiden

At genetisk variation er vigtig, også for vores husdyr og afgrøder, viser eksemplerne med kartofler og majs. I kvægavlen benyttes avanceret statistiske værktøjer til at tilrettelægge avlen med henblik på at selektere for ønskede egenskaber. Disse avlsprogrammer er afhængige af den omfattende forskning i de genetiske egenskaber hos husdyr, og bygger på viden om de evolutionære processer. Den enorme fremgang i f.eks. mælkeproduktion, man har opnået i kvæg, er altså helt afhængig af vores kendskab til evolution. I dag gælder



Foto: Vibette Rathbek

Snudebillen her fra Costa Rica er et eksempel på en speciel tilpasning, hvor munddelene er forlængt til en lang tynd "snude" eller næb, som kan bore ind i f.eks. planter og frø. Billens kæber sidder i enden af snuden.

Genbanker

I 1979 oprettede det Nordiske Ministerråd den Nordiske genbank. Genbanken har til formål at bevare genetiske ressourcer i nordiske plantearter, der benyttes i have- og landbrug. Genbanken opbevarer ca. 30.000 frø fordelt på mere end 350 forskellige plantesorter. Arvemateriale fra planter er generelt nemmere at opbevare i lang tid end arvemateriale fra dyr, fordi planternes frø kan fryses ned og gemmes. Spireevnen bevares ved at tørre frøene og derefter pakke dem steril, så de ikke udsættes for svampeinfektioner eller skadelige stoffer i omgivelserne. Frøenes overlevelse kan løbende testes ved at tage dem frem og se, om de stadig kan spire, og med jævne mellemrum kan planternes dyrkes og et nyt hold frø kan sættes i genbanken.

Det er dog ikke alle planter, der egner sig til at blive opbevaret som frø. I disse tilfælde kan man lave beplantninger med de levende planter i stedet for frø. Dette gælder f.eks. for frugttræer. Samme fremgangsmåde bruger man i bevarelsen af husdyrracer som *Udvalget til bevarelse af Genressourcer* hos Danske Husdyr under Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri i Danmark står for. Udover at kunne gemme nedfrosset sæd og befrugtede æg fra husdyr, bevares mange racer som levende bestande. Bevarelsen af disse levende bestande foretages ofte i nært samarbejde med private avlere.

Hvis en art eller uddør er dens genetiske ressourcer tabt for altid. Derfor opbevarer man som regel flere sæt på forskellige steder. Dette sikrer ressourcerne selvom tekniske fejl eller naturkatastrofer skulle ramme genbanken. Nordisk Genbank har en afdeling i Svalbard, hvor frøene ligger i en nedlagt kulmine 300 m under jordens overflade. Her er konstant -4°C, og temperaturen er uafhængig af både strøm og forholdene udenfor, og fungerer altså som en ekstra sikkerhedskopi af de Nordiske planters genressourcer.



Foto: Jesper Glæselov Sørensen

Tukaner (her Orangenæbbet arasari fra Costa Rica) er kendetegnet ved deres store og kraftigt farvede næb. Præcist hvorfor evolutionen har frembragt disse næb er ikke fuldt forstået. Måske spiller næbet en rolle som skræmmesignal eller i forbindelse med fødesøgning.

Evolution

Evolution er genetiske ændringer, der nedarves gennem generationerne, og som over tid akkumuleres og medfører ændringer i en egenskab i en given bestand af dyr eller planter. Individuer med genetiske egenskaber, der forbedrer deres chancer for at overleve og få afkom, nedarver deres egenskaber i højere grad end andre individer, og gavnlige egenskaber spredes derfor i bestanden. Grundlæggende er det denne selektion for overlevelse og produktion af afkom, der driver evolutionen. Men samtidig påvirkes evolutionen også af mange mere eller mindre tilfældige hændelser. Selv den bedst tilpassede fisk dør, hvis søen tørrer ud.

Råmaterialet for evolutionen er genetisk variation. Kun når der findes flere genetiske varianter af en given egenskab, vil selektionen kunne favorisere og dermed akkumulere bestemte varianter i bestanden.

Evolutionen har en retning, men ikke noget endemål. Og da miljøet ikke er konstant i tid og rum, skifter evolutionen retning afhængigt af skiftende miljøforhold og samspil med andre arter. Derfor er evolutionen en proces, der aldrig "bliver færdig". Man skal popu-



Foto: Arkivfoto

Ca. 90 % af befolkningen i Skandinavien har evnen til nedbryde mælkesukker og er således "genetisk tilpasset" et liv med køer.

lært sagt hele tiden udvikle sig for at være tilstrækkeligt tilpasset til at overleve – eller som Den Røde Dronning fra Alice i Eventyrland; man skal hele tiden løbe for at blive på det samme sted.

