

Stóðhestaval – Valparanir – Skýringar

Þorvaldur Árnason, IHBC og Elsa Albertsdóttir RML (2023)

Stóðhestaval


Framfarir í ræktun nást með markvissu úrvali undaneldisgripa sem skapa næstu kynslóð. Kynbótamat með BLUP aðferðinni er öruggasta aðferðin sem völ er á til að velja undaneldisgripina en kynbótamatið byggir á öllum tiltækum upplýsingum sem skráðar eru í Veraldarfeng (WF) um kynbótadóma og ætterni hrossa. Til að hámarka líkur á vel heppnaðri þörun er mikilvægt að auðvelda hryssueigendum að finna stóðhesta sem hafa hæst kynbótamat í þeim eiginleikum sem ræktandinn metur mest og þar sem skyldleikarækt er jafnframt haldið innan skynsamlegra marka.

Stóðhestavali WF er ætlað að vera verkfæri sem auðveldar ræktendum hlutlausa leit að „bestu“ kynbótadæmdu stóðhestum landsins með tilliti til væntanlegs kynbótagildi þeirra í aðaleinkunnum eða einstaka eiginleikum sem eru innifaldir í ræktunartakmarki íslenskrar hrossaræktar. Ræktandinn getur þar með lagt sitt af mörkum til að stuðla bæði að örari erfðafrámförum í öllum stofninum og fullnægja eigin hagsmunum og smekk.

Varðveisla litafjölbreytileika íslenska hrossastofnsins er yfirlýst markmið í opinberu alþjóðlegu ræktunartakmarki (FEIF). Seinustu áratuginu hefur fjöldi skjótttra, bleikra (og mósótttra), vindótttra og litfótttra hrossa heldur vaxið sem hlutdeild hrossastofnsins, sem er ágætis framlag til litafjölbreytileikans. Hins ber þó að gæta að sumir hrossalitir fela í sér erfðagalla sem koma fram í arfhreinu ástandi og því þarf að gæta varhuga í þörun hrossa sem bæði bera slíka erfðavísa.

Helstu litir íslenskra hrossa eru skráðir í WF með 4 stafa litanúmeri sem var upprunalega þróað af Guðrúnu Stefánsdóttur (1991). Nákvæmari lýsingu á litanúmerum og erfðum litanna er að finna í vinstri dálki forsíðu WF undir titlinum „Litir“. Von bráðar mun þó uppfærð 5 stafa litanúmer leysa 4 stafa litanúmerin af hólmi. Þau byggja á sama grunni en munu gera skráningu kleifa á ýmsum nýjum litum eins og ýru- og yrjuskjóttu auk ýmissa litasamsetninga sem núverandi litatafla gerir ekki ráð fyrir.

Listinn yfir stóðhesta sem völ er á í stóðhestavalinu er tekinn fram í Veraldarfengi og inniheldur alla skráða lifandi stóðhesta sem hafa fullgildan íslenskan eða alþjóðlegan kynbótadóm. Listinn er uppfærður öðru hvoru hvert ár með tillits til landsstaðsetningar hestanna.

Greiðasti aðgangur að „Stóðhestavalinu“ næst með því að smella á táknið  annað hvort á grunnskráningarsíðu hryssunnar eða beint í „Heimaréttinni“.

Þá kemur upp á skjáinn listi með 50 stóðhestum sem er raðað í fallandi röð á BLUP kynbótamat aðaleinkunnar (úrvalsmark) og fullnægja eftirfarandi fyrirframgefnum forsendum/skilyrðum: Skorður eru á skyldleikaræktarstuðli væntanlegs afkvæmis „5%“; staðsetningu stóðhests „Ísland“; lágmarks öryggi (R_{TI}) kynbótamats stóðhestsins „60“; hámarks lengd lista yfir valda stóðhesta „50“.

