

Það sem í daglegu tali er kallað náttúruval er afl sem hefur þann tilgang að koma jafnvægi á í genamenginu svo lífvænleiki verði sem mestur.

Náttúruval og erfðabreytileiki

Pýðandi: Þorsteinn Thorsteinson

Ljósmyndir: Þorsteinn Thorsteinson

Þann 12. maí sl. hélt sænski erfðafræðingurinn Dr. Per-Erik Sundgren fyrirlestur hér á landi á vegum Deildar íslenska fjárhundsins (DÍF). Efni fyrirlestrarins var annars vegar náttúruval og mikilvægi þess að viðhalda erfðabreytileika og hins vegar íslenski fjárhundurinn og ræktun hans. Hér má lesa fyrri hluta samantektar Per-Eriks á innihaldi fyrirlestrarins en seinni hluti greinarinnar mun birtast í næsta tölublaði Sáms og mun sú grein fjalla sérstaklega um íslenska fjárhundinn.



Sænski erfðafræðingurinn Dr. Per-Erik Sundgren.

Ljósmynd Elis E. Stefánsson

Inngangur

Í Svíþjóð hefur mikið verið rætt um áætlanir til að varðveita heilbrigði í tengslum við ræktun einstakra hundakynja. Hvers vegna er nauðsynlegt að gera sérstakar áætlanir varðandi heilbrigði við hundarækt? Í náttúrunni þarf enga sérstaka ræktunar-áætlun til að viðhalda tegundum heilbrigðum og lífvænlegum. Erfðasjúk-

dómar finnast í mörgum hundakynjum en orsök þeirra er að ræktendur, vegna vankunnáttu eða öfgakenndrar ræktunar til að ná fram æskilegum einkennum fyrir keppnir eða sýningar, hafa brotið niður varnir náttúrunnar gagnvart erfðasjúkdómum. Þessar varnir hafa orðið til við milljóna ára náttúruval. Hvað þurfum við að vita til þess að forðast svona mistök?

Fruman

Líkami dýra er settur saman úr billjónum frumna. Tenging milli kynslóða er hins vegar einungis ein fruma, hin frjóvgaða eggfruma. Allir sem hafa áhuga á ræktun ættu að vita a.m.k. grunnatriði er varða það hvernig eggfruman er varin gegn erfðasjúkdómum.

Gen – teikningar próteina

Gen eru eins konar teikningar sem fruman notar þegar hún býr til ákveðin prótein. Það eru um 30–40 þúsund genapör og jafnmargar gerðir mismun-

andi próteina sem fruman getur búið til. Við þurfum öll beinagrind, vöðva, taugakerfi, lifur, nýru og önnur innri líffæri. Við þurfum líka fjölda hormóna, ensíma og ýmis efni svo að líkamar okkar starfi edlilega.

Þetta væri allt mjög einfalt ef ekki yrðu neinar breytingar í umhverfinu. Þá þyrfti aldrei að breyta „teikningum“ sem eru notaðar til að búa til ákveðin prótein. Staðreyndin er hins vegar sú að allar tegundir lífvera verða að aðlagast sífelldum breytingum í umhverfinu eða lifa undir ógn rándýra. Til að geta aðlagast slíkum breytingum þurfa öll dýr að geta breytt líkamlegum einkennum og hegðun og því er nauðsynlegt að erfðakerfið sé sveigjanlegt.

Á frumustiginu er mjög mikil hætta vegna ytri óvina. Óteljandi smásæjar örverur og vírusar ráðast sífellt á líkama okkar en vegna skjótra kynslóðaskipta þá geta þessar lífverur sífellt breytt því hvernig þær ráðast á marg-

falt stærri lífverur eins og spendýr. Til að verjast árásum sem þessum þarf hver einstaklingur að hafa varnarkerfi sem er frábrugðið varnarkerfi annarra, annars mundi árangursrík árás á einn einstakling breiðast fljótt til annarra einstaklinga sömu tegundar.

Erfðakerfið er uppbyggt af þremur þáttum sem virðast ekki samrýmast hver öðrum:

- A. Stöðugleika til að tryggja að öll líffærakerfi vinni rétt.
- B. Breytileika sem jafnframt er í jafnvægi í stofninum svo að langtíma-aðlögun að umhverfisbreytingum sé möguleg.
- C. Einstaklingsbreytileika til að verja hverja lífveru gegn sjúkdómum og sýkingum.

Á fyrstu 3–4 milljón árum jarðarinnar voru ekki til flóknari lífsform en einfrumungar. Venjuleg fjölgunaraðferð þeirra var kynlaus, einföld frumuskipting.

