

Parjenje v sorodstvu in posledice

Sama beseda inbriding ne pomeni nič drugega kot parjenje sorodnih osebkov, pa naj bo to pri rastlinah, živalih, ali ljudeh. V človeški populaciji so poroke in s tem parjenja ožjih sorodnikov zakonsko prepovedana. Pri nastanku pasem domačih živali in sort kulturnih rastlin pa se je človek poslužil končnega števila osebkov kot osnovalcev, želel je čim bolj enotne oblike telesa, barve in barvne vzorce, izražene določene lastnosti, kar je v populaciji pomenilo fiksacijo določenih genov, posledično pa so pripadniki pasme ali sorte precej sorodni. Zato pri inbridingu govorimo o parjenju osebkov v populaciji, ki so bolj sorodni, kot je to v povprečju v populaciji. Inbriding pa ima za posledico fiksacijo tako zaželenih kot nezaželenih genov in s tem lastnosti, kar pa zagovorniki t.i. linijskega parjenja (parjenje bližnjih sorodnikov) povsem zamolčijo. Inbriding v populaciji zmanjšuje genetsko varianco in posledično heritabiliteto za lastnosti, na dolgi rok pa ogroža obstoj populacije.

DEPRESIJA ZARADI INBRIDINGA

Parjenje v sorodu ima lahko hude posledice za potomstvo. Posledica parjenja v sorodu je depresija zaradi inbridinga, ki je posledica stanja, ko ima žival na določenem genskem lokusu dva identična gena, vsakega je podedovala od enega starša. Temu stanju pravimo homozigotnost, žival pa je homozigot na tem lokusu. Bolj kot sta starša sorodna, večja je verjetnost takih identičnih genov pri potomcih in to na več lokusih.

Kadar en tak par identičnih genov povečuje vrednost pri določeni lastnosti, potem je tako stanje na lokusu zaželeno. Žal pa je mnogo genov takih, pri katerih se v primeru homozigotnosti pokažejo neželene posledice, kadar pa je na lokusu prisoten le v eni kopiji, pa je njegov učinek v bistvu skrit. Tovrstnim genom pravimo recesivni geni. Z večanjem sorodnosti med dvema osebkom, bo večja tudi verjetnost, da se ti recesivni geni z neželenim oz. slabim učinkom pojavijo v paru, kar pomeni, da se bo njihov učinek pokazal.

Na primeru bele detelje vidimo, da je razlika med neinbridiranimi (levo) in inbridiranimi rastlinami (desno) več kot očitna (slika 13). Neinbridirane rastline so vitalne in sposobne reprodukcije in produkcije, vidimo ogromno cvetov, pa tudi rastlinske mase bo pri odkosu veliko za razliko od inbridiranih rastlin, pri katerih opazimo bistveno slabšo vitalnost. Slabša vitalnost je posledica depresije zaradi inbridinga, ki jo je povzročila velika homozigotnost v genomu teh rastlin.

Posledice parjenja med sorodnimi osebki so bile znane že v daljni preteklosti povsem izkustveno, o znanstveno podprtih dokazih za depresijo zaradi inbridinga v rastlinskem svetu pa je pisal že Darwin. Darwinovi poskusi na rastlinah so kmalu spodbudili raziskave parjenja v sorodu pri živalih, kjer so prav tako ugotavljali **škodljive posledice inbridinga**.

