

**Lokaskýrsla til Framleiðnisjóðs
vegna átaksverkefnis í byggrækt á Íslandi
árin 2013 -2018**

Hrannar Smári Hilmarsson, Magnus Göransson,
Jónína Svavarsdóttir og Jón Hallsteinn Hallsson



**Framleiðnisjóður
landbúnaðarins**



Landbúnaðarháskóli Íslands, 2019.
Rit LbhÍ nr. 115
ISSN 1670-5785
ISBN 978-9979-881-86-5

Ritstjóri: Jón Hallsteinn Hallsson

Uppsetning: Þórunn Edda Bjarnadóttir

Efnisyfirlit

Um höfundana	IV
Ritrýndar greinar um bygg á Íslandi	V
Formáli	VI
Almennt um bygg og ræktun héraendis	1
Ræktun héraendis og innflutningur sáðvöru	3
Yfirlit yfir yrkjaþrófanir árin 1987-2014.	4
Tilraunastaðir og yrki prófuð	5
Breytingar á lengd vaxtartímabils	9
Uppsæra, þúsundkornavigt og rúmþyngd	12
Tengsl veðurfars og uppsæru	16
Breytingar á vaxtartímabil og áhrif á uppsæru	17
Mikill breytileiki – meðferð útlaga	18
Áhrif jarðvegsgerðar á uppsæru	19
Ættir íslenskra byggrykja	21
Áhrif kynbóta á uppsæru og gæði byggs.	24
Flýtir í íslenskum og erlendum yrkjum og raðgreiningar á völdum flýtigum	30
Sjúkdómar í íslenskri byggækt.	31
Bygg til bænda – niðurstöður yrkjaþilrauna 2017.	36
Samantekt.	44
Heimildaskrá	46

Um höfundana

Hrannar Smári Hilmarsson (M.Sc.) er tilraunastjóri í jarðrækt við Landbúnaðarháskóla Íslands og hefur starfað við skólann sem slíkur frá því 2016, en áður var hann verkefnaráðinn starfsmaður í byggrannsóknnum. Hrannar er með B.Sc. gráðu í búvísindum og M.Sc. gráðu í erfðafræði frá Landbúnaðarháskóla Íslands.

Magnus Göransson (M.Sc.) er sérfræðingur á sviði kynbóta við Landbúnaðarháskóla Íslands þar sem hann hefur starfað frá árinu 2008. Magnus er með M.Sc. gráðu frá SLU – Sænska landbúnaðarháskólanum. Magnus hefur áður m.a. starfað hjá Norræna Genbankanum.

Jónína Svavarsdóttir (B.Sc.) er aðstoðarmaður við jarðræktarrannsóknir Landbúnaðarháskóla Íslands. Hún hóf störf sumarið 2018 og er með B.Sc. gráðu í náttúru- og umhverfisfræðum frá Landbúnaðarháskóla Íslands.

Jón Hallsteinn Hallsson (Ph.D.) er dósent í erfðafræði við Landbúnaðarháskóla Íslands og hefur starfað við skólann frá því í byrjun árs 2005. Á þessum árum hefur hann stundað rannsóknir á bæði plöntum og dýrum. Jón er með B.Sc. gráðu í sameindalíffræði frá Háskóla Íslands og Ph.D. gráðu frá sama skóla. Jón kennir erfðafræði og frumulíffræði við Landbúnaðarháskólann auk þess að kenna við Háskóla Íslands.

Ritrýndar greinar um bygg á Íslandi

Jónatan Hermannsson, Þórdís Anna Kristjánsdóttir, Tryggvi Sturla Stefánsson og Jón Hallsteinn Hallsson. **2010.** [Measuring gene flow in barley fields under Icelandic sub-arctic conditions using closed-flowering varieties.](#) *Icelandic Agricultural Sciences* 23:51–59.

Tryggvi Sturla Stefánsson og Jón Hallsteinn Hallsson. **2011.** [Analysis of the species diversity of leaf pathogens in Icelandic barley fields.](#) *Icelandic Agricultural Sciences* 24:13–23.

Tryggvi Sturla Stefánsson, Marjo Serenius og Jón Hallsteinn Hallsson. **2012.** [The genetic diversity of Icelandic populations of two barley leaf pathogens, *Rhynchosporium commune* and *Pyrenophora teres*.](#) *European Journal of Plant Pathology* 134 (1):167–80.

