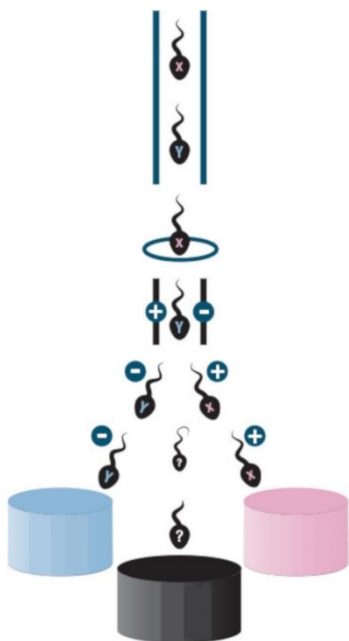




KYNGREINT SÆÐI



Febrúar 2023

Guðmundur Jóhannesson
mundi@rml.is

Efnisyfirlit

Inngangur	2
1. Tækni	2
2. Framleiðsla	3
3. Heilbrigði kálfa	3
4. Fanglutfall	4
5. Framfarir við kyngreiningu sæðis	5
6. Er kyngreint sæði mismunandi? Lífeðlisfræðilegur munur, tímasetning sæðingar og misleitni sæðisfruma	5
7. Breytingar á notkun kyngreinds sæðis	7
8. Afköst við kyngreiningu	8
9. Íslenskar aðstæður	9
9.1. Líklega eftirspurn, afköst og sæðistaka	9
9.2. Sæðisgæði íslenskra nauta	10
9.3. Vinnuþörf, þjálfun og aðstaða	10
9.4. Stofnkostnaður	10
9.5. Rekstrarkostnaður	11
9.6. Ávinningur og áhrif	12
9.6.1. Kvígur til endurnýjunar	12
9.6.2. Áhrif á ákvarðanir einstakra bænda	13
9.6.3. Erfðafræðilegur ávinningur	14
9.6.4. Ávinningur bænda	14
9.6.5. Áhrif á sæðingastarfsemina	15
9.6.6. Áhrif á kynbótastarfið	15
9.7. Aðkeypt kyngreining	15
10. Niðurstöður og lokaorð	16
11. Þakkir	16
Heimildir	17

Inngangur

Aðalmarkmið þess að nota kyngreint sæði er að fá afkvæmi af fyrirfram ákveðnu kyni. Þetta markmið hefur lengi verið eitt þeirra eftirsóttustu hvað snertir frjósemi spendýra og saga tilrauna á því sviði oft þynnum stráð og oft margt byggt á vankunnáttu og misskilningi. Sem dæmi má nefna að á tímum Grikkja taldi Demókrítus, 470-402 f. Kr., að hægra eista framleiddi karlfrumur en það vinstra kvenfrumur. En af hverju stafar þessi ákafi að geta stjórnað hvers kyns afkvæmið verður? Að miklu leyti er hann tilkominn vegna of lítills skilnings á líkindatölfræði. Það er t.d. alls ekki óalgengt að það fæðist 10 karldýr í röð en líkurnar á því eru 1:1024 ef raunverulegt kynjahlutfall er 50:50. Á Íslandi eru 500 kúabú eða hjarðir og því fæðast 10 nautkálfar í röð u.þ.b. einu sinni á tveggja ára fresti. Hið sama á sér stað varðandi kvígukálfa. Bændur taka og muna eftir því ef 10 af síðustu 12 kálfum eru naut og skýra oft með fóðurbreytingum eða öðrum ástæðum þó reyndin sé sú að um algjörlega tilviljanakenndan atburð sé að ræða (Garner og Seidel, 2008).

Kynjahlutfall er oft skekkt án þess að karl- eða kvenkynsfrumur í sæði hafi verið flokkaðar í sundur. Við sæðingar eða fósturvísaf lutninga í nautgripum er hlutfall nautkálfa að jafnaði um 51% en við frjóvgun á rannsóknastofu (*in vitro fertilization*) er þetta hlutfall 54% (Hasler o.fl., 1995). Þá eignast mjög gamlar kúr fleiri nautkálfa en yngri, eða um í 53% tilfella (Skjervold og James, 1979). Aðrir hafa bent á að tímasetning sæðingar á beiðslinu geti haft áhrif á kynjahlutfallið (Rorie, 1999) þó ekki hafi tekist að sýna fram á slíkt með óyggjandi hætti (Garner og Seidel, 2008).

Í dag er kyngreint sæði notað mjög víða og margir mjólkurframleiðendur nota það til að fá fleiri (og betri) kvígukálfa. Vegna meiri kostnaðar á hvern sæðisskammt, ásamt lægra fanghlutfalli, hefur fyrst og fremst verið mælt með kyngreindu sæði til notkunar í 1. kálfs kvígur. Notkun kyngreinds sæðis er mjög mismikil meðal mjólkurframleiðenda. Sumir nota það alls ekki á meðan aðrir nota það eingöngu á kvígur og sumir nota það bæði á kvígur og kúr. Venjulega er kyngreint sæði notað við fyrstu og kannski aðra sæðingu, en venjulega ekki við seinni sæðingar. Efnahagslegur ávinningur af notkun kyngreinds sæðis er mismunandi fyrir hvert og eitt bú. Hér á eftir verður reynt að skýra hvernig kyngreint sæði er framleitt, gerð grein fyrir notkun þess og reynt að meta hver mögulegur ávinningur af notkun þess héraendis gæti orðið.

1. Tækni

Kyngreint sæði er sæði þar sem búið er að velja og flokka í sundur karl- og kvensæðisfrumur, það er frumur sem bera annað hvort Y- eða X-litning. Flokkunin byggir á frumflæðisgreiningu þar sem sæðisfrumurnar eru litaðar með flúorljómandi litarefni (Hoechst 33342) eftir magni erfðaefnis þeirra (DNA) en í nautgripum bera karlfrumur (með Y-litning) 3,8% minna erfðaefni en kvenfrumur (með X-litning). Litarefnið gerir kleift að rafhlaða sæðisfrumurnar mismunandi og flokka þær með nokkurs konar rafsviðsskilvindu (Seidel, 2007; Weigel, 2004). Þessi tækni er þekkt sem Beltsville Sperm Sexing Technology og fékk einkaleyfi 26. apríl 1991 (Garner og Seidel, 2008). Aðferðin er nokkuð nákvæm þar sem um eða yfir 90% sæðisins er af því kyni sem lagt er upp með (Garner og Seidel, 2003; DeJarnette o.fl., 2008).

Við notkun er kyngreint sæði haft mun þynnra en hefðbundið sæði, um 2 milljónir sæðisfruma í strái, en hefðbundið sæði sem inniheldur yfirleitt á bilinu 15-20 milljónir sæðisfruma í strái. Ástæðan fyrir þessari miklu þynningu er að afköst við flokkunina eru lítil. Vegna meiri

þynningar, og hugsanlegra neikvæðra áhrifa flokkunarferlisins, er frjósemi sæðisfruma í kyngreindu sæði minni en í hefðbundnu sæði (Garner og Seidel, 2003; DeJarnette o.fl., 2008). Flokkunartækninni fleygir hins vegar stöðugt fram og afköst og frjósemi aukast stöðugt sem leitt hefur til minni kostnaðar. Sem dæmi þá var aðeins hægt flokka 400 þús. frumur á klst. í upphafi og það tók 25 klst. að framleiða einn sæðisskammt (Garner og Seidel, 2008).

Dæmi um þá þróun sem átt hefur sér stað á þessu sviði eru SexedULTRA[®] og SexedULTRA 4M[®], vörumerki Inguran LLC, en við framleiðslu hafa afköst flokkunarferlisins verið aukin, meðhöndlun sæðisins er betri og sæðið markaðssett með 4 milljónum sæðisfruma í strái. Þá hefur ABS Global (Genus plc) nýlega þróað aðferð sem byggir á flokkun og eyðingarferli með leysitækni þar sem sæðisfrumum með óæskilegan kynlitning er eytt í flokkunarferlinu. Þetta er sæði er markaðssett undir heitinu Sexcel[®].

2. Framleiðsla

Framleiðsla kyngreinds sæðis er mun flóknari og tímafrekari en framleiðsla hefðbundins ókyngreinds sæðis. Við framleiðslu hefðbundins sæðis er í grunninn um að ræða 3-4 meginferla, eftir aðferðum. Þegar um kyngreint sæði er að ræða er ferlið hins vegar mun flóknara og felur í sér 20 megin- og undirferla sem allir geta haft áhrif á sæðisfrumurnar. Í sinni einföldustu mynd er ferlið þannig að fyrst er þéttleiki sæðisins aukinn upp í 400 millj. fruma/ml, síðan er sæðið litað með flúorljómandi litarefni (Hoechst 33342) og þá loks kyngreint. Kyngreinda sæðið er sett í stuðpúdalaun (e. buffer) sem ver það í flokkun og kælingu. Eftir flokkun er sæðið kælt hægt og rólega niður í 5°C, blöndunarvökva með frostvörn bætt í og ílátin sett í skilvindu til að búa til þetta sæðis, „köggla“. Eftir það er fjöldi fruma metinn, það þynnt í æskilegan þéttleika og að lokum fryst í tölvustýrðum frysti (Vishwanath og Moreno, 2018). Nákvæma lýsingu á ferlinu er að finna í grein Garner, Evans og Seidel (2012) þar sem fram kemur að heildarferillinn er viðamikill og krefst kunnáttu, þjálfunar og færni.