DNA-sameindin, grunneining gena, er stöðugt efnasamband. Sameindin tvöfaldast áður en fruman skiptist í tvennt og þannig verða til tvær frumur með samskonar DNA, erfðafni þeirra beggja er eins. En ef allar frumur fá eins genamengi þá er erfðafræðileg aðlögun að breytingum í umhverfinu ekki möguleg. Skyndileg breyting á DNA-sameindinni, eða á einstöku geni, getur valdið dauða einstaklinga þar sem lífsnauðsynlegt prótein yrði ekki lengur myndað. Eitt par DNA-sameinda eða gena getur þannig haft alvarlega ókosti fyrir bæði aðlögun einstaklings sem og langtíma-aðlögun tegundar. Aðeins mjög einfaldar lífverur geta lifað með svona takmarkaðan erfðabreytileika.

Kyn og tvöföldun genamengisins

Eftir billjónir ára fann náttúran lausn á berskjölduðu kerfi einfaldrar frumuskiptingar. Frumur með eins genamengi sameinuðust tvær og tvær til að mynda nýja frumu. Þessi nýja frumugerð ber síðan afrit af hverju einstöku geni. Þær hafa þannig óskert afrit af teikningum próteina ef hin fruman skemmist af einhverjum ástæðum. Frumur af þessari gerð verða miklu mun síður fyrir áhrifum vegna skemmda á einstökum genum

Frumur með tvöfalt genamengi geta ekki fjölgað sér með einfaldri frumu-

skiptingu. Til að magn DNA, og þannig fjöldi gena, breytist ekki milli kynslóða verður frumuskiptingin að fara í gegnum tvö stig. Á fyrra stiginu skiptist fruman í tvær frumur með aðeins helming DNA í hvorri nýju frumunni. Á seinna stiginu renna tvær slíkar „hálfar“ frumur saman við frjógungun og búa til nýja frumu sem ber genamengi með öllum genum tvöfölduðum.

Leið náttúrunnar var að skapa tvö kyn sem bæði hafa sérhæfð líffæri, eggjastokka og eistu, þar sem minnkun á erfðamenginu um helming af hinni venjulegu stærð á sér stað þegar egg- og sáðfrumur verða til. Kostir við tvö kyn er afritun gena til að forðast hörmulegar afleiðingar skemmda á einstöku geni.

Kerfi með tveimur kynjum hafa mikilvægt forskot. Á stiginu, þegar kynfrumurnar (egg- og sáðfrumur) eru skapaðar, líkjast DNA-sameindirnar löngum þráðum sem vefjast saman. Paraðir litningar úr DNA-sameindunum brotna og skiptast á hlutum sína milli og kallast þessir þræðir litningaþræðir. Þökk sé litningaþráðunum þá myndast nýjar genasamsetningar í hverri kynslóð og í öllum einstaklingum innan hvernar tegundar sem hefur tvö kyn. Mismunandi kyn veita því vörn gegn skemmdum á genum og eru mikilvæg uppspretta erfðabreytileika sem auðveldar erfðafræðilega aðlögun að breyttum umhverfisaðstæðum.

Flestar en þó ekki allar breytingar á

litningum eru skaðlegar. Ef einungis verður lítils háttar breyting á samsetningu á próteini vegna stökkbreytingar (skyndileg breyting á geni) gæti nýja próteinið spjarað sig vel þrátt fyrir breytinguna. Í einstaka tilvikum gæti nýja próteinsamsetningin leitt til þess að dýrið hafi yfirburði yfir önnur dýr hvað lífslíkur eða lífvænleika varðar. Slíkir yfirburðir koma sjaldan strax í ljós en gætu verið afleiðing af síðari litningavíxlun og umröðun gena á litningunum. Í tilvikum þar sem slík stökkbreytt gen valda auknum lífvænleika dýra munu dýr, sem bera genin, eignast að meðaltali fleiri afkvæmi og hið hagstæða gen mun verða innlimað í genamengi tegundarinnar. Ef breytingar á genum eru hins vegar skaðlegar þá er hinu stökkbreytta geni eytt hratt úr stofninum með náttúruvali. Með öðrum orðum, það dregur úr lífslíkum eða lífvænleika hjá þeim dýrum sem bera umrætt gen sem leiðir aftur til færri afkvæma.

Tengsl milli karl- og kvendýra hafa áhrif á æxlun

Milljóna ára þróun hefur sýnt að skipting dýra í karl- og kvendýr hefur verið lífsnauðsynleg fyrir mjög þróuð dýr. Tímgunargeta kvendýra takmarkast þá venjulega við að eignast afkvæmi í tugatali frekar en í hundratali. Karldýr geta hins vegar makast með fjölda kvendýra og þannig eignast miklu fleiri afkvæmi en kvendýr. Þannig tímgunar-



Hið mikla magn sáðfrumna, sem karlkyns spendýr framleiða, hefur sama tilgang og mikið magn frjókoma hjá plöntum. Það gefur kvendýrum möguleika að velja félag sem gefur afkvæmi með sem mestan lífvænleika.