Hrannar Smári Hilmarsson, Magnus Göransson, Morten Lillemo, Þórdís Anna Kristjánsdóttir, Jónatan Hermannsson og Jón Hallsteinn Hallsson. **2017.** [An overview of barley breeding and variety trials in Iceland in 1987-2014.](#) *Icelandic Agricultural Sciences* 30:13–28.

Hrannar Smári Hilmarsson, Magnus Göransson, Jón Hallsteinn Hallsson, Þórdís Anna Kristjánsdóttir og Jónatan Hermannsson. **2017.** [Effect of soil type on barley yields in Icelandic cultivar trials.](#) *Icelandic Agricultural Sciences* 30:73-76.

Formáli

Byggrækt á Íslandi hefur jafnt og þétt vaxið fiskur um hrygg undanfarin ár og skiptir þar án efa mestu máli almennur áhugi bænda á nýsköpun í ræktun. Þennan áhuga má meðal annars merkja í auknum áhuga á ræktun annarra nytjaplantna svo sem repju og hafra. Þann ágæta árangur sem íslenskir bændur hafa náð í ræktun byggs má án efa skýra með ýmsum þáttum, svo sem batnandi umhverfisskilyrðum til ræktunar, bættum búskaparháttum, prófunum á erlendum byggyrkjum auk kynbóta sérstaklega fyrir íslenskar aðstæður.

Starfsmenn Landbúnaðarháskóla Íslands leggja, eftir fremsta megni, sín lóð á vogaskálar nýsköpunar í landbúnaði á ýmsum sviðum og hafa meðal annars stundað rannsóknir á byggi undanfarna áratugi. Hér birtum við yfirlit yfir niðurstöður úr samanburðartilraunum á byggi sem fram hafa farið á víðsvegar um landið á yfir 30 ára tímabili, förum yfir helstu niðurstöður sjúkdómsrannsókna, ásamt því að velta fyrir okkur framtíð byggrannsóknna og nýtingar, en áður hafa þessar niðurstöður birst sem tilraunaskýrslur og/eða sem ritrýndar greinar.

Niðurstöður sýna að uppskera í tilraunum hefur aukist á sama tíma og ræktunartímabilið styttist. Íslenskar kynbótalínur skila ekki aðeins meiri uppskeru í tilraunum heldur skriða þær einnig fyrir sem leiðir til þess að þær eru uppskornar fyrir. Niðurstöðurnar sem kynntar eru hér undirstrika bæði kosti og galla íslenska kynbótaverkefnisins og eru því mikilvægar fyrir áframhald yrkjatilrauna hérlendis. Niðurstöðurnar undirstrika jafnframt að næsta stóra áskorun kynbótafólks er að auka sjúkdómsspól í íslenskum byggyrkjum enda sýna rannsóknir að fjölbreytileiki sjúkdómsvaldandi sveppa er mun meiri hérlendis en ætla mætti og fyrirsjáanlegt að sjúkdómsálag aukist umtalsvert eftir því sem byggrækt eykur útbreiðslu sína.

Framleiðnisjóður landbúnaðarins styrkti umræddar rannsóknir rausnarlega með sérstökum samning við Landbúnaðarháskóla Íslands um átaksverkefni í kornrækt og kornkynbótum. Þetta hefur gert starfsmönnum Landbúnaðarháskóla Íslands mögulegt að haga innlendum rannsóknum með öðrum hætti en annars hefði verið og auka umtalsvert erlent samstarf um rannsóknir.