Öll þessi meðhöndlun hefur áhrif á sæðisgæði og getur valdið skemmdum á sæðisfrumunum. Einhver nýjasta tæknin á þessu sviði er SexedULTRA[®] þar sem allt ferlið hefur verið einfaldað og meðhöndlun sæðisins öll betri m.t.t. sæðisgæða, sjá síðar.

3. Heilbrigði kálfa

Í upphafi höfðu menn áhyggjur af því að meðferð sæðisins við flokkunina hefði áhrif á og gæti skemmt erfðaeftni (DNA) sæðisfrumanna. Í stórri tilraun eða athugun, með yfir 1.000 kálfum, kom í ljós að fósturlát var ekki algengara með kyngreindu sæði en hefðbundnu, meðgöngutími reyndist hinn sami og ekki var munur á burðarerfiðleikum, fæðingar- og fráfaruþunga eða hlutfalli lifandi kálfa við burð hvort heldur notað var hefðbundið sæði eða kyngreint sæði (Tubman o.fl., 2004). Nýrri samantekt leiddi í ljós að ekki var munur tíðni fósturláts í Holstein-kvígum hvort heldur notað var hefðbundið eða kyngreint sæði (DeJarnette o.fl., 2007).

Það er því ekki talin hættu á því að kálfar tilkomnir með kyngreindu sæði séu á nokkurn hátt óeðlilegir en þó verður að geta þess að þessar athuganir myndu ekki greina mjög litla eða smáa fæðingargalla né heldur mögulegar stökkbreytingar.

4. Fanghlutfall

Fram til þessa hefur fanghlutfall með kyngreindu sæði verið lægra en hefðbundins af tveimur ástæðum; í hverjum sæðisskammti eru færri sæðisfrumur og þær verða fyrir skakkaföllum í flokkunarferlinu. Frijters o.fl. (2009) áætluðu að tveir þriðju hlutar lægra fanghlutfalls væru vegna færri sæðisfrumna og einn þriðji vegna skemmda við flokkun. Það er mikill munur á frjósemi milli nauta þegar um er að ræða þunnt sæði og á það bæði við um kyngreint (DeJarnette o.fl. 2008, 2010 og 2011) og hefðbundið (Den Daas o.fl., 1998) sæði. Hins vegar eru kyngreinds vs. hefðbundins sæðis \times nautaáhrif á frjósemi veik eða ekki til staðar og það sama gildir um þéttleika \times kyngreint/hefðbundið sæði \times nautaáhrif. Þess vegna er frjósemi nauta með hefðbundnu þunnu sæði góður mælikvarði á frjósemi þeirra með kyngreindu þunnu sæði (Seidel, 2014).

Fyrst og fremst hefur verið mælt með því að nota kyngreint sæði á kvígur vegna þess að þær eru frjósamari en eldri kýr og þeirri staðreynd að framboð þess hefur verið takmarkað. Óyggjandi niðurstöður varðandi fanghlutfall eru því af skornum skammti. DeJarnette o.fl. (2007) greindu frá 44% fanghlutfalli hjá 16.587 Holstein-kvígum á 121 búi. Í þessu tiltekna dæmi náði fanghlutfall með kyngreindu sæði (2,1 millj. fruma/skammt) $85 \pm 3\%$ fanghlutfalls sem náðist með hefðbundnu sæði (≥ 20 millj. frumur/skammt). Á 74% þessara búa var fanghlutfall með kyngreindu sæði a.m.k. 70% af því sem hefðbundið sæði gaf og á 25 búum þar sem fleiri en 100 skammtar af kyngreindu sæði voru notaðir (608 ± 122 sæð./bú) var meðalfanghlutfall 48,2%, frá 33% upp í 72%. Þessar mismunandi niðurstöður benda til þess að bústjórn sé mikilvægur þáttur við notkun á kyngreindu sæði. Önnur athugun, sem styður þá ályktun, var gerð á Jersey-kúm og -kvígum á búum með góðri bústjórn. Þar var notað kyngreint sæði úr tveimur nautum með þéttleika upp á 2,1 millj. frumur í skammti. Fanghlutfall var ákvarðað 35-45 dögum eftir sæðingu og reyndist vera 471/825 (57%) hjá kvígum og 1.265/3.285 (39%) hjá kúnum. Þó beinn samanburður við hefðbundið sæði með 20 millj. frumur í skammti hafi ekki verið gerður er þetta fanghlutfall sambærilegt (Garner og Seidel, 2008). Greinilegt er á þessum tveimur dæmum að frjósemi kvígna er mun meiri en eldri kúa og að bústjórn skiptir verulegu máli.

Til þess að freista þess að hækka fanghlutfallið hefur aðalaðferðin verið sú að auka þéttleika sæðisins til þess að reyna að bæta upp minni gæði. Þetta hefur í einhverjum tilfellum virkað en í meginatriðum hefur aukinn þéttleiki aðeins hækkað fanghlutfall upp að ákveðnu marki fyrir hvert og eitt naut (Pace o.fl., 1981; den Daas o.fl., 1998). Eins og áður sagði hefur fanghlutfall með kyngreindu sæði verið lægra en hefðbundins sæðis og algengar niðurstöður rannsókna/athugana eru þær að fanghlutfall hækki lítið eða ekki með auknum þéttleika. DeJarnette o.fl. (2011) og Vishwanath (2014) greindu frá því að aukinn þéttleiki úr 2,1 millj. fruma/skammt upp í 10 millj. fruma/skammt hefði ekki skilað herra fanghlutfalli, að öllum líkindum vegna of harkalegrar meðferðar við kyngreininguna. Þessi munur, þ.e. um 10% lægra fanghlutfall með kyngreindu sæði, hefur hægt verulega á útbreiðslu þess (Seidel, 2014).

Ekki uppbeidsli (56 daga) með kyngreindu sæði á kvígum í Danmörku síðustu 12 mánuði miðað við september 2022 var 63,5-64,9% eftir kynjum, hæst hjá Holstein en lægst hjá Jersey. Tölur fyrir kýr á 1. mjólkurskeiði voru á sama tíma heldur lægri eða 54,5-57,7%, fyrir kýr á 2. mjólkurskeiði 47,6-56,4% og fyrir kýr á 3.+ mjólkurskeiði 47,2-56,2% (Seges, 2022). Í Danmörku eru 2 millj. sæðisfruma í hverjum skammti.

5. Framfarir við kyngreiningu sæðis

Einhverjar mestu framfarir sem orðið hafa við kyngreiningu sæðis er SexedULTRA[®] sem kom fram á allra síðustu árum. Til þess að minnka álag á sæðið við kyngreiningu voru öll stig eldri aðferðafræði endurskoðuð. SexedULTRA[®] felur í sér að sæðið er formeðhöndlað fyrir litun og aðferð við flúorljómandi litun endurbætt þannig að sýrustigi er haldið stöðugu allan tímann. Blöndunarvökvar voru einnig endurbættir þannig að tekið er tillit til lítills þéttleika við frystingu (Vishwanath og Moreno, 2018).

Eftir tilraunir á rannsóknastofu með SexedULTRA[®] var framkvæmd nokkuð stór tilraun í samstarfi við Select Sires í Bandaríkjunum. Sæði úr átta Holstein-nautum var kyngreint með annað hvort SexedULTRA[®] eða XY-aðferðunum og notað á 6.930 Holstein-kvígur á 41 búi í Bandaríkjunum. SexedULTRA[®] reyndist skila 4,5% hærra fanghlutfalli en XY-aðferðin, það er 46,1% samanborið við 41,6% (Vishwanath, 2014; Lenz o.fl., 2016).

Næsta skref var að prófa hvort SexedULTRA[®] myndi skila betri niðurstöðum með því að auka þéttleika sæðisins. Í samstarfi við German Genetics International var mismunandi þéttleiki SexedULTRA[®] sæðis prófaður. Sæði úr fimm nautum var meðhöndlað á fimm vegu; kyngreint með XY-aðferð með þéttleika upp á 2,1 millj. fruma/skammt, kyngreint með SexedULTRA[®]-aðferð með þrjú mismunandi þéttleika, 2,1, 3 og 4 millj. fruma/skammt og svo loks hefðbundið sæði með 15 millj. fruma/skammt.

Tafla 1 Áhrif aukins þéttleika SexedULTRA[®] sæðis á 56-daga ekki uppbeiðsli (EU56)

Meðhöndlun	Fjöldi sæðinga	56-daga EU (%)
XY-aðferð	1.953	55,9
SexedULTRA [®] 2,1 millj.	1.999	59,9
SexedULTRA [®] 3 millj.	2.013	60,0
SexedULTRA [®] 4 millj.	1.890	66,7
Hefðbundið 15 millj.	62.398	66,5

Tilraun í samstarfi við German Genetics International með sæði úr 5 nautum (Lenz o.fl., 2016)

Helstu niðurstöður má sjá í töflu 1 (Lenz o.fl., 2016). Fimmtíu og sex daga ekki uppbeiðsli (EU56) var reiknað út frá samtals 8.855 kvígusæðingum með kyngreindu sæði og 62.398 sæðingum með hefðbundnu sæði. Eins og sjá má kom „gamla“ XY-aðferðin með 2,1 millj. fruma í skammti verr út en hefðbundið sæði og SexedULTRA[®], óháð þéttleika þess. SexedULTRA[®] með 2,1 og 3 millj. fruma í skammti kom lakar út en hefðbundið sæði en með þéttleika upp á 4 millj. fruma í skammti reyndist EU56 áþekkt (Tafla 1, Lenz o.fl., 2016). Tvennt var einkum athyglisvert við þessa tilraun. Í fyrsta lagi var í fyrsta skipti skoðaður mismunandi þéttleiki kyngreinds sæðis og í öðru lagi reyndist ekki uppbeiðsli hefðbundins og kyngreinds sæðis vera á pari (Vishwanath og Moreno, 2018).