Ef við viljum rækta og ala upp heilbrigð og lífvænleg dýr verðum við að vera meðvituð um allar leiðir náttúrunnar til að varðveita lífvænleika villtra dýra.

hegðun skapar hættu á að tvö gen með sama uppruna sameinist í næstu kynslóðum. Kynhegðun karldýra getur þannig brotið gegn því varnarafli sem tvö kyn og genakerfið hafa skapað.

Náttúruval hefur fundið lausn á þessu með því að skapa tengsl milli karl- og kvendýra sem tímgastr. Það skiptir ekki máli hvort þessi tengsl eru til lífstíðar eða einungis yfir eitt tímgastrunartímabil, áhrifin eru þau sömu. Efri mörk tímgastrar karldýra eru við þann fjölda afkvæma sem meðalkvendýr getur eignast og alið upp. Tilurð tengsla milli karl- og kvendýra er einfaldlega snilldarleið náttúrunnar til að styrkja vörnina sem genakerfið býr til þrátt fyrir að karldýr hafi getuna til að eignast hættulega mikinn fjölda afkvæma.

Í Svíþjóð eru karldýr, sem eignast of mörg afkvæmi, kölluð „Matador“. Matador var ákaflega mikið notað naut í norðurhluta Svíþjóðar. Það bar gen sem olli því að eistu þroskuðust ekki eðlilega, voru of lítil sem leiddu til minni frjósemi. Vegna gífurlegrar notkunar þessa tiltekna nauts breiddist hið skaðlega gen hratt um allan nautstofninn. Það tók margra áratuga ræktunarstarf með hliðsjón af þessu tiltekna geni að laga þann skaða sem varð vegna of mikillar notkunar á því sem á sínum tíma virtist vera einstaklega gott ræktunardýr.

MHC-nafnskirteinið

Samvinna billjóna frumna í líkama getur einungis átt sér stað ef allar frumurnar geta greint að þær tilheyri sömu heild. Annars væri engin leið til að bera kennsl á óvini og verjast árásum annarra frumna sem valda sjúkdómum eða skemma líkamann. Þannig þarf hver fruma í líkamanum eins konar persónuskilríki. Merkjakerfið ætti að vera eins einsleitt og mögulegt er meðal frumna sem tilheyra sömu tegund en á sama tíma eins einstakt og hægt er fyrir sérhvert dýr.

Náttúran hefur leyst þetta vandamál með því að búa til sérstök gen sem kallast MHC. Saman mynda MHC-genin hið einstaka „persónuskilríki“ sem allar frumur í einstaklingi bera og gera frumum mögulegt að vinna saman án þess að skaða eða ráðast á hver aðra. MHC-gen mynda grunn ónæmiskerfis okkar og hafa mikilvægu hlutverki að gegna við æxlun.

MHC-genin skapa sérstök prótein á yfirborði hvers frumu og er það sérstök samsetning þessara próteina sem býr til persónuskilríkin, eins fyrir allar frumur í sama einstaklingi. Frumurnar geta „lesið“ persónuskilríki hvers annarrar og unnið saman án allrar áhættu hjá frumum sem bera sama merki og þær sjálfar. Ef frumur með annað merki komast inn í líkamann ráðast sérstakar varnarfrumur á þær, T-frumur eða morðfrumur. T-frumurnar

hreyfast sífellt um og leita að frumum með frábrugðið merki og drepa þær strax og þær finnast. Saman mynda MHC-próteinin og T-frumurnar eina mikilvægustu vörnina gegn innrás sjúkdómsvaldandi frumna.

Það er núna augljóst að því einstæðara merki sem einstaklingur ber því betur er hann varinn gagnvart sjúkdómum. Sjúkdómsvaldandi frumur munu alltaf reyna að afrita merkin til að blekkja T-frumur líkamans. En ef þær ná árangri og allir einstaklingar hafa annað merki þá geta hinar sjúkdómsvaldandi frumur ekki dreifst svo auðveldlega á milli einstaklinga. Þar eru þær uppgötvaðar af T-frumum allra einstaklinga sem bera frábrugðið merki.

Helsta afleiðing innræktunar er að gen af sama uppruna tvöfaldast. Slík tvöföldun mun óhjákvæmilega draga úr fjölda gena með aðrar „teikningar“ fyrir framleiðslu próteina og þar með líka draga úr möguleika á breytileika gena í MHC-kerfinu. Með færri prótein í undirstöðu þá verða „persónuskilríkin“ einsleitari og auðveldara verður að afrita þau rétt eins og mjög stutt lykilorð í tölvukerfum. Þetta er ástæða þess að mikið innræktaðir einstaklingar eru móttækilegri fyrir smitsjúkdómum.