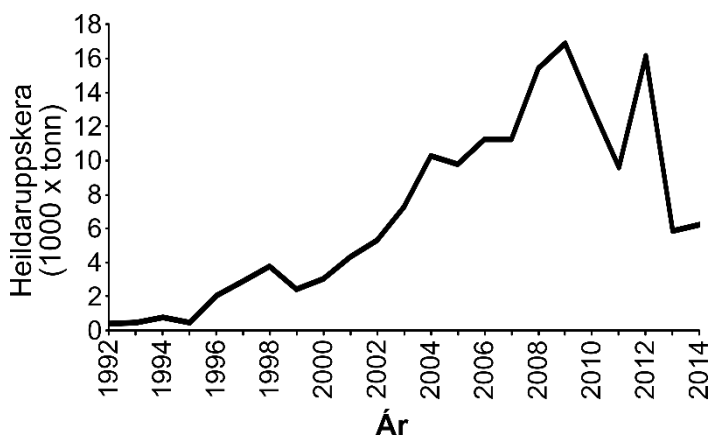
Almennt um bygg og ræktun hérlendis

Bygg er mikilvæg nytjaplanta og er í fjórða sæti yfir mikilvægustu korntegundir í heiminu á eftir hveiti, maís og hrísgrjónum (FAO 2017). Bygg gegnir þó enn mikilvægara hlutverki á ýmsum jaðarsvæðum. Talið er að grunnurinn að ræktuðu byggi (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) hafi verið lagður með plöntum úr mörgum villtum stofnum sem sennilega höfðu svipaða landfræðilega dreifingu og núverandi dreifing villibyggs (*H. vulgare* L. ssp. *spontaneum*) (Poets, Fang, Clegg og Morrell, 2015). Frá því að ræktun hófst hefur bygg verið aðlagð miklum breytileika í bæði veðurfari og daglengd og er, eins og áður sagði, mun mikilvægara hérlendis og á öðrum jaðarsvæðum sökum þess hve harðgerð plantan er og hve vel má aðlaga hana erfiðum aðstæðum. Talið er að rekja megi þessa aðlögunarhæfni til uppruna byggs, það er að breiður erfðagrunnur plöntunnar frá mörgum upphafsstöðum ræktunar hafið aukið

möguleika til aðlögunar umfram sambærilegar nytjaplöntur (Allaby, 2015).

Þó bygg hafi óneitanlega aðlagast miklum breytileika í umhverfisskilyrðum, bæði hvað varðar veðurfar og daglengd, þá er ræktun á jaðri heimskautasvæðanna enn á mörkum þess mögulega (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Stutt og kalt vaxtartímabil, ásamt hættunni á frosti bæði vor og haust gerir ræktun áhættusama, auk þess sem hin norðlæga dægursveifla gerir það að verkum að yrkjaþarf að vanda. Þetta endurspeglast meðal annars í stuttri samfelldri ræktunarsögu hérlendis og þeim erfiðleikum sem stöðja að bygggræktendum hér og víðar á norðlægum breiddargráðum.

Hvað varðar upphaf bygggræktar á Íslandi þá er jafnan gert ráð fyrir því að landnámsmenn hafi haft með sér bygg frá heimahögum sínum á 9. öld og að hér hafi verið ræktað bygg eitthvað



fram á 13. öld (Karlsson, 2009). Ekki er fullljóst af hverju bygggrækt lagðist af hérlendis; tvær tilgátur hafa þó komið fram sem báðar gætu skýrt það að einhverju eða öllu leyti. Önnur tilgátan gerir ráð fyrir því að veðurfar hérlendis hafi breyst til hins verra fyrir bygggrækt þegar Litla-Ísöldin gekk hér yfir en talið er að hún hafi hafist á árunum 1275 til 1300 (Miller o.fl.,

Mynd 1 Þróun í heildaruppskeru á Íslandi árin 1992 til 2014 (Heimild: Hagstofa Íslands) (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

2012). Hin tilgátan gerir ráð fyrir því að lækkandi verð á byggi í Evrópu og aukin viðskipti milli Íslands og Evrópu hafi minnkað hag bænda af því að rækta sitt eigið bygg (Karlsson, 2009). Báðar tilgáturnar eru í sjálfu sér líklegar en samspil þeirra gæti einnig útskýrt af hverju byggrækt lagðist hér af.

Eftir að byggrækt hófst hérlendis aftur með skipulögðum hætti hefur áhugi bænda aukist jöfnum skrefum. Uppskeyra byggs á Íslandi hefur

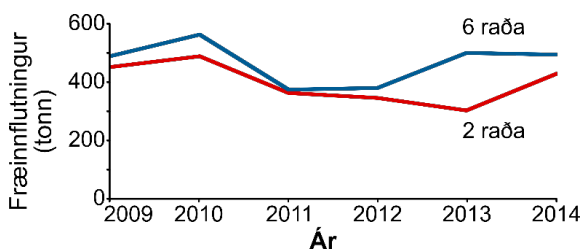
jafnframt aukist nokkuð jöfnum skrefum árin 1991 til 2009 þegar uppskeran náði sögulegu hámarki en þá var uppskeran alls 16881 tonn (Mynd 1). Þrátt fyrir að nokkuð hafi dregið úr ræktun síðan 2009 þá er bygg án vafa mikilvægasta korntegundin á Íslandi þar sem það var ræktað á um 5000 hekturum með mestu uppskeru yfir 16000 tonnum í góðum árum eins og til dæmis á árunum 2009 og 2012 (Mynd 1).