6. Er kyngreint sæði mismunandi? Lífeðlisfræðilegur munur, tímasetning sæðingar og misleitni sæðisfruma

Það hefur ekki verið útilokað að kyngreint sæði sé lífeðlisfræðilega frábrugðið hefðbundnu sæði og þess vegna þurfi það sérstaka meðhöndlun. Settar hafa verið fram hugmyndir um að áhrif flokkunar og djúpfrystingar hafi önnur áhrif á kyngreint sæði en hefðbundið (Seidel, 2012).

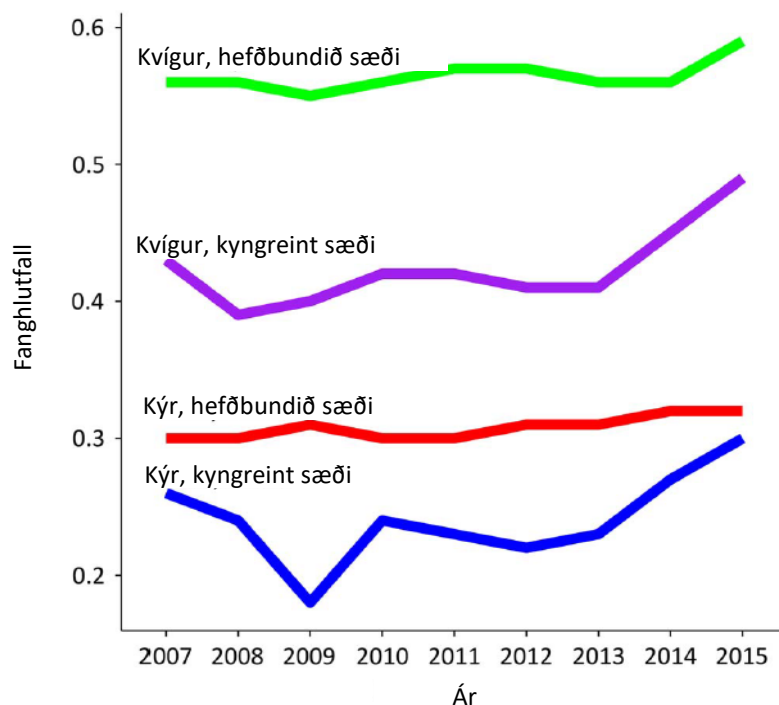
Niðurstöður tilrauna með ferskt kyngreint sæði, ekki djúpfryst, benda til að frjósemi eða fanghlutfall sé aðeins lítillega lægra en með hefðbundnu sæði, sem bendir til þess að flokkunin sjálf hafi ekki eins skaðleg áhrif og talið hefur verið. Gögn úr stórrri tilraun á Nýja-Sjálandi benda til að ferskt kyngreint sæði með þéttleika upp á 1 milljón fruma/skammt hafi 93% til 97% af frjósemi hefðbundins sæðs með þéttleika upp á 2 milljónir fruma/skammt (Tafla 2, Xu, 2014).

Tafla 2 Átján til 24 daga ekki uppbeidsli (EU) með fersku kyngreindu sæði (1 millj./skammt) og hefðbundnu sæði (2 millj./skammt).

Ár	Kyngreint sæði		Hefðbundið sæði		KS - HS	
	Sæðingar	EU (%)	Sæðingar	EU (%)	EU (%)	SS/KS (%)
2011	8.848	69,4	10.981	73,6	-4,2	94,3
2012	18.760	68,1	19.915	72,3	-4,2	94,2
2013	26.104	69,9	26.189	73,4	-3,6	95,1
Alls	51.712	69,1	57.085	73,1	-3,9	94,6

KS=kyngreint sæði, HS=hefðbundið sæði. Gögn frá Xu, 2014.

Gögn um burði eftir sæðingar með kyngreindu og hefðbundnu sæði voru skoðuð og árangur eða ekki uppbeidsli var áþekkt, munur upp á rétt um -4% (Xu, 2014). SexedULTRA[®] tæknin virðist á marga vegu hafa dregið úr áhrifum flokkunar og djúpfrystingar á kyngreint sæði, áhrifum sem voru greinileg með XY-aðferðinni þar sem engin áhrif af auknum þéttleika mældust og frjósemi var ávallt nærri ~75% af hefðbundnu sæði. Óneitanlega vaknar sú spurning



Mynd 1 Sæðingar Holstein-gripa 2007-2015: 5.963.876 kvígusæðingar (1.323.721 með kyngreindu sæði) og 42.232.502 kúasæðingar (253.586 með kyngreindu sæði). Meðalfanghlutfall kyngreinds sæðis hækkaði vegna tækniþróunar, 42% 2007 samanborið við 49% 2015. Til samanburðar var fanghlutfall með hefðbundnu sæði 56% og 59% árin 2007 og 2015. (Hutchison og Bickhart, 2016).

hvort kyngreint sæði sé lífeðlisfræðilega frábrugðið hefðbundnu sæði og hvort sæðisfrumurnar hagi sér öðruvísi í lifandi gripum (in vivo), en á rannsóknastofu (in vitro). Virknirannsóknir hafa sýnt að kyngreiningin leiðir til breytinga á himnu frumanna og þær breytingar voru meiri í nautasæði en t.d. galtasæði (Bucci o.fl., 2012). Í kyngreindu sæði hafa sæðisfrumurnar einnig sýnt breytta hreyfi-eiginleika, hraða og höfuðtilfærslur ásamt því að geta til að komast gegnum leghálsinn er frábrugðin því sem gerist og gengur með hefðbundið

sæði (deGraaf o.fl., 2006). Sem dæmi binst kyngreint hrútasæði síður við þekjufrumur eggjastokka á rannsóknastofu (in vitro) og losnar hraðar en hefðbundið sæði (Hollinshead o.fl., 2003). Líkleg skýring eða kenning er sú að kyngreint sæði hafi aðra getu en hefðbundið sæði til að bindast eggfrumum og þurfi kannski styttri tíma til frjóvgunar en hefðbundið sæði (Winters o.fl., 2017). Í vettvangsrannsóknum með nautgripi hefur seinkun sæðinga með kyngreindu sæði nær egglosi hækkað fanghlutfall upp í að vera nokkurn veginn á pari við hefðbundið sæði (Thomas o.fl., 2017). Það virðist því mega draga þá ályktun að kyngreining sæðis breyti lífeðlisfræðilegum eiginleikum þess á þá vegu að það þurfi ekki eins langan tíma í æxlunarfærum kvendýra til að ná fullum afköstum/frjóvgunargetu og hefðbundið sæði.

Annað mikilvægt atriði sem þarf að hafa í huga við mat á hlutfallslegri frjósemi kyngreinds og hefðbundins sæðis er lífeðlisfræðileg misleitni. Það getur verið um það að ræða að sæði sé mismunandi m.t.t. þess hversu frjótt það er eða m.ö.o. sæðisfrumurnar geta verið mistilbúnar til frjóvgunar. Þessi breytileiki er eðlilegur frá náttúrunnar hendi og gerir það að verkum að sæðið er frjótt í lengri eða styttri tíma en ella í æxlunarfærum kvendýra eftir mökun/sæðingu. Þann breytileika sem kemur fram í t.d. einni sæðistöku eða mörgum sæðistöku úr sama einstaklingi/nauti má rekja til þessa.

7. Breytingar á notkun kyngreinds sæðis

Árið 2016 kynntu bandarískir vísindamenn fyrstu greiningu á notkun kyngreinds sæðis þar í landi. Þegar árangur á 8 ára tímabili var skoðaður komu í ljós jákvæð áhrif hvað frjósemi varðar fljótlega eftir að SexedULTRA[®] var kynnt og markaðssett (mynd 1). Á sama tíma jókst notkun kyngreinds sæðis á kvígur úr 9,4% árið 2007 í 30,7% árið 2015 og á kýr úr 0,2% 2007 í 1% 2015 (Hutchison og Bickhart, 2016).

Í reynd er erfitt að nálgast áreiðanlegar tölur um notkun kyngreinds sæðis í heiminum. Þarna hafa Norðurlandþjóðirnar þó nokkra sérstöðu vegna miðstýrðs ræktunarstarfs og skráninga. Þann 1. maí 2007 var notkun kyngreinds sæðis heimiluð í Danmörku og síðan þá hefur hún aukist mjög mikið. Miðað við september 2022 nemur notkun kyngreinds sæðis þar nú allt að 75% á Jersey-kýr en notkunin er minni á bæði Holstein og Rauðar danskar (RDM) eða tæp 30% (Seges, 2022).