Erfðafræðileg lyktarmerki

Náttúran hefur skapað sérstaka vörn gegn hættulegri minnkun á erfða-breytileika í MHC-genakerfinu en lausnin er snilldarlega einföld. Gen MHC-kerfisins taka þátt í framleiðslu lyktarefna sem kallast ferómón. Ferómónin eru mikilvæg kynmerki og gera dýrum mögulegt að „lykta“ hluta af erfðaefni MHC-kerfis mögulegra maka. Í tilraunum hefur verið sýnt fram á að alls konar dýr, allt frá skordýrum til spendýra, nota ferómón til að forðast mökun við nána ættingja sem bera of mikið af samskonar genum í MHC-kerfinu. Þannig verja tengslin milli ferómóna og MHC-genanna erfða-breytileika ónæmiskerfisins. Þessi gerð varnar er aðeins árangursrík þegar frjálst val er á maka og mögulegir makar eru nægjanlega margir. Ef aðgengilegir makar eru fáir geta kvendýr valið að makast við nána ættingja frekar en að makast alls ekki. Betra gæti verið að eignast afkvæmi sem er minna lífvænlegt en að eignast alls ekkert afkvæmi.

Það er mikilvægt að viðurkenna þegar tíkur sýna greinileg merki um að þær vilja ekki rakka. Tíkurar vita betur en ræktandinn hvort rakkinn beri MHC-gen sem eru hagstæð fyrir afkvæmi hennar. Mökun gegn vilja tíkarinnar er árangursrík aðferð til að brjóta eina af mikilvægustu vörnum náttúrunnar til að viðhalda erfða-breytileika.

Frjósemi og innræktun

Flestir ræktendur eru meðvitaðir um þá staðreynd að mikil innræktun hefur neikvæð áhrif á lífvænleika, heilbrigði og frjósemi. En hvað eiga ónæmiskerfið og tímgun sameiginlegt sem gerir hvort tveggja næmt fyrir innræktun?

Fóstrið er varið gegn því að vera hafnað

Allir eru vel meðvitaðir um vandamál sem fylgja líffæraflutningum, þ.e. að líkami líffæraþegans hafni ekki hinum framandi vef. Helsta ástæða höfnunar framandi vefs er að allar frumur hans bera annað merki og því ræðst ónæmiskerfi líffæraþegans á þær til að forðast árás óvinveittra frumna. Líffæraflutningar milli einstaklinga eru auðveldari ef erfðakerfi líffæragjafa og -þega er eins líkt og mögulegt er. En þótt þeir séu náskyldir er samt nauðsynlegt að gefa lyf til að koma í veg fyrir að líkaminn hafni hinu nýja líffæri.

Gen frjóvgaðs eggs erfast 50% frá móður og 50% frá föður. Takið eftir að erfðakerfi hins frjóvgaða eggs er að miklu leyti frábrugðið erfðakerfi móðurinnar og því ætti ónæmiskerfi hennar að hafna frjóvgaða egginu. Staðreynd er að ef ekkert annað kæmi til þá væri þungun ekki möguleg. En náttúran hefur aftur fundið lausn. Móðirin framleiðir sérstaka gerð próteina sem undirbúa hana undir meðgönguna og ver fóstrið gagnvart árásum ónæmiskerfisins alla meðgönguna. Það er athyglisverð staðreynd að heildarmagn fósturvefs, að meðtalinni legköku, er í ákveðnu hlutfalli við þyngd hins þungaða kvendýrs. Eitt af því líklegasta, sem kemur fæðingu af stað, getur verið þegar magn fósturvefs verður meira en líkami móðurinnar getur varið með varnarpróteininu.

Vörn fóstursins hefur einnig neikvæðar aukaverkanir. Varnarpróteinið

er til staðar í líkama móðurinnar í 2–3 daga eftir fæðinguna. Á því tímabili er hún mjög viðkvæm fyrir sýkingum þar sem próteinið heldur starfi ónæmiskerfis hennar í lágmarki. Því er sérstaklega mikilvægt að kvendýrið, t.d. tíkur, séu í hreinu og þurru umhverfi á fyrstu dögum eftir fæðingu.

Maður gæti haldið að fóstur með erfðaefni mjög svipað og móðurinnar, þ.e. fóstur sem eru mjög innræktuð, gætu hagnast af því að vera erfðafræðilega svona lík móðurinni að það væri minni tilhneiging fyrir líkama móðurinnar að hafna slíkum fóstrum. En staðreyndin er allt önnur og annað vandamál kemur upp ef erfðaefni fósturs og móður er mjög líkt. Hvernig á leg móðurinnar að bera kennsl á hið frjóvgaða egg, að það komi frá öðrum frumum í líkama móðurinnar? Ein af forsendum viðloðunar eggisins við legið og myndun legköku er mismunandi arfgerð milli hins frjóvgaða eggs og móðurinnar. Önnur hætta, þegar erfðafræðilegur munur móður og afkvæmis er of lítill, er að hríðir í fæðingu verði miklu minni sem leiðir til lengri fæðingartíma.