Ræktun hérlendis og innflutningur sáðvöru

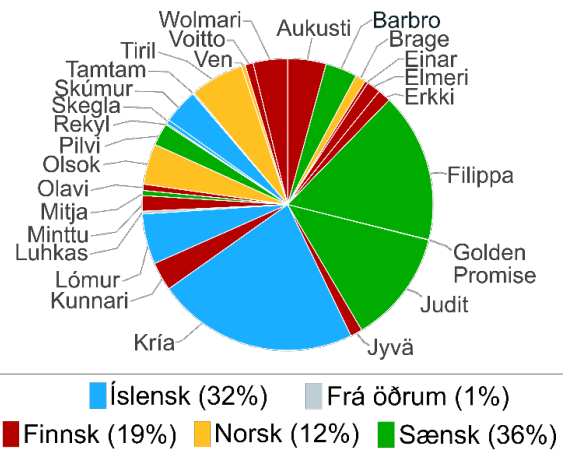
Sáðkorn er í nær öllum tilfellum innflutt og á hverju ári flutt inn um 1000 tonn af fræi af ýmsum byggyrkjum. Árið 2014 voru til dæmis flutt inn um 924 tonn í því sem næst jöfnum hlutföllum af tveggja og sex raða yrkjum (Mynd 2) þó sex raða byggi sé alltaf flutt inn í eilítið meira magni (upplýsingar um innflutning á sáðvöru af heimasíðu MAST - www.mast.is).

Verkefni kynbóta og yrkjaprófana hafa verið í gangi við Landbúnaðarháskóla Íslands (LbHÍ) frá stofnun skólans árið 2005, en þar áður hjá Rannsóknarstofnun Landbúnaðarins (RALA). Af þessum verkefnum hafa nú þegar sprottið fjögur yrki sem komist hafa á markað: 'Skegla' árið 2002, 'Kría' árið 2004, 'Lómur' árið 2007 og yrkið 'Skúmur' árið 2008. Fleiri yrki eru í prófunum og vonandi væntanleg á markað fljótlega.

Þau yrki sem flutt eru til landsins eru að mestu leyti norsk, finnsk og sænsk, auk íslensku yrkjanna. Íslensku yrkin hafa um 32% markaðshlutdeild, en önnur yrki sem vinsæl eru meðal bænda eru til dæmis 'Filippa', 'Aukusti', 'Judit' og 'Wolmari'



Mynd 2 Innflutningur sáðkorns á árunum 2009 til 2014, sundurliðað eftir raðgerð í tveggja (rauð lína) og sex raða (blá lína).



Mynd 3 Innflutt byggyrki árin 2009 til 2014 flokkuð eftir upprunalandi. Litir vísa til upprunalands þar sem hlutfall frá hverju landi er sýnt í sviga (gögn frá MAST) (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

(Mynd 3). Því miður er ekki vitað hvaða yrki bændur velja í akra sína og heldur ekki hvort bændur nota mismunandi yrki með ólíkum hætti eftir landshlutum og/eða jarðvegsgerðum þar til að skýrsluhald í jarðrækt var tekið upp sem skilyrði fyrir jarðbótastyrk. Skortur á nákvæmum upplýsingum um uppskeru í ökrum bænda gerir jafnframt erfitt um vik að meta yrkjaval. Niðurstöður yrkjaprófana í rannsóknum gefa þó einhverja hugmynd um mögulega uppskeru og gætu þannig auðveldað bændum val á bestu yrkjum fyrir íslenskar aðstæður.