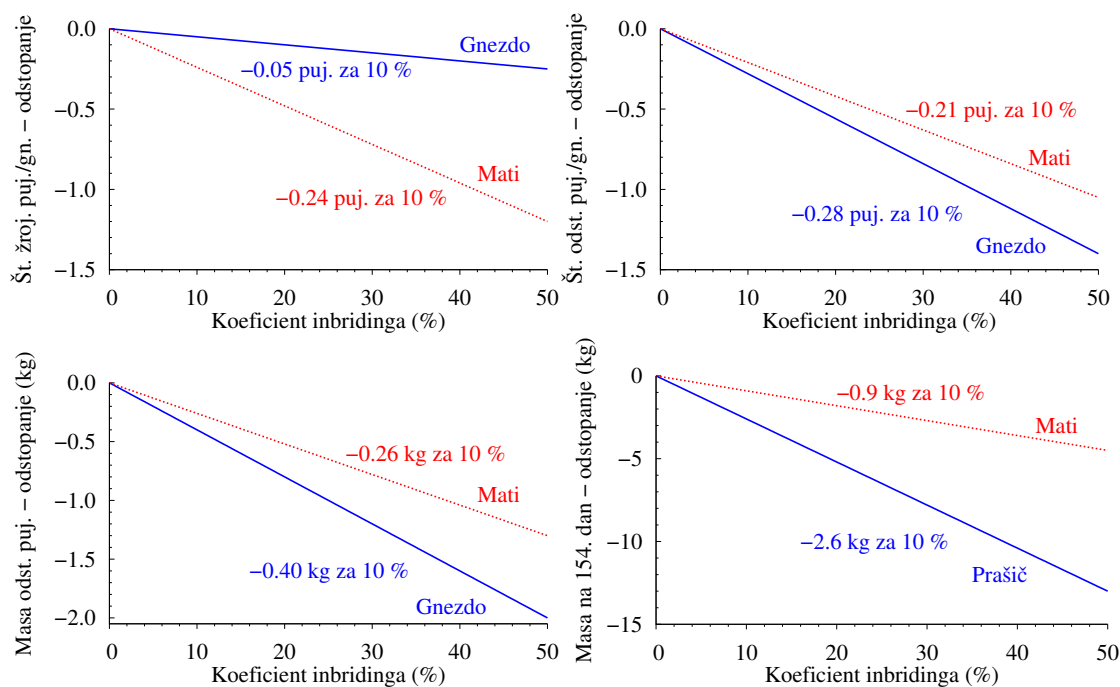


Slika 13: Depresija zaradi inbridinga pri beli detelji: levo neinbridirane, desno inbridirane rastline

POSLEDICE INBRIDINGA PRI PRAŠIČIH

Že zgoraj smo omenili, da ima inbridging več škodljivih posledic. Inbridging ne prizadene vseh lastnosti v enaki meri. Posledice so hujše pri lastnostih, ki so povezane s preživetjem in plodnostjo, in manj pri morfoloških lastnostih, kot so npr. odrasla velikost ali oblika telesa. Pri prašičih so poskuse s parjenjem v sorodstvu in spremljanjem posledic inbridinga delali že na začetku 20. stoletja. Ugotovili so, da se z večanjem inbridinga povečujejo izgube v gnezdih, manjšajo gnezda, povečal naj bi se tudi delež moških potomcev v gnezdih, pojavila se je rjavkasta obarvanost namesto originalne črne, kot tudi različne kongenitalne anomalije, kot so kile in razcepljeno nebo. Pri povečanju inbridinga od 5 % na 25 % so raziskovalci opazili povečanje deleža mrtvorojenih pujskov s 6 % na 14 % in deleža izgub do odstavitve s 15 % na 21 %.

Druga skupina raziskovalcev je na vsakih 10 % inbridinga več pri potomcih zaznala 0.05 manj živorojenih pujskov na gnezdo in na vsakih 10 % inbridinga več pri materi 0.24 manj živorojenih pujskov na gnezdo (slika 14, zgoraj levo). Pri odstavljenih pujskih je bila depresija zaradi inbridinga še bolj očitna, na vsakih 10 % inbridinga več pri potomcih kar 0.28 manj odstavljenih pujskov na gnezdo ter na vsakih 10 % inbridinga več pri materi 0.21 manj odstavljenih pujskov na gnezdo (slika 14, zgoraj desno). Tudi pri prirastih in telesni masi rastočih prašičev so ugotovili negativni vpliv inbridinga. Pujski so bili ob odstavitvi za 0.40 kg lažji na vsakih 10 % individualnega inbridinga in za 0.26 kg lažji na vsakih 10 % inbridinga pri materi (slika 14, spodaj levo). Pri masi na 154. dan so bili pitanci za 2.6 kg lažji na vsakih 10 % individualnega inbridinga in za 0.9 kg lažji na vsakih 10 % inbridinga pri materi (slika 14, spodaj desno).