Það er því þreföld ástæða fyrir mismunandi MHC-arfgerð milli móður og afkvæmis. Fóstrið fær betra upphaf í legi móðurinnar, fæðingartími verður styttri og reynir því minna á móðurina og að lokum munu afkvæmin hafa einstakara erfðafræðilegt merki sem gerir þau lífvænlegri og betur varin gagnvart sjúkdómum.

Fjöldi hvolpa og stærð móður

Ein af mest hrífandi afleiðingum þeirrar staðreyndar, að magn fósturvefjar er í frekar nánu sambandi við stærð móður, eru áhrif þess á gotstærð hunda. Venjulega er neikvætt samband milli stærðar móður og fjölda afkvæma í goti, þ.e. því stærri sem móðirin er því færri verða afkvæmin. Lítil dýr eins og mýs eignast yfirleitt mörg afkvæmi í einu á meðan stór dýr eins og fílar eignast venjulega einungis eitt afkvæmi í einu. Hjá hundum snýst þessi almenna regla hins vegar við, og reyndar líka hjá flestum tegundum af ræktuðum svínum. Ástæðan virðist vera að ræktun hafi verið miklu árangursríkari í að breyta stærð fullorðinna hunda heldur en nýfæddra hvolpa. Þannig að ef hlutfall fósturvefs er það sama samanborið við þyngd kvendýra þá geta stór kvendýr eignast fleiri hvolpa.

Eggfruma og val hennar á sáðfrumu

Getur ófrjóvgað egg haft áhrif á erfðabreytileika sinn eftir frjóvgun? Allir sem hafa séð myndir af eggjum rétt fyrir frjóvgun vita að eggjið er umlukið mergð sáðfrumna. Það er ekki einungis tilviljun eða dæmi um ofgnótt náttúrunnar að milljónir sáðfrumna eru framleiddar til að frjóvga einungis eitt eða nokkur egg. Hið mikla magn sáðfrumna tryggir að nægjanlega margar ná til eggisins tímanlega fyrir frjóvgun. Merki allra frumanna gera egginu síðan mögulegt að velja þá sáðfrumu sem hæfir best MHC-sambandi eggisins sjálfs svo úr verði eins lífvænlegt afkvæmi og mögulegt er.

Frjóvgun er ekki ofbeldisfullt ferli þar sem sæðið þröngvar sér inn í eggjið. Frumuveggur eggfrumunnar verður að opnast til að leyfa sæðinu að koma DNA-innihaldi sínu inn í eggfrumuna. Þannig tekur eggjið virkan þátt í og er líklega ráðandi aðilinn í sjálfri frjóvguninni.

Svipað ferli víxlfrjóvgana í plöntum hefur lengi verið þekkt. Ef frjóvorn úr blómi lendir á fræni sömu plöntu mun frjóvorn ekki vaxa vegna hömlunar efnaviðbragða. Þannig getur fræni blóma borið kennsl á arfgerð frjóvorna og forðast mikla innræktun og sjálfsfrjóvgun.

Hið mikla magn sáðfrumna, sem karlkyns spendýr framleiða, hefur sama tilgang og mikið magn frjóvorna hjá plöntum. Það gefur kvendýrum möguleika að velja félagi sem gefur afkvæmi með sem mestan lífvænleika. Mikið magn sáðfrumna er þannig annað varnarkerfi náttúrunnar til að varðveita erfðabreytileika í tegund. Við mikla innræktun brotna hins vegar varnarkerfin niður þar sem allar sáðfrumurnar verða of líkar að arfgerð og draga þar með úr möguleikum eggisins til að velja sáðfrumu við hæfi.

Tilbúin fækkun sáðfrumna

Lengi vel var talið að hið mikla magn sáðfrumna, sem karldýr framleiða venjulega, væri einungis umframmagn sem hefði engin áhrif á ræktun. Rökin voru þau að einungis þyrfti eina lífvænlega sáðfrumu til að frjóvga eitt egg og því þá ekki að gera frjóvgunina skilvirkari? Fjöldi sáðfrumna, sem losnar í sama skiptið, er örugglega nægur til að gera mörg kvendýr þunguð. Því er mögulegt að efnileg karldýr eignist miklu fleiri afkvæmi en nokkurn tíma gæti gerst í náttúrunni.