Yfirlit yfir yrkjaprófanir árin 1987-2014

Niðurstöður prófana eru gefnar út ár hvert í jarðræktarskýrslum LbhÍ en hingað til hefur þó skort á heildstæða samantekt á niðurstöðum auk þess sem mat á erfðafrámför hefur vantað, sérstaklega fyrir íslenskar kynbótalínur. Í nýlegri ritrýndri grein voru gögn fyrir tímabilið 1987-2014 greind, þar með talin gögn fyrir íslenskan kynbótaefnivið (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Aðalmarkmið þeirrar greinar var að lýsa hérlandum kynbótum og yrkjaprófunum og greina hugsanlegan mun milli íslenskra og erlendra arfgerða. Slík greining er mikilvægt skref í áframhaldandi kynbótum og yrkjaprófunum fyrir íslenskar aðstæður og munu vonandi færa íslenskum bændum einhvern þekkingarauka sem þeir geta nýtt við val á yrkjum.

Til greininga voru valdar niðurstöður yrkjatilrauna hérlandis fyrir tímabilið 1987-2014; samtals 28 ár og 40 tilraunastaðir (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Þó svo að prófanir hafi verið framkvæmdar yfir lengra tímabil og samtals á yfir 60 stöðum var niðurstaðan sú að notast aðeins við hluta þeirra gagna sem til voru. Helsta ástæðan var sú að sá hluti gagnasafnsins var aðgengilegur á tölvutæku formi auk þess sem prófanirnar voru allar framkvæmdar með líku sniði fyrir þau ár og þá staði sem valdir voru.

Yfir 28 ára tímabil voru skornir samtals 14133 reitir. Fyrir hverja tilraun þá voru sáðdagur og uppskerudagur þeir sömu fyrir hvern reit innan tilraunar. Magn áburðar var sama fyrir alla reiti

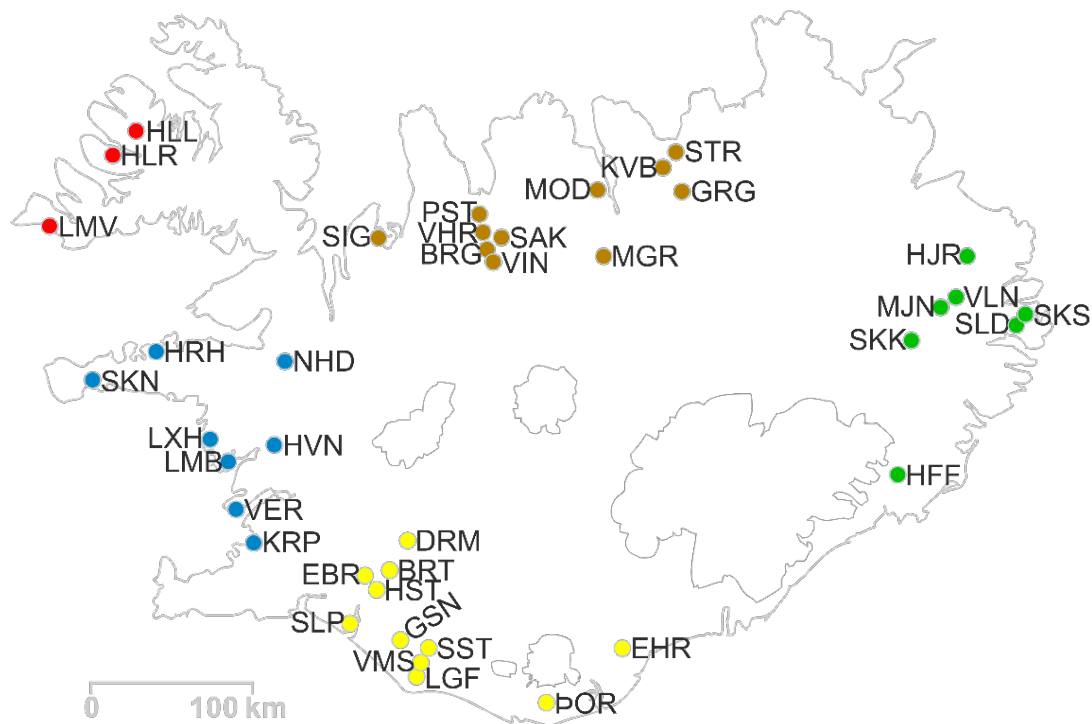
á hverjum tilraunastað og ekki var notast við varnarefni. Meðal annars var eftirfarandi gögnum safnað: Sáðdagur, skriðdagur, uppskerudagur, metin uppskera í t/ha, þúsundkornavigt (PKV) í grömmum, rúmpýngd (RV) í g/dL, stráhæð (H) í cm, og þurrefni (þ.e.) staðlað 100% þurrt. Ekki var þó í öllum tilfellum safnað öllum ofangreindum upplýsingum. Auk ofangreindra mælinga þá voru stundum framkvæmdar aðrar mælingar, þó oft aðeins á tilraunastöð LbhÍ á Korpu. Af 14133 reitum þá var sveppasýking til dæmis metin í 2024 reitum, jarðvegsgerð í 13419 reitum, áburðarmagn í 13419 reitum og sýrustig í 2188 reitum. Brot var metið fyrir 567 reiti, fall úr axi fyrir 315 reiti, stráhæð fyrir 4972 reiti og lega var metin fyrir 1801 reiti. Þó svo að þessar mælingar hafi verið hluti af gagnasafninu þá hefur í fæstu tilfellum verið unnið frekar úr þessum gögnum og er því allnokkuð verk óunnið að fullgreina gögnin.