Tafla 3. Fjöldi sæðinga með kyngreindu sæði, mjólkurkyn og holdasæði, á lífrænum og hefðbundnum kúabúum í Danmörku undanfarna 12 mán. m.v. sept. 2022.

Kyn	Kyngreint sæði				Hefðbundið sæði			
	Mjólkurkyn		Holdasæði		Mjólkurkyn		Holdasæði	
	Fjöldi	%	Fjöldi	%	Fjöldi	%	Fjöldi	%
RDM	15.881	25,9	2.928	4,8	31.590	51,5	10.496	17,8
HOL	210.866	23,7	28.795	3,2	460.306	51,7	190.606	21,4
JER	118.025	64,0	21.090	11,4	11.695	6,3	33.727	18,3

Ath. % er af heildarfjölda sæðinga með öllu sæði í hverri línu. RDM = Rauðar danskar, HOL = Holstein, JER= Jersey Heimild: Seges, 2022.

8. Afköst við kyngreiningu

Það sem skiptir mestu máli fyrir framgang aðferðarinnar eru verð, skilvirkni, afköst, vinna við flokkunina ásamt því hvort auðvelt er að læra á búnaðinn. Lengst af hömluðu einkum tveir þættir útbreiðslu kyngreinds sæðis. Í fyrsta lagi líffræðilegir þættir, eins og lægra fanghlutfall, og í öðru lagi aðgengi og verð á flokkunar búnaðinum eða skilvindunum. Upprunalegu MoFlo skilvindurnar voru dýrar, fyrirferðarmiklar, afkastalítlar og útheimtu umtalsverða sérfræðipækkingu til þess að nota þær.



Mynd 2 Genesis III skilvindan er þróuð af Cytonome og STgenetics til kyngreiningar á sæði. Genesis III er nýjasta kynslóð skilvinda og er með 3 flokkunarhausum. Þrjár Genesis III skilvindur, eins og á myndinni, eru með 9 flokkunarhausum. (*Mynd: Evans og Vishwanath, ST Genetics*).

Nútímavæddar skilvindur eða sæðisflokkarar eru allt annarrar gerðar. Genesis-skilvindurnar frá Cytonome ST (Boston, MA, USA), sem eru útbreiddastar í dag, eru háþróaðar og sjálfvirkar rafeindaskilvindur með fjölda hause í hverri vél fyrir samhliða flokkun (e. parallel sorting). Sharpe og Evans (2009) tala um að nýjasta kynslóð þeirra, Genesis III, geti flokkað sem nemur 8 þús. frumum á klst. með 90% nákvæmni og þá er mótunarhraðinn 40 þús. frumur/klst. Það jafngildir 14 skömmtum af kyngreindu sæði á klst. miðað við 2,1 millj. frumur í skammti. Samkvæmt nýrri upplýsingum frá ST Genetics í BNA getur ein Genesis III skilvinda flokkað allt að 140 þús. skammta á ári (Juan Moreno, munnleg heimild) og er þá miðað við að tækið sé keyrt allan sólarhringinn fimm daga vikunnar. Það jafngildir flokkunargetu upp á 25 skammta/klst. Samkvæmt þessu hafa afköst tækninnar því verið að aukin undanfarin ár, væntanlega með framförum á sviði tækninýjunga.

Hins vegar er ekki hægt að reikna afköstin algjörlega á þennan hátt. Við hverja flokkun þarf að setja ferlið í gang og svo þarf að þrifa tækið á milli. Samkvæmt upplýsingum frá ST Genetics tekur um 1 klst. að meðhöndla sæðið til flokkunar, síðan þarf ákveðinn undirbúning þannig að ef tækið er keyrt 1 sinni á dag í 10 klst. minnka raunafköst niður í 50 skammta á dag. Ef tækið er keyrt 24 klst./dag fimm daga vikunnar nást afköst upp á um 3.000 skammta á viku eða 25 skammta/klst (Juan Moreno, munnleg heimild).

9. Íslenskar aðstæður

Á árinu 2021 var 54.224 sæðisskömmtum dreift frá Nautastöðinni á Hesti til frjóttækna sem var aukning úr 51.662 skömmtum árið 2020. Skipting þessa sæðis var þannig að 54,9% var úr reyndum nautum, 41,7% úr óreyndum nautum og 3,4% úr holdanautum. (Sveinbjörn Eyjólfsson, 2022). Miðað við tölur úr gagnagrunni nautgriparæktarinnar, Huppu, var fjöldi sæðinga á landinu öllu 42.822 árið 2022, þar af voru sæðingar með holdasæði 1.335. Í Huppu voru skráðar 26.234 mjólkurkúr í desember 2021, holdakúr voru 3.492 og kvígur 13 mán. og eldri 15.568 (Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins, e.d.). Ef horft er til alls sæðis jafngildir þetta notkun sem nemur 1,63 skömmtum á mjólkurkú á ári en að frádregnu holdasæði er notkunin 1,58 skammtar á mjólkurkú á ári. Reikna má með að heildarnotkun sæðis hér á landi sé allt að 45 þús. skammtar á ári að holdasæði meðtöldu. Þó er í allri áætlanagerð rétt að gera ráð fyrir aukningu í kjölfar erfðamengisúrvals, auknu framboði á Angus-sæði, mögulegri aukningu í sæðingum kvígna og auknum sæðingum ef kyngreint sæði stæði til til boða. Hér verður því gert ráð fyrir að heildarnotkun sæðis nemi allt að 50 þús. skömmtum á ári.

9.1. Líklega eftirspurn, afköst og sæðistaka

Ekki er ólíklegt að viðbrögð bænda við framboði kyngreinds sæðis á Íslandi yrðu góð. Eftirspurnin yrði þó tæpast jafn mikil og hjá Jersey-kúm í Danmörku þar sem 75% alls notaðs sæðis er kyngreint. Við megum þó reikna með að þörfin/eftirspurnin gæti orðið allt að 25 þús. skammtar á ári (50.000 sk. x 50%). Það þýðir að ef afköst við kyngreiningu eru 25 sk./klst. tæki 1.000 klst. að flokka 25 þús. skammta eða 8-9 vinnuvikur þar sem skilvindan væri keyrð 24 klst. fimm daga vikunnar. Það væri því raunhæfur kostur að anna innlendri eftirspurn með einni skilvindu hvort heldur um væri að ræða kyngreint sæði með 2,1 millj. fruma í skammti eða 4 millj. fruma í skammti. Með þéttara sæði (4 millj. fruma/sk.) myndi afkastagetan því sem næst helmingast og fara niður í um 1.500-1.600 skammta á viku.

Það þýðir að haga þyrfti sæðistöku með aðeins öðrum hætti en gert er nú. Ef rýnt er í þann feril sem Garner o.fl. (2012) lýsa má strax sjá að meðhöndlun, blöndun og undirbúningur sæðisins fyrir kyngreiningu er ferill sem bæði tekur tíma og þarfnast umtalsverðrar þjálfunar og þekkingar. Það er jafnframt ljóst að frjósemi sæðisins minnkar eftir því sem lengra líður frá sæðistöku til kyngreiningar og víða erlendis er sá háttur hafður á að hverri sæðistöku er skipt, annars vegar til kyngreiningar og hins vegar til hefðbundinnar frystingar, þegar sýnt þykir að sæðið sé það mikið að kyngreining alls magnsins mun taka of langan tíma.

Með þetta í huga verður að gera ráð fyrir að sæði yrði tekið tvisvar sinnum á hverjum degi, fimm daga vikunnar, og framleiðsla hvers dags gæti numið nálægt 300 skömmtum með 4 millj. fruma í skammti en 600 skömmtum með 2,1 millj. fruma í skammti. Hver sæðistaka úr nauti gefur auðvitað mismikið sæði en ekki er óalgengt að við sjáum tölur upp á 300 skammta með 25 milljónum fruma í skammti. Það þýðir að í sæðistöku geta verið $7,5 \times 10^9$ frumur sem skiptast

nokkurn veginn til helminga í kven- og karlfrumur. Þannig getur ein sæðistaka gefið meira en 900 skammta af kyngreindu sæði með 4 millj. fruma í skammti sem er langt umfram afköst kyngreiningarinnar.

Sú sviðsmynd að nota kyngreint sæði með 4 milljónum fruma í skammti er að mörgu leyti áhugaverðari. Í fyrsta lagi er árangur betri (hærra ekki uppbeidsli) en síðan væri ákveðin hagræðing falin í því að framleiða bæði kyngreint og hefðbundið sæði með hliðsjón af magni sæðis í sæðistöku og afköstum við kyngreiningu. Þannig mætti skipta sæðistöku dagsins í kyngreint og hefðbundið sæði.