Þegar sæðing er notuð í nautgripa-rækt er sæðinu skipt í hundrað hluta. Þó að slík fækkun hafi e.t.v. ekki mikil skammtímaáhrif er augljóst að til lengri tíma litið gætu áhrifin verið skadleg fyrir erfðabreytileika og þannig lífvænleika dýranna.

Hjá mannum sjálfum hafa tilraunirnar gengið miklu lengra. Það hófst með glasafrjóvgun en með þeirri aðferð, rétt eins og við sæðingu, er frjóvgunin sem slík nokkuð eðlileg þótt oft sé dregið úr fjölda sáðfrumna. Í dag er smjásjárfrjóvgun oft notuð en þá finnur vísindamaður eða læknir lífvænlega sáðfrumu með smásjá, þ.e. sáðfrumu sem syndir um og lítur út fyrir að vera heilbrigð. Þeirri sáðfrumu er síðan þröngvað í gegnum vegg hins ófrjóvgaða eggis. Þegar þessi aðferð er notuð til að frjóvga eggjð þá hefur það enga möguleika til að velja sáðfrumu sem hentar arfgerð þess best til að tryggja eins lífvænleg afkvæmi og mögulegt er.

Þessi aðferð brýtur greinilega varnar-kerfi náttúrunnar. En sú staðreynd, að það gæti verið ómögulegt að bera kennsl á alvarlegar, neikvæðar afleiðingar þegar í stað eða á fáum kynslóðum, sannar ekki að aðferðin sé ekki skadleg til lengri tíma litið. Þróun á sér stað í mörgum litlum skrefum. Hvert þessara skrefa gæti virst lítilfjörlegt en þegar bætt er við mörgum kynslóðum þá hafa skrefin djúpstæð áhrif á þróun tegunda. Það er því ekki hægt að álíta út frá örfáum kynslóðum að það sé skadlaust að fella niður allan þann öryggisbúnað sem hefur byggst upp við frjóvgun til að varðveita erfðabreytileika.

Umframmagn eggja við hverja mökun

Meðal dýra, sem eignast fleiri en eitt afkvæmi í einu, er líka annað og einfaldara kerfi sem eykur lífvænleika nýborinna afkvæma. Egg, sem losna hjá kvendýri á fengitíma, eru venjulega helmingi fleiri en afkvæmi sem fæðast. Ef kvendýrið makast á hentugum tíma frjóvgast öll eggin. En það er sjaldnast nægjanlegt pláss fyrir þau öll að þroskast í leginu. Meðal eggjanna verður því samkeppni um stað þar sem þau geta loðað við legvegginn og legkaka myndast. Síður lífvænleg egg, t.d. þau sem hafa tvöfölduð gen sem hafa neikvæðar afleiðingar á frumþróun, munu verða undir í samkeppni

inni. Raunveruleg innræktun er aðeins minni en sú sem er reiknuð út frá ættbókum. Þessi aðferð við val mun aldrei vera eins áhrifamikil og sú sem byggist á milljónum sáðfrumna. En hún mun tryggja að gen með djúpstæð neikvæð áhrif á snemmbúna þróun geta ekki auðveldlega dreifst í stofni.

Náttúruval

Náttúruval, eða þau öfl sem náttúran notar til að gera einstaklinga eins lífvænlega og mögulegt er í umhverfinu, munu ekki varðveita erfðabreytileika í öllum genakerfum. Stundum er þörf á stöðugleika. Sem lifandi verur þá þurfum við öll lungu, hjarta, maga, beinagrindur, taugakerfi og heila o.s.frv. Það mundi vera of skadlegt fyrir þróun grunnlíffæra okkar ef erfðafræðilegur breytileiki væri of mikill í þeim kerfum sem bera ábyrgð á þróun þeirra.

Það sem í daglegu tali er kallað náttúruval er afl sem hefur þann tilgang að koma jafnvægi á í genamenginu svo lífvænleiki verði sem mestur. Í náttúrunni verða lífverur að afla sér matar, verjast gegn óvinum og þar á meðal gegn smásæjum lífverum. Það er líka nauðsynlegt að geta aðlagast umhverfispáttum, s.s. hita eða kulda, regni eða vatnsskorti langtímum saman. Ef einstaklingur á að hafa einhver áhrif á erfðafræðilega framtíð tegundar sinnar þá verður hann að finna sér maka og eignast og ala upp afkvæmi. Fyrir kvendýrin verður einnig hið mjög svo flókna ferli meðgöngu og fæðingar að ganga fyrir sig áfallalaust. Í náttúrunni er hlutfall dýra, sem lifir nægilega lengi við náttúruval til að eignast afkvæmi, miklu lægra en hjá mannum.