Tilraunastaðir og yrki prófuð

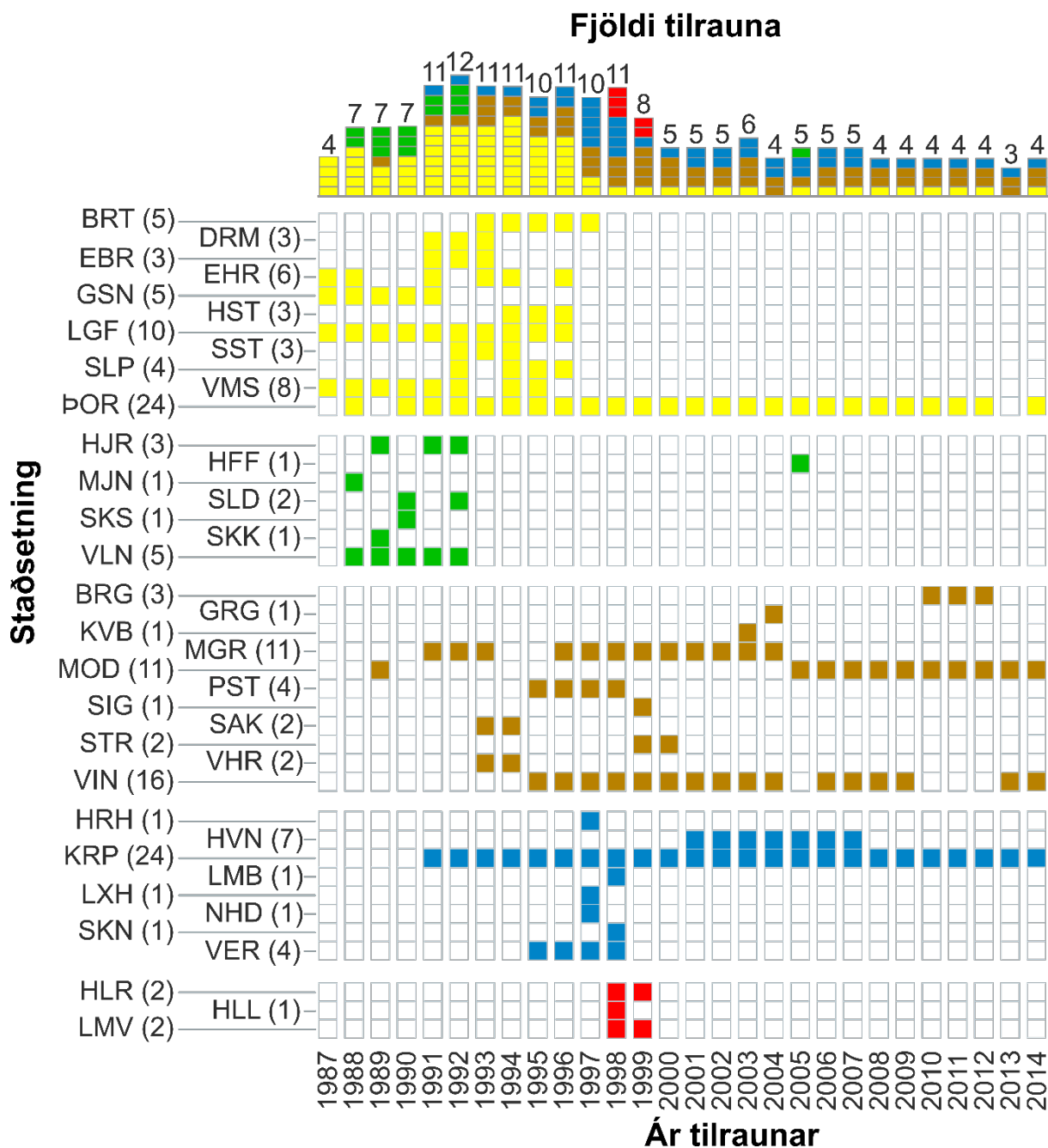
Yrkjaprófanirnar sem greindar voru í grein Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., (2017) fóru fram á 40 tilraunastöðum. Hverjum tilraunastað var gefin þriggja stafa skammstöfun sem sjá má í texta með Mynd 1. Af dreifingu tilrauna sést að fjöldi er nokkuð jafn milli landsvæða með þeirri undantekningu að fáir tilraunastaðir voru á Vestfjörðum. Ellefu tilraunastaðir voru