Ef við reiknum með að í erfðamengisúrvali komi 25 naut til notkunar á hverju ári og heildareftirspurn verður allt að 50 þús. skammtar á ári verður meðalnotkun á hvert naut 2.000 skammtar. Framleiðslugeta kyngreinds sæðis við áðurnefndar forsendur væri með einni skilvindu vel umfram það. Ef reiknað er með að stefnan væri sett á að flokka 25.000 skammta á ári þýðir það að 50% alls sæðis yrði kyngreint eða 1.000 skammtar úr hverju nauti til jafnaðar. Til þess að ná þessum skammtafjölda kyngreinds sæðis þyrfti tvær sæðistökur að jafnaði úr hverju nauti, misjafnt eftir nautum. Þar sem flokkun væri keyrð allan sólarhringinn fimm daga vikunnar yrðu, eins og áður sagði, framleiðslugeta á viku 1.500 skammtar með 4 millj. frumum í skammti. Það þyrfti því að taka sæði í 17 vikur á ári, tvisvar sinnum á dag. Þetta útheimtir töluverða breytingu í verk- og vinnuskipulagi á Nautastöðinni. Þar sem afkastageta einnar skilvindu er vel umfram það sem þarf við íslenskar aðstæður má setja upp aðrar sviðsmyndir þar sem skilvindan væri keyrð styttri tíma í einu og þá fleiri vikur. Þannig mætti t.d. hugsa sér að keyra skilvinduna 3 daga vikunnar og þá 27-28 vikur á ári. Það virðist ekki fýsilegur kostur að keyra skilvinduna bara á dagvinnutíma vegna þess tíma sem tekur að setja búnaðinn í gang hverju sinni.

9.2. Sæðisgæði íslenskra nauta

Til er margra áratuga tölfræði yfir sæðisgæði á Nautastöð Bændasamtaka Íslands en því miður er mjög lítið eða nánast ekkert er til af samanteknum heimildum eða niðurstöðum um sæðisgæði íslenskra nauta. Það er þó ekkert sem bendir til annars en að íslensk naut hafi til að bera næg sæðisgæði til þess að þola kyngreiningu en grannt er fylgst með sæðisgæðum á Nautastöðinni og þau þurfa að uppfylla sömu staðla og erlendis (Þorsteinn Ólafsson, munnleg heimild).

9.3. Vinnuþörf, þjálfun og aðstaða

Af framangreindu er ljóst að kyngreining sæðis verður ekki framkvæmd með núverandi mannafla Nautastöðvarinnar. Reikna má með að við kyngreininguna þurfi a.m.k. tvo starfsmenn til viðbótar sem hafa næga þekkingu og hlotið viðeigandi þjálfun. Um væri að ræða full stöðugildi. Núverandi aðstaða á Nautastöðinni uppfyllir ekki kröfur til þess að kyngreina sæði en nægjanlegt húsrými er til staðar til þess að setja upp til þess bæra rannsóknastofu en að sögn Juan Moreno hjá ST Genetics (munnleg heimild) þarf um 30 fermetra aðstöðu.

9.4. Stofnkostnaður

Kyngreining á sæði krefst mikils stofnkostnaðar. Fyrir það fyrsta þarf að fjármagna kaup á skilvindu og má reikna með að slíkt tæki kosti um 1,2 milljónir bandaríkjadala eða um 170 millj. íslenskra króna m.v. gengi ISK 3. febrúar 2023 (Juan Moreno, munnleg heimild). Því til viðbótar þyrfti að setja upp rannsóknastofu á Nautastöðinni og endurinnrétta rými að einhverju leyti auk þess sem ráða þyrfti og þjálfa starfsfólk. Í töflu 4 má sjá grófa áætlun um stofnkostnað.

Tafla 4. Áætlaður stofnkostnaður við kyngreiningu sæðis.

Liður	Upphæð, kr.
Skilvinda	170.000.000
Rannsóknastofa	6.000.000
Uppsetning skilvindu	2.500.000
Þjálfun starfsfólks	5.000.000
Samtals	183.500.000

9.5. Rekstrarkostnaður

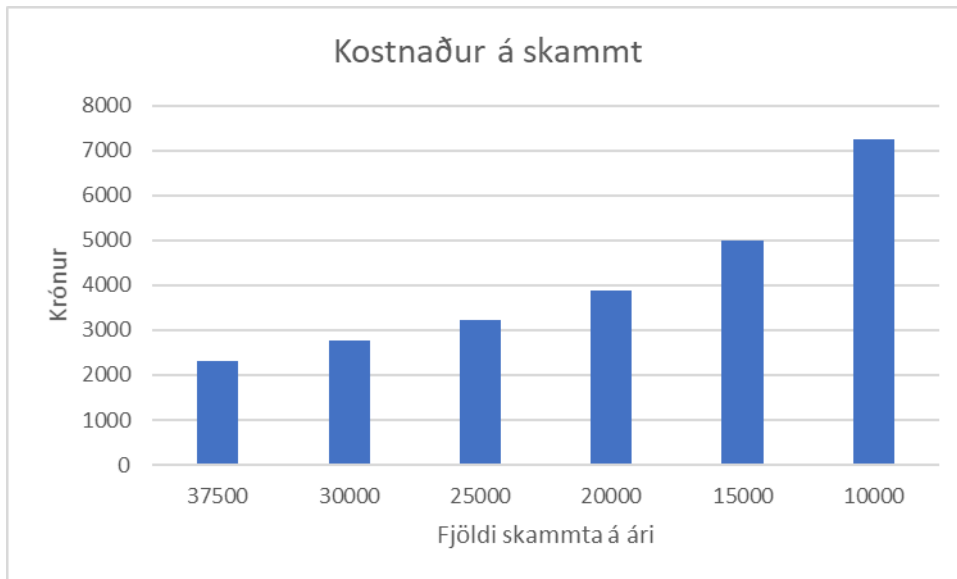
Kyngreining á sæði kostar umtalsvert meira í framleiðslu en hefðbundið sæði. Ferillinn við blöndun og undirbúning sæðisins fyrir flokkun og svo frystingu er flóknari, umfangs- og tímafrekari en blöndun og frysting hefðbundins sæðis. Eins og áður sagði er óraunhæft annað en að ætla a.m.k. tvö stöðugildi til þess eingöngu að sinna framleiðslu á kyngreindu sæði. Þar sem keyra þyrfti skilvinduna allan sólarhringinn þegar hún væri í gangi verður launakostnaður umtalsverður. Þessu til viðbótar verður að reikna með ákveðinni rekstrarvörunotkun við kyngreininguna umfram það sem gerist við frystingu hefðbundins sæðis auk þess sem kostnaður fellur til við rekstur skilvindunnar. Mat Juan Moreno hjá ST Genetics (munnleg heimild) er að vörunotkun við kyngreiningu sé nálægt 3,5 USD á skammt eða um 500 ISK m.v. gengi 3. feb. 2023. Til rekstrarkostnaðar teljast einnig afskriftir af búnaðinum og hér er valin sú leið að afskrifa búnaðinn á 10 árum. Í töflu 5 er að finna grófa áætlun um árlegan rekstrarkostnað við kyngreiningu þar sem reiknað er með 25.000 skömmtum á ári.

Tafla 5. Áætlaður rekstrarkostnaður á ári við kyngreiningu sæðis.

Liður	Upphæð, kr.
Laun og launatengd gjöld	50.000.000
Vörunotkun	12.500.000
Rekstur tækjabúnaðar	1.000.000
Afskriftir	18.350.000
Samtals	81.850.000

Að því gefnu að tölur um áætlaðan rekstrarkostnað og fjölda skammta af kyngreindu sæði liggi nærri lagi má ætla að hver og einn skammtur kyngreinds sæðis myndi kosta nálægt 3.300 kr. meira en hefðbundið sæði. Geno í Noregi innheimtir 225 NOK meira fyrir kyngreint sæði en hefðbundið sæði eða sem nemur 3.164 ISK m.v. gengi íslensku krónunnar 2. febrúar 2023. Hjá Viking í Danmörku er innheimt mishátt aukagjald fyrir kyngreint sæði en fyrir flest nautanna er gjaldið 100 DKK eða um 2.070 ISK m.v. gengi 2. feb. 2023. Ekki er óeðlilegt að ætla að við okkar aðstæður sé kostnaður við kyngreiningu hærri en í Danmörku vegna þess magns sem kyngreint er þar en áþekkur og í Noregi.

Framangreindar tölur eru miðaðar við 25.000 skammta. Verði eftirspurn minni mun kostnaður á hvern skammt að sjálfsögðu hækka án þess að úr rekstrarkostnaði dragi í sama hlutfalli. Ef eftirspurn næmi ekki nema 10 þús. skömmtum á ári væri líklegur kostnaður við hvern skammt af kyngreindu sæði kominn í rúmlega 7 þús. kr. Yrði eftirspurn meiri myndi kostnaður á hvern skammt lækka að sama skapi. Þannig ræður eftirspurn og fjöldi kyngreindra skammta verulegu um hvert endanlegt verð þessa sæðis þarf að vera.



Mynd 3 Líklegur kostnaður á hvern skammt kyngreinds sæðis eftir skammtafjölda á ári.

9.6. Ávinningur og áhrif

9.6.1. Kvígur til endurnýjunar

Á Íslandi eru u.þ.b. 26 þús. mjólkurkúr og sú tala hefur ekki tekið miklum breytingum undanfarinn áratug. Fjöldi kvígna sem ber sínum fyrsta kálfi er um 9 þús. á ári en það jafngildir um 35% endurnýjunarhlutfalli eða 34,6 kvígum á hverjar 100 kúr. Samkvæmt skráningum í gagnagrunn nautgriparæktarinnar eru lifandi kvígur eldri en 12 mán. um 16 þús. talsins, þar af rúmlega 11 þús. á aldursbilinu 13-24 mánaða. Ef 1. burðir eru nærri 9 þús. á ári verður að ætla að stór hluti þessara 16 þús. kvígna beri aldrei.