Listinn inniheldur eftirfarandi upplýsingar um stóðhestinn á appelsínugulum bakgrunni: Fæðingarnúmer, nafn, uppruni, kynbótamat úrvalsmarks, sköpulag, hæfileikar, aðaleinkunn og öryggi matsins (R_{TI}). Spá um kynbótamat væntanlegs afkvæmis (á grænleitum bakgrunni) er birt fyrir úrvalsmörk, sköpulag, hæfileika og aðaleinkunn ásamt skyldleikaræktarstuðli afkvæmis.

Hægt er að breyta fyrirframgefnum forsendum t.d. fyrir „Úrvalsmörk“ má velja aðaleinkunnir eða einstaka eiginleika; stilla má skorður á skyldleikaræktarstuðul afkvæmis frá „2% - 100% (engar skorður á skyldleikarækt)“; fyrir R_{TI} stóðhestsins má velja milli „30 – 95%“; og lengd listans er hægt

að stilla milli „10 – 500“. Með því að smella á fæðingarnúmer stóðhestsins í fyrsta dálki er farið beint inn í skjámynd „Valparana“.

Ræktendur sem vilja gera miklar kröfur til öryggis kynbótamats stóðhestsins ættu að stilla R_{TI} valið á 90%, þar sem stór afkvæmahópur liggur til grundvallar útreikningum. Ef til stendur að halda undir ódæmda ungfola þarf að fara beint inn í „Valparanir“ og slá inn fæðingarnúmer beggja foreldra.

Valparanir

Valpörunarforritið reiknar BLUP kynbótamat væntanlegs afkvæmis sem meðaltal kynbótamats beggja foreldra fyrir eftirfarandi 24 eiginleika:

1) Aðaleinkunn, 2) Sköpulag, 3) Hæfileikar, 4) Hæfileikar án skeiðs 5) Aðaleinkunn án skeiðs, 6) Höfuð, 7) Háls, herðar og bógar, 8) Bak og lend, 9) Samræmi, 10) Fótagerð, 11) Réttleiki 12) Hófar, 13) Prúðleiki, 14) Tölt, 15) Brokk, 16) Skeið, 17) Stökk, 18) Fegurð í reið, 19) Samstarfsvilji, 20) Fet 21) Hægt tölt, 22) Hægt stökk, 23) Mæting til dóms, 24) Hæð á herðakamb.

Skuldleikaræktarstuðull afkvæmis

Skuldleiki valdra foreldra (R) er reiknaður með aðferð sem var lýst af ter Heijden o. fl. (1977). Aðferðin nýtir hornalínustök skyldleikafylkis sem voru reiknuð með aðferð Ágústs Sigurðssonar (Sigurdsson & Árnason, 1995). Skuldleikaræktarstuðull (F) afkvæmis er helmingur skyldleikastuðuls foreldra ($R/2$). Báðir stuðlarnir eru margfaldaðir með 100 og gefnir sem %.

Meðaltal skyldleikaræktarstuðuls síðustu árganga í íslenska hrossastofninum er u.þ.b. 2,8%. Nána skyldleikarækt ber að forðast vegna aukinnar hættu á erfðagöllum og minnkun erfðabreytileika. Pörun hrossa sem leiðir til skyldleikaræktarstuðuls yfir 5% ætti að forðast. Ljósflublá viðvörðun er gefin fyrir skyldleikaræktarstuðul á bilinu 5 – 7% og rauð aðvörðun fyrir skyldleikaræktarstuðul sem fer yfir 7%.

Arfgerðalíkindi litaerfðavísa og gangráðs

Erfðabreytileika í grunnlitum íslenska hestsins má að mestu leiti skýra með áhrifum erfðavísa í 8 þekktum erfðavísa-sætum (Stefán Aðalsteinsson, 2001). Erfðavísir slettuskjóttis litar (MITF) er þekktur í íslenska hrossastofninum en skráningu þess litar er enn sem komið ábótavant og er þar af leiðandi sleppt í þessu sambandi. Það á einnig við um yrjuskjótt og ýruskjótt sem kann að finnast í stofninum.

Metin tíðni erfðavísa og samsvarandi arfgerða í 8 litasætum auk sæti gangráðs (DMRT3) er sýnd í tveimur töflum hér að neðan. Gildin í báðum töflunum sýna tíðnina í heildarhrossastofninum og eru nauðsynleg til arfgerðamats hrossa með þeirri Bayesartölfræði sem er notuð við útreikning matsins.