á Norðurlandi og Suðurlandi, sjö á Austurlandi, átta á Vesturlandi, en aðeins þrjú á Vestfjörðum (Mynd 4).

Heildarfjöldi tilraunastaða sveiflaðist nokkuð á tímabilinu, frá 12 stöðum árið 1992 þegar þeir voru flestir niður í þrjú og fjóra árin 2013 og 2014 (Mynd 5). Prófanir á Vestfjörðum fóru aðeins fram árin 1998 og 1999 og síðustu prófanir á



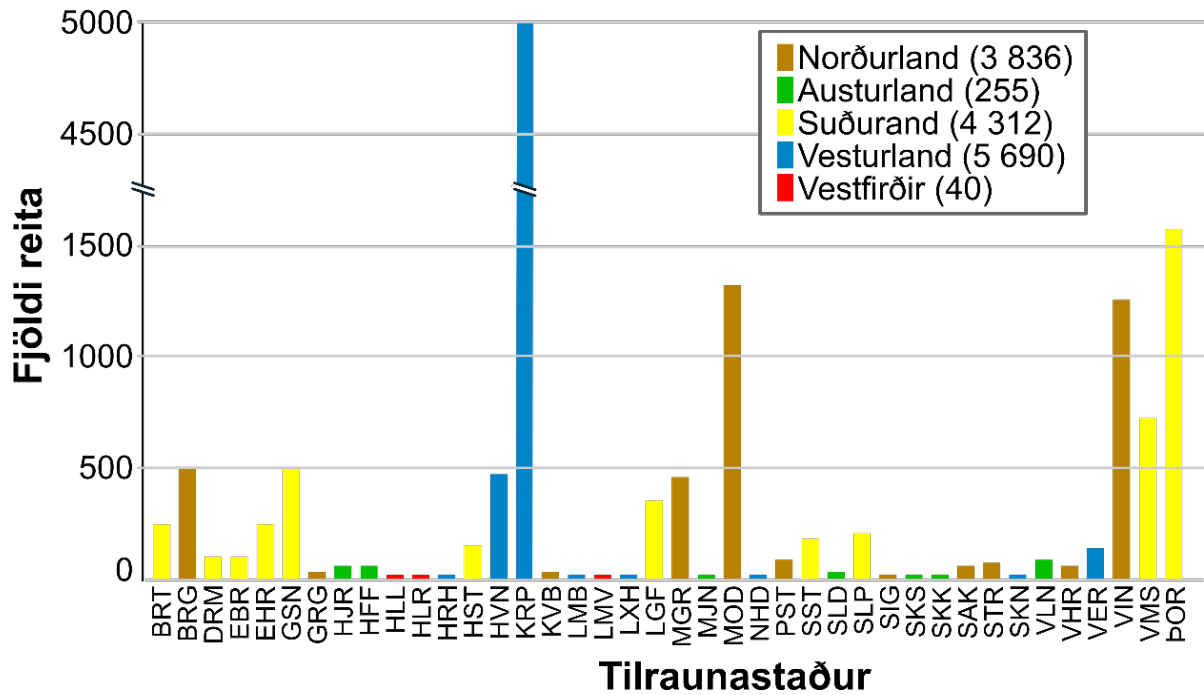
Mynd 4 Yfirlit yfir tilraunastaði við yrkjaprófanir á árunum 1987 til 2014. Samtals 40 staðir voru með í samantektinni og eru þeir litakóðaðir eftir landsvæðum (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Skammstafanir tilraunastaða: Birtingaholt (BRT), Borgarey (BRG), Drumboddaðir (DRM), Efri-Brúnaveilir (EBR), Eystra-Hraun (EHR), Geitasandur (GSN), Grundargil (GRG), Hjartarstaðir (HJR), Hoffell (HFF), Hóll (HLL), Hólar (HLR), Hraunháls (HRH), Húsatóftir (HST), Hvanneyri (HVN), Korpa (KRP), Kviaból (KVB), Lambastaðir (LMB), Lambavatn (LMV), Laxárholt (LXH), Lágafell (LGF), Miðgerði (MGR), Mjóanes (MJN), Möðruvellir (MOD), Neðri-Hundadalur (NHD), Páfastaðir (PST), Sámsstaðir (SST), Selárdalur (SLD), Selpartur (SLP), Sigríðarstaðir (SIG), Skorrastaður (SKS), Skriðuklaustur (SKK), Stóru-Akrar (SAK), Straumnes (STR), Syðri-Knarrartunga (SKN), Vallanes (VLN), Vallhólmur (VHR), Vestri-Reynir (VER), Vindheimar (VIN), Voðmúlastaðir (VMS) og Þorvaldseyri (ÞOR).