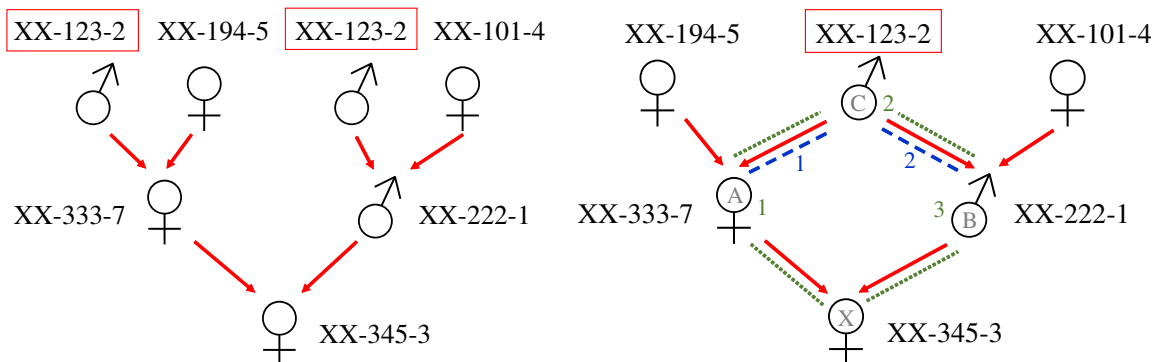
Slika 14: Vpliv inbridinga pri potomcih in materi na velikost gnezda in povprečno maso prašičev (na osnovi rezultatov Bereskin in sod., 1968)

Depresijo zaradi inbridinga pri prašičih ugotavljajo tudi v novejših raziskavah. Pri treh linijah iberijskega prašiča, ki so vse precej inbridirane, španski raziskovalci navajajo zmanjšanje med 0.14 in 0.33 živorojenih pujskov na gnezdo na vsakih dodatnih 10 % inbridinga pri materi ter med 0.26 in 0.35 živorojenih pujskov na gnezdo manj na vsakih dodatnih 10 % inbridinga pri potomcih. Tudi pri pasmah large white in landrace so Avstrijci in Madžari opazili poslabšanje pri številu živorojenih in odstavljenih pujskov na gnezdo dobili primerljive rezultate za inbriding pri potomcih in materi: med -0.10 in -0.25 živorojenih pujskov na gnezdo na 10 % inbridinga pri potomcih in med -0.12 in -0.19 živorojenih pujskov na gnezdo na 10 % inbridinga pri materi ter med -0.19 in -0.29 odstavljenih pujskov na gnezdo na 10 % inbridinga pri potomcih in med -0.16 in -0.21 odstavljenih pujskov na gnezdo manj na 10 % inbridinga pri materi, medtem ko inbriding pri očetu gnezda ni imel vpliva na velikost gnezda. Pri iberijskem prašiču so depresijo zaradi inbridinga dokazali tudi pri parametrih rastle krivulje, medtem ko so pri sodobnih pasmah v literaturi poleg slabše rasti navedeni tudi slabši rezultati pri debelini hrbtne slanine in površini prereza hrbtne mišice.