Tafla 1: Tíðni erfðavísa í 8 litasætum og í sæti gangráðserfðavísis (DMRT3) í hrossastofninum. p er tíðni “ríkjandi” erfðavísis og q er tíðni “víkjandi” erfðavísis.

Litasæti	E	A	C	D	G	Z	To	Rn	DMRT3
P	0,411	0,195	0,961	0,061	0,031	0,021	0,060	0,003	0,060
q	0,589	0,805	0,039	0,939	0,969	0,979	0,940	0,997	0,940

Tafla 2: Tíðni arfgerða í 8 litasætum og í sæti gangráðs í hrossastofninum.

Litasæti	E	A	C	D	G	Z	To	Rn	DMRT3
LL = p^2	0,1686	0,0379	0,9239	0,0037	0,0010	0,0005	0,0036	0,0000	0,0036
LI = $2pq$	0,4840	0,3136	0,0746	0,1142	0,0604	0,0420	0,1131	0,0066	0,1131
II = q^2	0,3474	0,6485	0,0015	0,8821	0,9386	0,9576	0,8832	0,9934	0,8832

Líkindi arfgerðar afkvæmis í þessum níu erfðasætum eru reiknuð út frá metnum arfgerðum beggja foreldranna, sem voru metnar fyrirfram með tveimur aðferðum sem er lýst nánar í ensku útgáfunni af skýringartextanum. Þar er að finna tilvitnanir og heldur ýtarlegri lýsingar á aðferðum fyrir þá sem vilja afla sér dýpri þekkingar á reikniferlinu og frekari forsendum.

Í stuttu máli má segja að aðferðirnar byggjast á útreikningum líkinda allra arfgerða viðkomandi erfðasætis í öllum hrossum stofnsins á grundvelli skráðs ætternis og upplýsinga um svipfar eða eðlisfar eiginleikans. Arfgerðaspáin er því augljóslega háð réttum ættfærslum og réttri skráningu litar (litanúmer) og skeiðhæfni. Spáin kollvarpast fyrir einstaka hross ef upplýsingar því tengdar eru rangar. Bæði ættfærslur og skráning lita batna með hverju ári sem líður og sífellt bætast við upplýsingar um hross sem eru arfgerðargreind fyrir gangráði sem er afar jákvætt. Í haustkeyrslu 2022 höfðu 1000 hross verið arfgerðargreind fyrir gagnráði. Þær upplýsingar styrkja öryggi arfgerðaspáa skyldra hrossa sem verður stöðugt öruggari með vaxandi fjölda arfgerðargreindra hrossa sem ekki sýna vekuð.

Til skýringar er hér að neðan brugðið upp hluta skjámyndar þar sem sýndar eru mögulegar arfgerðir dökk-leirljóss skjóttis og glófexts stóðhests (skráður 4711) sem er parað við ljós-leirljósa stjórnota hryssu (4220). Leirljós hross eru skilgreind með rauðan grunnlit, þ.e. arfgerð ee og eru því líkindi beggja hrossanna á þeirri arfgerð næstum 1.0. Allar líkur eru því að bæði hrossin séu með rauðan grunnlit sem ekki nær fullum litstyrk vegna áhrifa C^{cr} erfðavísins (Cc) í arfblendnu ástandi. Jarpi erfðavísirinn (A) getur dulist í rauðum og þar af leiðandi leirljósum hrossum. Stóðhesturinn ber sannanlega A í arfblendnu ástandi (Aa) en hryssan er arfhrein (aa). Stóðhesturinn er arfblendinn í bæði D-sæti og To-sæti (og getur því gefið bleiklýsta (D) liti eins og móálátt, bleikálótt og bleikt auk skjóttis (To) litar. Báðir foreldrarnir eru síðan arfhreindir í víkjandi erfðavísnum allra annarra erfðasæta. – Ef litaskráning (leirljós) stóðhestsins er ekki rétt er möguleiki á arfgerð Ee þar sem litagreining með samsetningu á arfblendnum C^{cr} , A og D sætum er erfið. Það er því mögulegt að stóðhesturinn sé frekar moldóttur (5311) en leirljós. Þannig getur flókið samspil fleiri erfðavísa stundum skapað liti sem erfitt getur reynst að greina með fullri vissu út frá svipfari einu saman. Vonandi mun innan skamms tíma verða mögulegt að skrá inn beint arfgerðagreiningar í litasætunum sem munu þá eyða slíkri óvissu.