Það er mjög mikilvægt að allir ræktendur dýra skilji að grunnlögmál náttúruvals er að genakerfið sé stöðugt svo að það sé árangursríkt við venjulegar umhverfisaðstæður. Lífsbaráttan í náttúrunni á mjög lítið skylt við baráttu milli einstaklinga. Aðalbaráttan snýst um að lifa og æxlast. Aðeins þeir, sem til lengri tíma litið eignast lífvænleg afkvæmi, eru hinir raunverulegu sigurvegarar og í náttúrunni eru öfgakenndir einstaklingar ekki á meðal sigurvegaranna. Frjóustu einstaklingarnir munu vinna kapphlaupið og það eru þeir sem eru best aðlagðir að umhverfinu, þ.e. hinir venjulegu einstaklingar sem líkjast meðaleinstaklingi stofnsins ef svo mætti segja. Í ímynduðu dæmi,

þar sem breytingar verða aldrei á umhverfinu, mundi afleiðing náttúruvals sennilega verða mjög lítil erfðabreytileiki milli einstaklinga sömu tegundar. En umhverfisaðstæður breytast alltaf og til lengri tíma litið geta breytingarnar verið miklar. Tegundir sem hafa tapað erfðabreytileika munu ekki geta aðlagast þessum breytingum í umhverfinu og því verður útrýming örlög þeirra. Vegna þessa mun náttúran alltaf styðja þær tegundir sem hafa þann kraft sem þarf til að varðveita nægjanlegan erfðabreytileika til aðlögunar, sem og til að varðveita erfðafræðilegan stöðugleika til að mynda nauðsynleg líffæri líkamans.

Venjulega er erfðabreytileiki í kerfum sem bera ábyrgð á líkamsstærð og lögun, lit, lengd og þykkt felds o.s.frv. Það er til hagsbóta ef slíkir eiginleikar geta breyst hratt breytist umhverfisaðstæður skyndilega. Önnur genakerfi, s.s. þau sem bera ábyrgð á tímgun, verða að vera stöðugri. Framboð fæðu getur t.d. verið aðeins mismunandi milli ára og það væri kostur ef það hefði tafarlaus erfðafræðileg áhrif í þá átt að draga úr tímgunargetu.

Við eðlilegar aðstæður hjá villtum dýrum beinist valið ávallt í átt að miðju stofnsins, meðaleinstaklingnum er umbunað. Öfgakenndir einstaklingar geta einungis haft yfirburði þegar umhverfið breytist mikið. T.d. ef hitastig fellur mikið, eins og gerðist fyrir 65 milljónum ára, þá höfðu dýr með langan feld, sem varði líkamann, yfirburði og mynduðu nýja miðju í stofna. Ef breytingin yrði nægjanlega mikil yrði ný tegund að lokum til. Þegar breytingar sem þessar gerast mjög snögglega eða eru of miklar er mögulegt að engin dýr beri nauðsynleg gen og einkenni til að lifa af. Þá deyr allur stofn viðkomandi tegundar út. Þetta hefur í raun gerst hjá 98–99% allra tegunda sem hafa nokkru sinni verið til á jörðinni.

Í náttúrunni á stöðugt val sér stað, aðlagð að litlum eða hægum umhverfisbreytingum og er það hið eðlilega stig. Hraðar umhverfisbreytingar eru sjaldgæfar en flestar slíkar breytingar valda útrýmingu lifandi tegunda. Hin mjög svo hraða útrýming tegunda í dag er afleiðing af siðmenningu okkar og þeim áhrifum sem hún hefur haft á umhverfið. Þessi útrýming getur sýnt þá erfiðleika sem tegundir glíma við til að aðlagast af skjótum breytingum á líffskilyrðum.



Velheppnuð ræktun, sem hefur þann tilgang að skapa heilbrigð og lífvænleg dýr, er fólgin í að tileinka sér og fylgja fáeinum mjög einföldum meginlögmálum í sambandi við val og ræktun.

Stýrt val

Val mannsins við ræktun dýra kallast stýrt val. Við ræktun húsdýra fer fram stöðugt val til að fá hraðari vöxt, meiri mjólk eða eggjaframleiðslu og dýr sem gefa meira kjöt af sér. Ýktari einstaklingar eru þeir sem vinna kapphlaupið svo fremi sem þeir geta lifað við þær hröðu breytingar sem þeir standa frammi fyrir. Ræktun gæludýra ætti að vera möguleg án slíkrar viðleitni til að breyta dýrum hratt. Hjá flestum gæludýrum stjórnast ræktunin hins vegar af samkeppni sýninga og annarra þátta, s.s. veiði- og vinnuprófum fyrir hunda. Í keppni er engin leið að velja meðaleinstaklinginn eins og gerist við náttúruval, þar eru það ýktari einstaklingarnir sem vinna. Of oft verðlaunum við litlar breytingar á eiginleikum, eiginleikum sem hafa engin eða jafnvel neikvæð áhrif á heilbrigði.