PARJENJE DVEH SORODNIH ŽIVALI

V primeru, da parimo dve sorodni živali, bodo posledično potomci inbridirani. Na sliki 15 (levo) imamo rodovnik živali z oznako XX-345-3, ki ima očeta XX-222-1 in mater XX-333-7. Za ti dve živali pa vidimo, da imata očeta XX-123-2,

kar pomeni, da sta si XX-222-1 in XX-333-7 sorodna, in sicer sta polbrat in polsestra. Potomec parjenja med njima bo inbridiran. Zanima nas, kolikšno je sorodstvo med staršema in kolikšen je inbriding pri potomcu. Prikazani primer je dokaj enostaven, zato lahko tako koeficient sorodstva kot koeficient inbridinga izračunamo s pomočjo potnih koeficientov. Rodovnik bomo preoblikovali v toliko, da bo skupni prednik prikazan le enkrat in pa živalim bomo dali krajše oznake (A, B, C in X, slika 15, desno).



Slika 15: Parjenje dveh sorodnih živali: polbrat in polsestra

Pri izračunu koeficienta sorodstva med živalma A in B gremo po rodovniku od živali A preko skupnega prednika, ki je v tem primeru C, do živali B. Odseka oz. segmenta (n) na tej poti sta bila 2 in tako koeficient sorodstva ($R_{A,B}$) med A in B izračunamo kot:

$$R_{A,B} = \left(\frac{1}{2}\right)^n = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.25$$

V primeru, da bi bil skupni prednik C inbridiran (slika 15, desno) in bi njegov koeficient inbridinga znašal 0.0625, bi pri izračunu koeficienta inbridinga za žival X to upoštevali:

$$F_X = \left(\frac{1}{2}\right)^m (1 + F_C) = \left(\frac{1}{2}\right)^3 (1 + 0.0625) = 0.133$$

Ta ista formula bi veljala tudi prej - je splošnejša, le da bi za F_C vstavili 0, ker v prejšnjem primeru žival C ni bila inbridirana, rezultat bi bil isti. V primeru, da je skupnih prednikov več in je tudi poti preko skupnih prednikov več, moramo sešteti inbriding po vseh poteh. Splošna formula za koeficient inbridinga pa je:

$$F_X = \sum_i^p \left(\frac{1}{2}\right)^{m_i} (1 + F_{A_i})$$

V zgornji formuli za koeficient inbridinga osebk je p število poti v rodovniku, m_i število prednikov na i -ti poti ter F_{A_i} koeficient inbridinga skupnega prednika

A na *i*-ti poti. V kompleksnih rodovnikih, ki obsegajo veliko osebkov in veliko generacij, koeficient inbridinga osebkov in sorodstvo med osebki izračunamo s pomočjo računalniških programov, saj bi bilo računanje na roke prezahtevno in prezamudno.

Sorodstvo med dvema osebkom merimo s **koeficientom sorodstva**, ki pomeni verjetnost, da imata dva osebka na določenem lokusu po poreklu identične gene oz. predstavlja delež po poreklu skupnih (identičnih) genov, ki si jih dva sorodna osebka delita. Mera **koeficient inbridinga** pa se nanaša na posamezni osebek in predstavlja verjetnost, da bosta pri tem osebku na nekem lokusu oba gena identična po poreklu, kar pomeni, da izvirata od istega prednika. Koeficienti sorodstva med sorodniki in koeficiente inbridinga potomcev iz tovrstnih parjenj, ki si jih velja zapomniti, so v tabeli 1. Pri tem moramo opozoriti, da vrednosti v tabeli veljajo le v primeru, da so skupni predniki neinbridirani. V primeru enega ali več inbridiranih skupnih prednikov bi imela oba koeficienta večjo vrednost.

Tabela 1: Parjenje sorodnih osebkov

| | Koeficient sorodstva | Koeficient inbridinga potomca |
|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| Brat - sestra | | |
| Oče - hči | 0.50 | 0.25 |
| Sin - mati | | |
| Polbrat - polsestra | | |
| Stric - nečakinja | 0.25 | 0.125 |
| Nečak - teta | | |
| Bratranec - sestrična | | |
| Dedek - vnukinja | 0.125 | 0.0625 |
| Vnuk - babica | | |