Mögulegar arfgerðir litar og gangráðs stóðhestsins (9 erfðasæti)

Erfðasæti	E-locus	A-locus	C-locus	D-locus	G-locus	Z-locus	To-locus	Rn-locus	DMRT3-locus
Mögulegar arfgerðir	-e	Aa	Cc	Dd	gg	zz	Tt	rr	AA
Arfgerð	LL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Líkindi	LI	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0
Líkindi	II	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0

Mögulegar arfgerðir litar og gangráðs hryssu (9 erfðasæti)

Erfðasæti	E-locus	A-locus	C-locus	D-locus	G-locus	Z-locus	To-locus	Rn-locus	DMRT3-locus
Mögulegar arfgerðir	ee	aa	Cc	dd	gg	zz	tt	rr	AA
Arfgerð	LL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Líkindi	LI	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Líkindi	II	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Mögulegar arfgerðir litar og gangráðs afkvæmis (9 erfðasæti)

Erfðasæti	E-locus	A-locus	C-locus	D-locus	G-locus	Z-locus	To-locus	Rn-locus	DMRT3-locus
Mögulegar arfgerðir	-e	-a	--	-d	gg	zz	-t	rr	AA
Arfgerð	LL	0	0	0,25	0	0	0	0	0
Líkindi	LI	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0
Líkindi	II	1	0,5	0,25	0,5	1	1	0,5	1

Arfgerðarspá afkvæmisins verður: 100% ee; 50% Aa, 50% aa; 25% CC, 50% CC^{cr}, 25% C^{cr}C^{cr}; 50% Dd, 50% dd; 100% gg; 100% zz; 50% Toto, 50% toto; 100% rr; 100% AA (gangráðurinn).

Arfhreina arfgerðin C^{cr}C^{cr} (cc) í C-sæti gefur hvítinga (glaseygt hvítt). Það eru skiptar skoðanir um hvort líta beri á það sem erfðagalla, en margir ræktendur vilja þó forðast þann lit. Jákvæð líkindi fyrir arfgerðinni eru lituð ljósfjólublátt þeim til glöggvunar. Arfgerð GG í G-sæti (arfhreint grátt) ber að forðast vegna aukinnar hættu á húðkrabba og arfgerð ZZ í Z-sæti (arfhreint vindótt) stóreykur áhættu vegna skertrar sjónar (jafnvel blindu, tengt erfðasjúkdómnum MCOA). Jákvæð líkindi GG og ZZ arfgerða eru því lituð með rauðu til varnaðar. Fyrri viðvörðun varðandi RnRn (RR) arfgerð (arfhreint litförótt) hefur verið fjarlægð vegna þess að nýlegar rannsóknir benda til að arfgerðin sé ekki deyðandi í arfhreinu ástandi í íslenskum hrossum, þó rannsóknir bendi til að svo sé í ýmsum öðrum hrossakynjum. Ekkert virðist því til fyristöðu að para saman litförótt hross sem auðveldar fjölgun hrossa sem bera litförótta erfðavísinn sem hefur verið í útrýmingarhættu.

Mögulegir litir afkvæmis og líkindi fyrir hverjum lit

Að lokum birtast ljósmyndir af mögulegum litum sem arfgerðirnar gefa. Skilyrt líkindi hvers grunnlits að gefnum möguleikum arfgerðum í hverju erfðasæti eru reiknuð fyrir afkvæmið. Skilyrtu líkindin (conditional probabilities) voru leidd út af Þorvaldi Árnasyni og Ágústi Sigurðssyni (1998). Skilyrtu líkindin fyrir litaafbrigðin grátt, skjótt og litförótt eru óháð erfðum grunnlitanna og eru gefin sérstaklega til viðbótar.