Til að viðhalda 26 þús. mjólkurkúum eru kúr og kvígur annað hvort sæddar eða haldið undir naut. Eins og áður hefur komið fram er árssala á sæði um 50 þús. skammtar eða nálægt 2 skömmtum á kú. Hlutfall kálfa undan sæðinganutum er 69% síðustu 12 mánuði miðað við desember 2022 (Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins, 2022) og samkvæmt niðurstöðum skýrsluhaldsins 2022 voru skráðir burðir 27.234 á árinu 2022. Það þýðir að af rúmlega 27 þús. kálfum eru um 19 þús. undan sæðinganutum og rétt um 8 þús. undan heimanautum. Af þessum 27 þús. kálfum fæddust um 3.200 dauðir og lifandi kálfar eru því nálægt 24 þús. á hverju ári, þar af hátt í helmingur kvígur eða nálægt 11.800. Af þeim bera svo 9 þús. á ári og þar með eru um 2.800 kvígur á ári settar á sem koma aldrei til framleiðslu eða nærri 24% allra lifandi fæddra kvígna.

Stærstu ástæðurnar fyrir því að kúr eru láttnar bera eru að framleiða kvígur til endurnýjunar og að byrja nýtt mjólkurskeið og auka þannig á framleiðslu á hvern grip. Förgun kúa og fjöldi 1. burða helst nokkuð í hendur en allar tölur benda til þess að framleiðsla á kvígum hafi verið og sé umfram þarfir. Ástæður þess að fjórðungur allra lifandi ásettra kvígna eignast aldrei kálf eru eflaust af mörgum toga en stærsta ástæðan er samkvæmt skráningum sú að þær festa ekki fang.

Verð á kvígum hérlendis hefur verið stöðugt þó tímabundnar sveiflur hafi komið fram í tengslum við stækkun hjarða og aukna framleiðslu mjólkur. Þær uppsveiflur hafa þó varað stutt og eftirspurn er jafnan fremur lítil og verð fremur lágt miðað við uppeldiskostnað. Fjölgun fæddra kvígna með notkun kyngreinds sæðis mun því væntanlega ekki hafa veruleg efnahagsleg

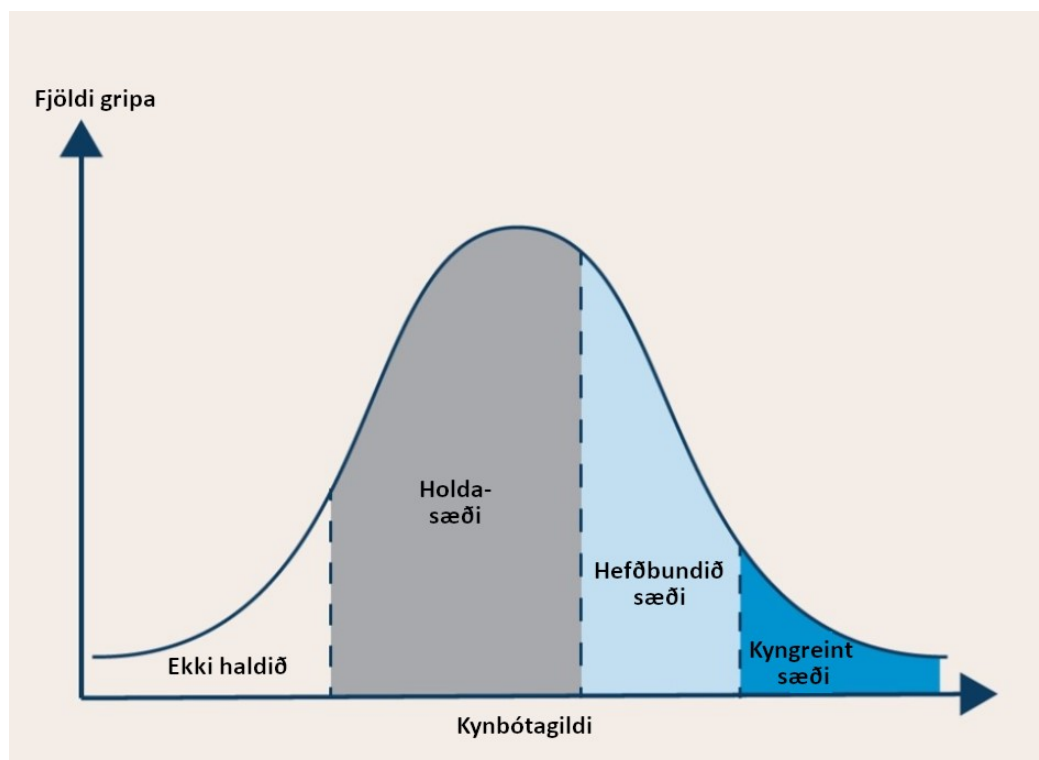
áhrif en mun án efa valda því að sú litla eftirspurn sem er eftir kvígum mun nær því þurrkast út. Verð á fengnum kvígum hefur verið í kringum 200 þús. kr. + vsk. en mun að öllum líkindum lækka vegna minnkandi eftirspurnar komi til þess að kyngreint sæði standi til boða.

9.6.2. Áhrif á ákvarðanir einstakra bænda

Aðgengi að kyngreindu sæði þýðir að færri kýr og kvígur þarf til þess að framleiða næstu kynslóð mjólkurkúa. Aðra gripi má þá sæða með hefðbundnu sæði eða holdasæði. Til þess að framleiða sama fjölda kvígna með kyngreindu sæði þyrfti 15-16 þús. kýr og kvígur ef miðað er við að 90% sæðisins innihaldi enga karllitninga. Nákvæmur fjöldi fer eftir hlutfallinu kýr:kvígur þar sem hlutfall dauðfæddra kálfa hefur stór áhrif.

Með það í huga að kvígur hafa erfðafræðilegt forskot á eldri gripi og frjósemi þeirra er jafnan betri er vænlegra að sæða herra hlutfall kvígna en eldri kúa. Það er eðlilegt að ætla að einstakir bændur horfi einkum til þeirra gripa sem hafa hæst kynbótagildi til þess að framleiða mjólkurkúr framtíðarinnar. Með erfðamati er bæði þægilegt og auðvelt að velja gripi með hæsta kynbótagildið til þess að sæða með kyngreindu sæði. Út frá því má gera ráð fyrir að ásókn í þau naut sem hafa hæsta erfðamatið aukist til þess að reyna að hækka enn frekar kynbótagildi afkvæmanna.

Þær kýr sem ekki væru sæddar með kyngreindu sæði má svo t.d. sæða með holdasæði og reyna þannig að auka verðmæti þeirra kálfa. Núverandi aðstæður benda til þess að þá væri hægt að selja fyrir töluvert herra verð eða ala þá til kjötframleiðslu. Blendingar ættu bæði að vaxa hraðar og skila meiri framlegð en alíslenskir sláturgripir.



Mynd 4 Ráðlögð sæðisnotkun með kyngreindu sæði. Erfðafræðilega bestu gripirnir eru sæddir með kyngreindu sæði, næst bestu með hefðbundnu og þeir lökustu sem á að sæða með holdasæði.

Mjög sennilegt er að fæddum kvígum muni fjölga í fyrstu eftir tilkomu kyngreinds sæðis sem leiðir til þess að endurnýjunarhlutfall mun hækka og ending kúnna minnka. Tilhneigingin hefur verið sú að eldri kúm er fargað til þess að rýma fyrir 1. kálfs kvígum og val kvígnanna fer fram eftir burð þegar þær sýna sína frammistöðu afurðum, mjöltum og skapi. Þegar fram líða stundir og menn tileinka sér betur notkun kyngreinds sæðis mun án efa draga úr ásetningi kvígna þar sem mæður þeirra verða meira valdar og kvígurnar betri gripir að eðlisfari. Þannig mun á endanum ásetningur verða nær hinni raunverulegu endurnýjunarþörf og ending kúnna aukast á nýjan leik, ekki síst vegna þess að kvígurnar verða að meðaltali betri. Úrval eftir 1. burð mun færast til úrvals á mæðrum kvígnanna við sæðingu. Þannig getur og á kyngreint sæði að stuðla að aukinni hagkvæmni.

9.6.3. Erfðafræðilegur ávinningur

Fyrir tíma erfðamengisúrvals voru 90-92% erfðaframfara í afurðum tilkomnar með vali nauta (Wilcox, Webb og DeLorenzo, 2003). Erfðaframfarir í afurðum hér á landi á árabílinu 2000-2022 reiknast sem 60,9 kg mjólkur á ári, 19,8 kg fitu á ári og 17,6 kg próteins á ári (Þórdís Þórarinsdóttir, óbirt gögn). Með erfðamengisúrvali styrkist val nautsmæðra en einnig með kyngreindu sæði en þó verður sá ávinningur alltaf takmarkaður og minni en í gegnum val nautanna. Í fyrsta lagi er úrvalsstyrkur nauta miklu meiri en kúa, aðeins um 0,3% fæddra nautkálfa eru notaðir til undaneldis meðan að a.m.k. 60% kúa og kvígna þarf til að framleiða nægan fjölda gripa til endurnýjunar. Í öðru lagi er öryggi á kynbótagildi nautanna mun meira en á kúnum sem liggur að mestu í að reynd naut eiga fjölda dætra með upplýsingar meðan að kýrnar hafa oft á tíðum engar slíkar upplýsingar og í mesta lagi fá afkvæmi til að styðja við matið. Niðurstöður um erfðafræðilegan ávinning af notkun á kyngreindu sæði eru mjög mismunandi. Þannig var það mat Hohenboken (1999) að aukning í erfðaframförum yrði ekki meiri en 15% og Sørensen o.fl. (2011) mátu aukningu í árlegum erfðaframförum 1,8-2,7%, mismunandi eftir því hvort kyngreint sæði væri notað með eða án fósturvísaf lutninga.