POSLEDICE POVEČEVANJA INBRIDINGA V POPULACIJI

Živali in rastline so tekom evolucije razvile vrsto mehanizmov, ki preprečujejo parjenje sorodnih živali - od prepoznavanja sorodnih osebkov med seboj, različnega časa spolne zrelosti po spolih, večkratnega parjenja z različnimi partnerji do odhoda potomcev enega ali drugega spola iz skupine ali kraja, kjer so se rodili, in njihove razkropitve. Prašič je vrsta, za katero je značilno, da merjaščki zapustijo "rodni" trop, ko spolno dozori ter se v času bukanja pridružujejo nesorodnim tropom. V populacijah in skupinah živali, s katerimi upravlja človek, jim le-ta te naravne mehanizme onemogoča. Zato je **dolžnost rejca**, da poskrbi za preprečevanje parjenja med sorodnimi živalmi.

V zaprti populaciji je od števila živali, razmerja med spoloma - koliko ženskih živali parimo z enim plemenjakom, koliko potomcev po staršu odberemo ter seveda tudi, ali parimo bolj ali manj sorodne osebke, odvisno, kako hitro se bo povečeval inbriding v populaciji. Prehitro povečevanje inbridinga ima lahko

za populacijo hude posledice, poleg prej omenjenih posledic na plodnost in vitalnost posameznih osebkov, se v populaciji **zmanjšuje** njen genetski sklad in s tem **genetska pestrost**, kar na daljši rok pomeni slabšo vitalnost populacije in morebitno izumrtje.

POMNI!

Parjenje v sorodstvu povzroči več škodljivih kot pa koristnih posledic pri živalih. Bolj so posledicam depresije zaradi inbridinga podvržene lastnosti plodnosti in vitalnosti kot pa morfološke lastnosti. Na osnovi enega uspešnega tovrstnega parjenja, kjer ni vidnih težav, se rejec ne sme slepiti, da je parjenje v sorodu povsem v redu in neškodljivo.

Povečevanju inbridinga v populaciji se ne moremo izogniti, lahko pa poskrbimo, da bo povečevanje čim počasnejše. To lahko dosežemo z načrtno odbiro živali in načrtnimi parjenji, za kar je potrebno **dosledno beleženje in sporočanje dogodkov** v reji, kot so pripusti, prasitve, označitve, odstavitve, izločitve in prodaje. Hkrati je poleg lastnosti plodnosti potrebno spremljanje tudi lastnosti rasti, da lahko presodimo, kakšen vpliv ima inbriding nanje v trenutni (živeči) populaciji in, ali so potrebni drugačni ukrepi.

Sam izračun sorodstva, ki ga rejec prejme, še ne pomeni, da ne pari v sorodstvu, saj je **izračun** potrebno tudi **upoštevati**. Pri prašičih lahko izpustimo preverjanje sorodstva samo pri načrtnih nekontinuiranih križanjih, ker v tem primeru parimo živali različnih pasem.

Parjenje in dopuščanje parjenja živali v ožjem sorodstvu je **neodgovorno** ter v nasprotju z dobro živinorejsko prakso in zakonodajo. Stroga zakonska določitev meje za še sprejemljiv koeficient sorodstva pri parjenju ni mogoča, ker je odvisna od situacije pri posamezni populaciji. Nikakor naj ne bi izvajali parjenj bratranec-sestrična ali še bližjih sorodnikov, izjemoma parimo živali, ki imajo iste prastarše.

V zadnjem času je bilo pri **pasmi krškopoljski prašič** kar nekaj parjenj med očeti in hčerami ali dedki in vnukinjami. Potomci takih parjenj nikakor ne morejo biti kandidati za plemenske živali. Zakon o živinoreji v 31. členu govori o tem, da je potrebno preprečevati nenačrtna parjenja v sorodu, medtem ko drugi in tretji odstavek v 55. členu določata, da mora za kakršna koli parjenja v ožjem sorodstvu odobriti minister na osnovi dobro argumentirane vloge.

Pripravili:
doc. dr. Špela Malovrh
Janja Urankar, univ. dipl. inž. zoot.
prof. dr. Milena Kovač