Væntanlegir litir afkvæmisins í dæminu hér að ofan verða því: 25% líkur á rauðum grunnlit; 50% líkur á leirljósum grunnlit; 25% líkur á hvítum grunnlit. Þar að auki eru 50% líkur á tvílit (skjótt) og 100% líkur á einhverri skeiðhæfni.

Ljósmyndirnar eru flestar teknar af Friðbjófi heitnum Þorkelssyni.

Heimildir

Aðalsteinsson, Stefán, 2001. Íslenski hesturinn – litir og erfðir. Ormstunga, Reykjavík.

Andersson, L.S., Larhammar, M., Memic, F., Wootz, H., Schwochow, D., Rubin, C.-J., Patra, K., Árnason, T., Wellbring, L., Hjälml, G., Imsland, F., Petersen, J.L., McCue, M.E., Mickelson, J.R., Cothran, G., Ahituv, N., Roepstorff, L., Mikko, S., Vallstedt, A., Lindgren, G., Andersson L., Kullander, K., 2012. Mutations in DMRT3 affect locomotion in horses and spinal circuit function in mice. *Nature* 488:642-646.

Anderson, L.S., Lyberg, K., Cothran, G., Ramsey, D.T., Juras, R., Mikko, S., Ekesten, B., Ewart, S., Lindgren, G., 2011. Targeted analysis of four breeds narrows equine Multiple Congenital Ocular Anomalies locus to 208 kilobases. *Mamm Genome* 22:353-360.

Árnason, Thorvaldur, Sigurdsson, Ágúst, 1998. A computing procedure for estimating genotype probabilities at eight individual colour loci in the Icelandic toelter horse. 49th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Poland, 24-27 August 1998.

Bowling, A.T., 1996. *Horse Genetics*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK.

Bowling, A.T., 2000. *The Genetics of the Horse*. Chapter 3. CAB International. Wallingford, Oxon, UK.

Falconer, D.S., 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex, UK. & John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.

Kerr, R.J., Kinghorn, B.P., 1996. An efficient algorithm for segregation analysis in large populations. *J. Anim. Breed. Genet.* 113:457-469.

Lange, K., 1997. *Mathematical and Statistical Methods for Genetic Analysis*. Springer-Verlag, New York, USA.

Sigurdsson, Ágúst, Árnason, Thorvaldur, 1995. Predicting genetic trend by uni- and multitrait models. *Acta Agric. Scand. Sect. A, Animal Sci.* 45:1-10.

Stefánsdóttir, Guðrún, Jóhanna, 1991. Litaerfðir hrossa og könnun á tíðni lita íslenskra hrossa. B.Sci. ritgerð, Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri.

Sundström, E., Imsland, F., Mikko, S., Wade, C., Sigurdsson, S., Pielberg, A.G., Curik, I., Seltenhammer, M.H., Sölkner, J., Lindblad-Toh, K., Anderson, L., 2012. Copy number expansion of the STX17 duplication in melanoma tissue from Grey horses. *BMC Genomics* 13:365. (<http://www.biomedcentral.com/1471-2164/13/365>)

Ter Heijden, E., Chesnais, J.P., Hickman, C.G., 1977. An efficient method of computing the numerator relationship matrix and its inverse matrix with inbreeding for large sets of animals. *Theor. Appl. Genet.* 49:237-241.

Þorvaldsson, Guðni, 2004. Eru til kampavínslitir í íslenska hrossastofninum? Skýrsla RALA 027/BU-004. Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri.

Voß, K., Tetens J., Thaller, G., Becker, D., 2020. Coat color roan shows association with KIT variants and no evidence of lethality in Icelandic horses. *Genes* 11:680; doi:10.3390/genes11060680.

Voß, K., Blaj, I, Tetens J., Thaller, G., Becker, D., 2022. Roan coat color in livestock. *Animal Genetics* 53:549-556; doi:10.1111/age.13240.