Það er staðreynd að hið stýrða val, sem notað er við ræktun dýranna okkar, er mjög áþekkt og það náttúruval sem verður við náttúruhamfarir. Ýktir einstaklingar eru aðallega þeir sem eru valdir til ræktunar. Neikvæð langtímaáhrif slíkrar stefnu við val eru vel kunn. Vandamál við ræktun gæludýra og hunda er að flestir gera ekki áætlanir til meira en í mesta lagi nokkra áratugi fram í tímann, mjög fáir yfir lengri tímabil og enginn hugsar um áhrifin mæld á mælikvarða þróunarsögunnar.

Ef við viljum rækta og ala upp heil-

brigð og lífvænleg dýr verðum við að vera meðvituð um allar leiðir náttúrunnar til að varðveita lífvænleika villtra dýra. Við verðum að hverfa frá ræktunaraðferðum sem undantekningarlaust brjóta allar þær varúðarráðstafanir sem náttúran hefur fundið upp. Ef við viljum ekki læra, hvernig þessi varnarkerfi eru uppbyggð og hvernig við getum notað kerfin til að styðja dýrin okkar, þá gæti bæði húsdýranna og gæludýranna beðið niðurdrepani framtíð. Ræktun snýst ekki fyrst og fremst um flóknar erfðafræðikenningar. Náttúran hefur enga fræðilega þekkingu á erfðafræði. Velheppnuð ræktun, sem hefur þann tilgang að skapa heilbrigð og lífvænleg dýr, er fólgin í að tileinka sér og fylgja fáeinum mjög einföldum meginlögmálum í sambandi við val og ræktun.

Samantekt og hagnýt atriði

Á þessu stigi ætti að vera augljóst að helstu orsakir erfðagalla og arfgengra sjúkdóma eru ekki óheppilegar tilviljanir. Erfðasjúkdómar eru bein og óhjákvæmileg afleiðing af þekkingarleysi ræktenda um nokkur meginlögmál náttúrunnar. Þeir hafa ekki haft næga þekkingu til að sjá fram á afleiðingar þeirra aðferða sem beitt hefur verið. Áreiðanlegasta drifafll allra þeirra mistaka, sem gerð eru, eru ræktunarvenjur, sem eru í grundvallaraðferðum óheilbrigðar, og keppnir og próf þar

sem hraðra erfðafræðilegra breytinga er óskað. Þessi markmið hafa fengið meiri forgang en heilbrigði og lífvænleiki dýranna. Það verðlaunakerfi, sem notað er í keppnum, stuðlar einnig að því að skipta hundakynum í sífellt fleiri kyn eða auka breytileika innan kynja. Þetta skapar mikinn fjölda stofna sem allir eru of litlir fyrir nokkra gerð af almennilegri ræktun. Þegar fjöldi ræktunardýra fellur of mikið verður tap á erfðabreytileika mjög hratt. Erfðagallar geta orðið vandamál á eins stuttum tíma og 10 kynslóðum eða 30–50 árum. Flest kyn eru ekki eldri sem hreinræktuð en um 100 ára. Erfðasjúkdómar í hundum okkar er þannig nákvæmlega það sívaxandi vandamál sem búast mátti við í kjölfar ræktunarvenja í mörgum hundakynjum.

Þeir sem leita að þróaðri ræktunaráætlun til að leiðrétta öll þau erfðafræðilegu vandamál, sem við sjáum í dag, eru á rangri leið. Frekar ætti að reyna að skilja nákvæmlega hvað fór úrskeiðis og læra af náttúrunni hvernig hægt er að halda dýrastofnum lífvænlegum í hundruð eða þúsundir ára án nokkurrar fræðilegrar þekkingar.

1. Stærð stofns verður að vera nægjanlega mikil til að viðhalda og varðveita erfðabreytileika. Það er engin leið að ná árangri við ræktun þegar ræktunarstofninn samanstendur af minna en um 100–150 ræktunardýrum; tvöföld sú tala er æskileg.
2. Aðeins ætti að leyfa lífvænlegum dýrum í góðu líkamlegu og andlegu ástandi að halda áfram í ræktun.
3. Í háþrúðum skepnum er grunnreglan sú að hver einstaklingur fær ekki að eignast nema takmarkaðan fjölda afkvæma á meðan hann lifir.

Þetta eru hinar þrjár einföldu grunnreglur náttúrunnar, reglur sem – ef rétt er beitt – munu halda hvaða dýrastofni sem er heilbrigðum í langan tíma. Eina ástæða arfgengra sjúkdóma í hundakynjum okkar, sem og öðrum gæludýrum, er að við höfum vanrækt að hugleiða gangverkið sem þarf til að verja þann erfðabreytileika sem náttúruval hefur skapað á billjónum ára.