Etterna o.fl. (2017) fundu út með hermílikönnum að nettóávöxtun jókst með notkun kyngreinds sæðis á 75% erfðafræðilega bestu kvígurnar og holdasæði á 70% erfðafræðilega lökustu kýrnar á búum þar sem bústjórn var góð. Niðurstaðan var lakari á búum með lakari bústjórn en þar kom upp skortur á kvígum í líkönunum vegna lélegra skipulags. Niðurstaða þeirra var sú að ávinningur af notkun holdasæðis samhliða kyngreindu sæði væri bundinn við einstök bú og væri aukinn erfðafræðilegur ávinningur ekki talinn með væri hagnaður af notkun kyngreinds sæðis enginn við danskar aðstæður. Þá töldu þeir að ná mætti fram sambærilegum erfðaframförum á búsgrunni með sölu á kvígum og með samhliða notkun holdasæðis.

Þetta sýnir okkur að mjög erfitt er að meta erfðafræðilegan ávinning með notkun kyngreinds sæðis við íslenskar aðstæður án frekari rannsókna.

9.6.4. Ávinningur bænda

Efnahagslegur ávinningur bænda af notkun kyngreinds sæðis getur samkvæmt framangreindu legið í minni uppeldiskostnaði, auknu verðmæti nautkálfa sem væru þá holdablendingar í auknum mæli og auknum erfðaframförum með betra vali á undaneldisgripum. Það getur einnig haft þau áhrif til framtíðar að færri gripir verði felldir vegna lítilla afurða og meðalnyt aukist. Á móti kemur aukinn kostnaður vegna herra verðs á kyngreindu sæði og svo er mögulega falinn kostnaður í lakari frjósemi með kyngreindu sæði. Það er því ljóst að ávinningur bænda gæti verið umtalsverður, einkum og sér í lagi vegna þess að ekki væri þörf á eins mörgum kvígum þar sem förgun fljótlega eftir fyrsta burð yrði minni vegna betri gripa. Þá væri einnig verulegur

ávinningur fólgin í auknu framboði/ásetningi á holdablendingum sem eru með meiri vaxtarhraða og betri gerð en alíslenskir gripir. Fyrir nautakjötsframleiðsluna væri töluverður akkur í að geta fengið sæði með einungis karlfrumum og þá snúið dæminu við miðað við mjólkurframleiðsluna, horfa til nauta til eldis í stað kvígna til endurnýjunar.

9.6.5. Áhrif á sæðingastarfsemina

Fyrir sæðingastarfsemina, einkum og sér í lagi Nautastöðina, verða áhrif kyngreiningar á sæði umtalsverð. Fjárfesta þarf í búnaði, aðstöðu, starfsfólki, þekkingu o.s.frv. auk þess sem breyta verður öllu verk- og vinnuskipulagi á stöðinni. Þessi kostnaður mun óhjákvæmilega leiða til herra verðs á kyngreindu sæði. Hefðbundið sæði yrði, ef eftirspurn eftir kyngreindu sæði verður veruleg, hliðarafurð við framleiðslu kyngreinds sæðis.

Blendingsrækt. Að því gefnu að verðmæti holdablendinga sé meira en hreinræktaðra íslenskra nautkálfa mun eftirspurn eftir holdasæði aukast. Hver sú aukning verður nákvæmlega er erfitt að segja til um en í sinni öfgafyllstu mynd gæti staðan orðið sú að eingöngu yrðu sætt með íslenskum nautum til þess að fá kvígur til endurnýjunar og öll önnur sæðisnotkun yrði holdasæði. Slík sviðsmynd myndi gjörbreyta stöðunni þar sem til þess að fá 9 þús. kvígur á ári þyrfti ekki að sæða nema 11-12 þús. kýr og kvígur. Ef við reiknum með að það þurfi 2 sæðisskammta til þess að fá kálf næmi ársnotkun kyngreinds sæðis til þess að fá kvígur 24 þús. skömmtum að hámarki. Annað sæði yrði þá holdasæði og eftirspurn eftir því gæti þá numið allt að 36 þús. skömmtum á ári. Slíkri eftirspurn væri engan veginn hægt að anna við núverandi skipulag. Ef ætlunin væri að sinna henni þyrfti að breyta Nautastöðinni á Hesti í blandaða stöð með bæði íslensk naut og holdanaut.

Það er þó rétt að ítreka að þarna er dregin upp öfgafull mynd og sú staða sem lýst er kæmi aldrei upp í einu vetfangi. Hins vegar bendir allt til að notkun á holdasæði muni aukast allmikið, einfaldlega vegna þess að svigrúm til notkunar þess mun aukast. Það er því margt sem bendir til þess að framboð á Angus-sæði frá NautÍs, eins og það er nú, verði ekki nægjanlegt þegar og ef kyngreint sæði verður að veruleika.

9.6.6. Áhrif á kynbótastarfið

Kyngreining á sæði hefur óneitanlega nokkur áhrif á kynbótastarfið og felast þau einkum í því að framboð nautkálfa mun dragast saman með færri fæddum nautkálfum. Miðað við þá sviðsmynd að notkun kyngreinds sæðis verði 25 þús. skammtar á ári má ætla að um 12.500 þús. kýr og kvígur festi fang við kyngreindu sæði og 90% þeirra eignist því kvígukálf. Það þýðir að fæddum nautkálfum fækkar um 5-6 þús. á ári. Því til viðbótar má reikna með að notkun holdasæðis í þær mjólkurkýr sem ekki eru taldar vænlega til framræktunar aukist og fæddum alíslenskum nautkálfum fækki því enn frekar. Þetta þýðir að framboð nautkálfa til kynbóta mun dragast saman. Það er því mjög mikilvægt að við notkun kyngreinds sæðis verði lögð áhersla á að skima fyrir kúm og kvígum með hátt kynbótagildi og gerðir samningar við bændur um að þær verði ekki sæddar með „kvígu“sæði eða þá að þær verði teknar til eggjatöku eða fósturvísaskolunar. Hvoru tveggja er vel framkvæmanlegt en kostar bæði tíma og fjármuni en getur í staðinn skilað auknum erfðafrámförum með markvissara vali kynbótagripa.

9.7. Aðkeypt kyngreining

Annar möguleiki við kyngreiningu á sæði er ótalinn. ST Genetics býður upp á þann möguleika að kaupa alla þjónustu af þeim, þ.e. kyngreiningu á sæði. Það fer þannig fram að STG kemur með skilvindu og starfsmann en á staðnum þarf að vera rannsóknastofa og þjálfaður aðstoðarmaður. Kostnaður við þennan möguleika er samkvæmt grófu mati STG 16-19 USD

sem jafngildir um 2.200-2.700 ISK á skammt m.v. gengi 7. feb. 2023. Þá er ótalinn kostnaður vegna aðstoðarmanns og aðstöðu. Þessi leið er því síst ódýrari og myndi útheimta lotubundna sæðistöku sem gerir þennan kost síður fýsilegan, sérstaklega þar sem kostnaður virðist ekki minni.

10. Niðurstöður og lokaorð

Hér hefur verið reynt að gera grein fyrir því hvað kyngreint sæði er, hvernig staðið er að framleiðslu þess og notkun og svo möguleikum og áskorunum við að innleiða það á Íslandi. Við lestur skýrslunnar ætti mönnum fljótlega að verða ljóst að innleiðing kyngreinds sæðis er ekki einfalt verkefni og mörgum spurningum er enn ósvarað. Fyrir það fyrsta liggur ekki fyrir hvort sæði úr íslenskum nautum hentar til kyngreiningar þó ekkert bendi til þess að sú sé raunin. Í öðru lagi er það mat sem hér er lagt á stofn- og rekstrarkostnað mjög gróft og aðeins ætlað til þess að gefa nokkra hugmynd um hvaða tölur gæti verið um að ræða. Áður en ýtt verður úr vör er nauðsynlegt að meta þennan kostnað mun ítarlegar en hér er gert. Í þriðja lagi eru tölur um afköst tækninnar byggðar á haldgóðum upplýsingum en útfærsla á hvernig staðið verður að kyngreiningunni sjálfri í takti við sæðistöku og -dreifingu er eitthvað sem þarfnast ítarlegri skoðunar og nákvæmari útfærslu.

Um er að ræða mikla fjárfestingu sem er ekki bundin við aðstöðu og tækjabúnað heldur þarf fjárfesting í þekkingu og þjálfun að koma til. Það er því mjög mikilvægt að vanda vel til verka og undirbúa verkið af mikilli kostgæfni. Húsnæði er til staðar en þekking, þjálfun og mannauður ekki.