Nogle gange foregår evolution meget hurtigt, fordi der opstår en egenskab, der er særlig fordelagtig i en given situation, og derfor meget hurtigt spredes i bestanden. Sådanne episoder kaldes med et fagord hentet fra engelsk for *selective sweep*, og begivenheden sætter et tydeligt genetisk fingeraftryk i arvmassen, som

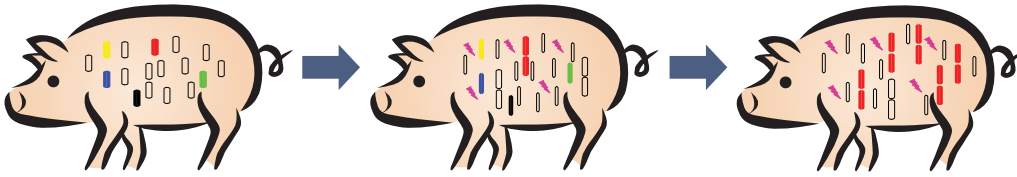
vi i dag kan spore. Forskere har f.eks. vist, at en genetisk variant, som giver evnen til at nedbryde mælkesukker som voksen, er opstået hos mennesker mindst to gange, og efterfølgende har spredt sig meget hurtigt. Denne mutation har været meget fordelagtig i forbindelse med overgangen til kvægladbrug, da den gav bæreren evnen til at bevare mælk som ernæringskilde hele livet. Bæreren af en sådan gavnlig mutation har haft en stor ernæringsmæssig fordel og dermed i gennemsnit fået flere børn.

det dog, at intensiv avl for øget produktion i flere tilfælde har ført til svagheder i disse forældre og genetisk meget ens – i nogle plantetilfælde helt identiske (dvs. klonale) – sorter/racer. En af disse svagheder er risikoen for, at sygdomsfremkaldende organismer kan udvikle en hel specifik tilknytning til en bestemt forædlet linje af f.eks. kartofler eller majs. En anden er, at man i fremtiden ikke fortsat kan forvente fremgang efter selektion for de egenskaber, man ønsker, da der simpelthen mangler arvelig genetisk variation, som selektionen kan virke på. Variation er jo i udgangspunktet det råstof, evolutionen arbejder med.

Af bl.a. disse grunde arbejder man i dag på at bevare genetisk variation, som man kan trække på i fremtiden. Dette gøres ved at skabe gen-banker (se boks) – i første omgang primært af plantemateriale. Her indsamler man materiale, typisk frø, f.eks. fra de oprindelige kornarter, eller man holder avlsdyr af gamle husdyrracer for på den måde at bevare så meget genetisk diversitet som muligt. Dette materiale vil kunne benyttes i landbruget til at udvikle fremtidige afgrøder eller husdyr, som har gunstige egenskaber – også hvis forholdene skulle ændre sig (f.eks. pga. af klimaforandringer).

Væk fra "Noahs Ark-modellen"

Når det gælder bevaring af variation inden for dyre- og plantearter i naturen, har moderne videnskaber efterhånden erstattet tidligere tiders "Noahs ark filosofi", der blot gik ud på at bevare individer af truede organismer. Opbevaring af individer af truede arter har dog sikret mange arters overlevelse på kort sigt gennem fredning, hegning, indfangning til zoologiske haver eller flytning fra et område til andre og mere sikre områder. I nyere tid er fokus dog i større og større grad skiftet til bevaring på længere sigt, som handler om at bevare arternes genetiske mangfoldighed – nøjagtig som det også er tilfældet inden for landbruget. Hvis man kun



Grisen indeholder naturligt bakterier. Nogle bakterier er gavnlige, f.eks. dem i grisens tarmflora. Andre bakterier er sygdomsfremkaldende.

Antibiotika (lilla lyn) tilsættes foderet eller bruges til behandling af sygdomme. Dette slår de fleste bakterier ihjel, på nær de bakterier som er resistente (rød type). De vil overleve behandlingen og sprede sig så længe der er antibiotika i deres miljø.

Jo oftere antibiotika anvendes, jo mere dominerende bliver den resistente (røde) form.

Evolution er også bakteriers udvikling af resistens mod antibiotika – her et eksempel fra landbruget.

benytter Noah's Ark modellen til bevaring risikerer man nemlig, at mange arter ikke vil have tilstrækkelig genetisk variation til fortsat at kunne overleve sygdomme og tilpasse sig nye miljøer – f.eks. i forbindelse med klimaændringer eller konfrontation med nye konkurrerende arter eller rovdyr. Moderne bevaringsstrategier kræver (som oftest), at individer også er bevaret, men med fokus på at bevare størst mulig genetisk variation og dermed evnen til at kunne tilpasse sig til et omskifteligt miljø.

I dag er man i zoologiske haver meget opmærksomme på at følge avlsprogrammer. Disse foregår ved, at en udpeget koordinator styrer avlen med en given art på tværs af de zoologiske haver, der deltager i programmet. Der bliver oprettet stambøger og al avl bliver planlagt af den enkelte koordinator, således at man hele tiden opretholder en sund bestand, undgår indavl og øger antallet af individer.

Både i zoologiske haver og i naturen er man opmærksom på at forskellige bestande ofte vil have forskellige genetiske egenskaber – ligesom forskellige æblesorter eller hunderacer har forskellige genetiske egenskaber. Disse forskelle vil ofte afspejle at dyr og planter har tilpasset sig deres specifikke miljøer. Den genetiske variation kan således bevares i hver deres underbestand. Genetisk opblanding af disse underbestande vil tilføre de enkelte bestande ny variation, men kan samtidig fjerne de lokale tilpasninger. Derfor opblandes normalt kun bestande, der er relativt tæt beslægtet og efter for-

udgående undersøgelser. I naturen kan spredningskorridorer (trædesten) imellem levesteder være med til at sikre at individer udveksles mellem bestande og dermed øge den genetiske variation og muligheden for fortsat evolutionær tilpasning.

Evolution må tages alvorligt

Vi har i dag en omfattende viden om og forståelse af de evolutionære processer. Historien viser, at manglende kendskab til de biologiske mekanismer kan føre til katastrofer, som f.eks. spredning af sygdomme hos afgrøder i landbruget. I dag har vi en meget større viden, som med stor fordel kan benyttes til at imødekomme og undgå sådanne problemer. At undlade at bruge denne viden aktivt og konstruktivt for at opnå en gevinst på kort sigt, vil kunne føre til meget større tab på længere sigt. Vi befinder os som samfund i et evolutionært våbenkapløb med f.eks. bakterier. Dette våbenkapløb kan vi ikke endegyldigt vinde, men vi kan forsøge at bruge vor viden til hele tiden at være et hestehoved foran. Hvert eneste antibiotika, der gennem tiden har været brugt, har ført til udvikling af resistens hos bakterier. Derfor er det en kortsigtet strategi blot at satse på udvikling af nye typer af antibiotika. Til gengæld kan anvendelsen af antibiotika optimeres på en sådan måde, at hastigheden af udvikling af resistens mindskes, hvormed holdbarheden af de enkelte typer af antibiotika vil blive længere.

Det er en simpel nødvendighed, at vores viden om evolution indgår i beslutningsprocesserne (også de politiske) i

forbindelse med medicinering i sundhedsvæsenet og landbruget, udvikling af ny medicin og brug af miljøgifte i landbruget. Der er også behov for grundforskning i det evolutionære potentiale, der er hos naturlige bestande af alverdens organismer for at kunne handle fornuftigt i forhold til de miljøforandringer (i form af f.eks. klimaændringer, invasive arter mv.) som vi står over for i dag og som vi i stigende grad bliver nødt til at forholde os til.

Darwin-året er derfor en kærvkommen anledning til at formidle evolution på alle niveauer for at øge fokus på og forståelsen af evolutionsprocessen, og vigtigheden af, at vi faktisk benytter vores viden til gavn for natur og samfund på langt sigt. ■



Foto: Jesper Givskov Sørensen

Gylden edderkopabe fra Costa Rica. Edderkopaben bruger altid sin hale, der er tilpasset til at fungere som sikkerhedsline, når den bevæger sig rundt i trækrønerne.

Om forfatterne:



Bodil K. Ehlers er post doc. (Skou-stipendiat) ved Sektion for Genetik og Økologi, Biologisk Institut, Aarhus Universitet
E-mail: bodil.ehlers@biology.au.dk



Jesper Givskov Sørensen er seniorforsker ved Afd. for Terrestrisk Økologi, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet
E-mail: biojgs@biology.au.dk

Yderligere læsning:

Sørensen, J. G., Kristensen, T. N., Pertoldi, C. and Loeschcke, V. Moderne bevaringsbiologi. *Aktuel Naturvidenskab*, 2006, nr. 6: 24-27.

Ny hjemmeside om Darwin og evolution: www.evolution.dk

Se også artiklen af Peter C. Kjærgaard: Darwins begejstring. *Aktuel Naturvidenskab* nr. 1-2009 (dette nr.).