Niðurstaðan er sú að það er vel framkvæmanlegt að innleiða kyngreiningu á nautasæði á Íslandi og það ætti ekki að raska neinum ytri framleiðsluskilyrðum í rekstri kúabúa né ræktunarstarfinu. Þvert á móti ætti nautgriparæktin að geta sótt þó nokkra hagræðingu í kyngreiningu á sæði. Skýrsluhöfundur mælir því eindregið með því að hafin verði vinna við innleiðingu kyngreinds sæðis þar sem vonduð innleiðingaráætlun, undirbúningsvinna og fjármögnun verði í algjörum forgangi.

11. Þakkir

Þróunarsjóður nautgriparæktarinnar styrkti gerð þessarar skýrslu og eru færðar bestu þakkir fyrir.

Heimildir

- Bucci, D., G. Galeati, C. Tamanini, C. Vallorani, J.E.E. Rodriguez-Gil og M. Spinaci. 2012. Effect of sex-sorting on CTC staining, actin cytoskeleton and tyrosine phosphorylation in bull and boar spermatozoa. *Theriogenology* 77: 1206–1216.
- de Graaf, S.P., G. Evans, W.M.C. Maxwell og J.K. O'Brien. 2006. In vitro characteristics of fresh and frozen-thawed ram spermatozoa after sex-sorting and re-freezing. *Reproduction, Fertility, and Development* 18: 867–874.
- DeJarnette, J.M., R.L. Nebel, B. Meek, J. Wells og C.E. Marshall. 2007. Commercial application of sex-sorted semen in Holstein heifers. *Journal of Animal Science* 85 (Suppl. 1):228 [abstract].
- DeJarnette, J.M., R.L. Nebel, C.E. Marshall, J.F. Moreno, C.R. McCleary, and R.W. Lenz. 2008. Effect of sex-sorted sperm dosage on conception rates in Holstein heifers and lactating cows. *Journal of Dairy Science* 91:1778-1785.
- DeJarnette, J.M., C.R. McCleary, M.A. Leach, J.F. Moreno, R.L. Nebel og C.E. Marshall. 2010. Effects of 2.1 and 3.5×10^6 sex-sorted sperm dosages on conception rates of Holstein cows and heifers. *Journal of Dairy Science* 93: 4079–4085.
- DeJarnette, J.M., M.A. Leach, R.L. Nebel, C.E. Marshall, C.R. McCleary og J.F. Moreno. 2011. Effects of sex sorting and sperm dosage on conception rates in Holstein heifers. Is comparable fertility of sex-sorted and conventional semen plausible? *Journal of Dairy Science* 94: 3477–3483.
- Den Daas, J.H.G., G. de Jong, L.M.T.E. Lansbergen og A.M. van Wagendonk-de Leeuw. 1998. The relationship between the number of spermatozoa inseminated and the reproductive efficiency of individual dairy bulls. *Journal of Dairy Science* 81: 1714–1723.
- Ettema, J.F., J.R. Thomasen, L. Hjortø, M. Kargo, S. Østergaard og A.C. Sørensen. 2017. Economic opportunities for using sexed semen and semen of beef bulls in dairy herds, *Journal of Dairy Science* 100: 4161-4171. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11333>.
- Frijters, A.C., E. Mullaart, R.M. Roelofs, R.P. van Hoorne, J.F. Moreno, O. Moreno og J.S. Merton. 2009. What affects fertility of sexed bull sperm more, low sperm dosage or the sorting process? *Theriogenology* 71: 64–67.
- Garner, D.L., og G.E. Seidel. 2003. Past, present and future perspectives on sexing sperm. *Canadian Journal of Animal Science* 83:375-384.
- Garner, D.L. og G.E. Seidel. 2008. History of commercializing sexed semen for cattle. *Theriogenology* 69: 886–895.
- Garner, D.L., K.M. Evans og G.E. Seidel. 2012. Sex-sorting sperm using flow cytometry/cell sorting. Í D. Carrell og K. Aston (ritstj), *Spermatogenesis. Methods in Molecular Biology*, (bls. 279-295). Totowa, NJ: Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-038-0_26
- Hasler J.F., W.B. Anderson, P.J: Hurtgen, Z.Q. Jin, A.D. McCauley, S.A. Mower o.fl. 1995. Production, freezing and transfer of bovine IVF embryos and subsequent calving results. *Theriogenology* 43:141–52.

- Hohenboken, W. D. 1999. Applications of sexed semen in cattle production. *Theriogenology* 52: 1421–1433.
- Hollinshead, F.K., L. Gillan, J.K. O'Brien, G. Evans og W.M.C. Maxwell. 2003. In vitro and in vivo assessment of functional capacity of flow cytometrically sorted ram spermatozoa after freezing and thawing. *Reproduction, Fertility, and Development* 15: 351–359.
- Hutchison, J.L. og D.M. Bickhart. 2016. Sexed-semen usage for Holstein AI in the United States. *Journal of Dairy Science* 99 (suppl. 1): 176.
- Lenz, R.W., C. Gonzalez-Marin, T.B. Gilligan, J.M. DeJarnette, M.D. Utt, L.A. Helser, E. Hasenpusch, K.M. Evans, J.F. Moreno og R. Vishwanath. 2016. SexedULTRA™, a new method of processing sex-sorted bovine sperm improves conception rates. *Reproduction, Fertility and Development* 29: 203–204.
- Pace, M.M., J.J. Sullivan, F.I. Elliott, E.F. Graham og G.H. Coulter. 1981. Effects of thawing temperature, number of spermatozoa, and spermatozoal quality on fertilizing capacity of bovine spermatozoa packaged in 0.5ml-french straws. *Journal of Animal Science* 53: 670–693.
- Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins. 2022. *Helstu meðaltalstölur mjólkurframleiðslunnar*. Sótt 2. febrúar 2023 af https://www.rml.is/static/files/Nautgripaeraekt/Skyrsluhald/Nidurstodur-skyrsluhaldsins/Nidurstodur_2022/arsuppgj-mjolkurframl-2022-f-vef-rml-og-bbl.pdf
- Ráðgjafarmiðstöð landbúnaðarins. e.d. Fjöldi nautgripa. Sótt 15. desember 2022 af <https://www.rml.is/is/forrit-og-skyrsluhald/nautgripaeraekt/fjoldi-nautgripa>.
- Rorie, R.W. 1999. Effect of timing of artificial insemination on sex ratio. *Theriogenology* 52:1273–80.
- Seges. 2022, 16. september. Anvendelse af kønssorteret sæd i Danmark – september 2022. Sótt 8. desember 2022 https://www.landbrugsinfo.dk/public/7/b/1/avl_reproduktion_anvendelse_konssorteret_sad_september_2022.
- Seidel, G.E. Jr. 2012. Sexing mammalian sperm where do we go from here? Review. *Journal of Reproduction and Development* 58: 505–509.
- Seidel, G.E. Jr. 2014. Update on sexed semen technology in cattle. *Animal* 8: 160-164, doi:10.1017/S1751731114000202.
- Skjervold, H. og J. James. 1979. Causes of variation in sex ratio in dairy cattle. *Z Tierz Züchtungsbiol.* 95:293–305.
- Sharpe, J.C. og K.M. Evans. 2009. Advances in flow cytometry for sperm sexing. *Theriogenology* 71: 4–10.
- Sveinbjörn Eyjólfsson. 2022. *Ársskýrsla 2021*. Hestur: NBÍ. Sótt 15. desember 2022 af <https://nautaskra.is/annad/arsskyrsla-2021>.

- Sørensen, M.K., J. Voergaard, L.D. Pedersen, P. Berg og A.C. Sørensen. Genetic gain in dairy cattle populations is increased using sexed semen in commercial herds. *Journal of Animal Breeding Genetics* 128: 267-275. doi:10.1111/j.1439-0388.2011.00924.x.
- Thomas, J.M., J.W.C. Locke, R. Vishwanath, J.B. Hall, M.R. Ellersieck, M.F. Smith og D.J. Patterson. 2017. Effective use of SexedULTRA™ sex-sorted semen for timed artificial insemination of beef heifers. *Theriogenology* 98: 88–93.
- Tubman L.M., Z. Brink, T.K. Suh og G.E. Jr. Seidel. 2004. Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry. *Journal of Animal Science* 53:1029–36.
- Weigel, K.A. 2004. Exploring the role of sexed semen in dairy production systems. *Journal of Dairy Science* 87:(E. Suppl.):E120-130.
- Winters, R.A., L.N. Nettenstrom, D.G. Lopez, K.L. Willenburg, R. Vishwanath, N.V. Bovin og D.J. Miller. 2017. Effect of sorting boar spermatozoa by sex chromosomes on oviduct cell binding. *Theriogenology* 108: 22–28.
- Wilcox, C. J., D. W. Webb, og M. A. DeLorenzo. 2003. *Genetic improvement in dairy cattle*. University of Florida, IFAS Extension. Publ. DS75. Sótt 4. janúar 2023 af <http://edis.ifas.ufl.edu/DS094>.
- Vishwanath, R. og J. F. Moreno. 2018. Review: Semen sexing – current state of the art with emphasis on bovine species. *Animal* 12: 85-96, doi:10.1017/S1751731118000496.
- Xu, Z.Z. 2014. Application of liquid semen technology improves conception rate of sex-sorted semen in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97: 7298–7304.