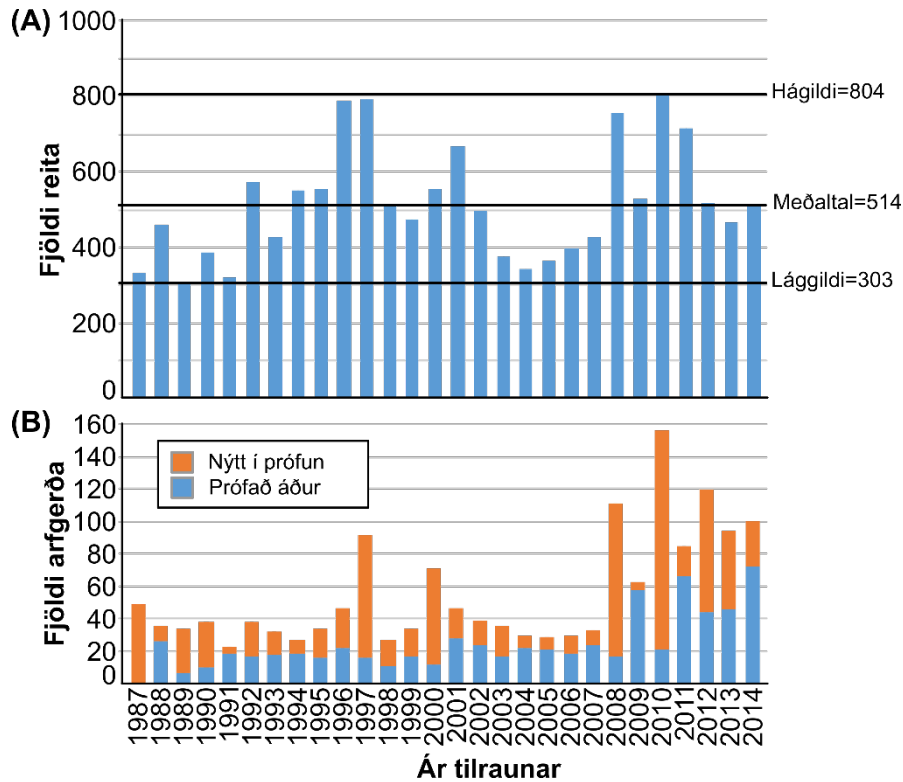
Mynd 5 Yfirlit yfir fjölda prófana á mismunandi tilraunastöðum og fjölda tilrauna í mismunandi landshlutum árin 1987 til 2014 (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Litakóðað eins og í Mynd 4.

Austurlandi fóru fram árið 2005. Frá þeim tíma hafa prófanir farið fram á sex tilraunastöðum: Þorvaldseyri (ÞOR), Korpu (KRP), Hvanneyri (HVE), Vindheimum (VIN), Möðruvöllum (MDR) og Borgarey (BRG). Yfir 28 ára tímabil voru 13 tilraunastaðir notaðir aðeins einu sinni og 12 tilraunastaðir tvisvar eða þrisvar (Mynd 5).

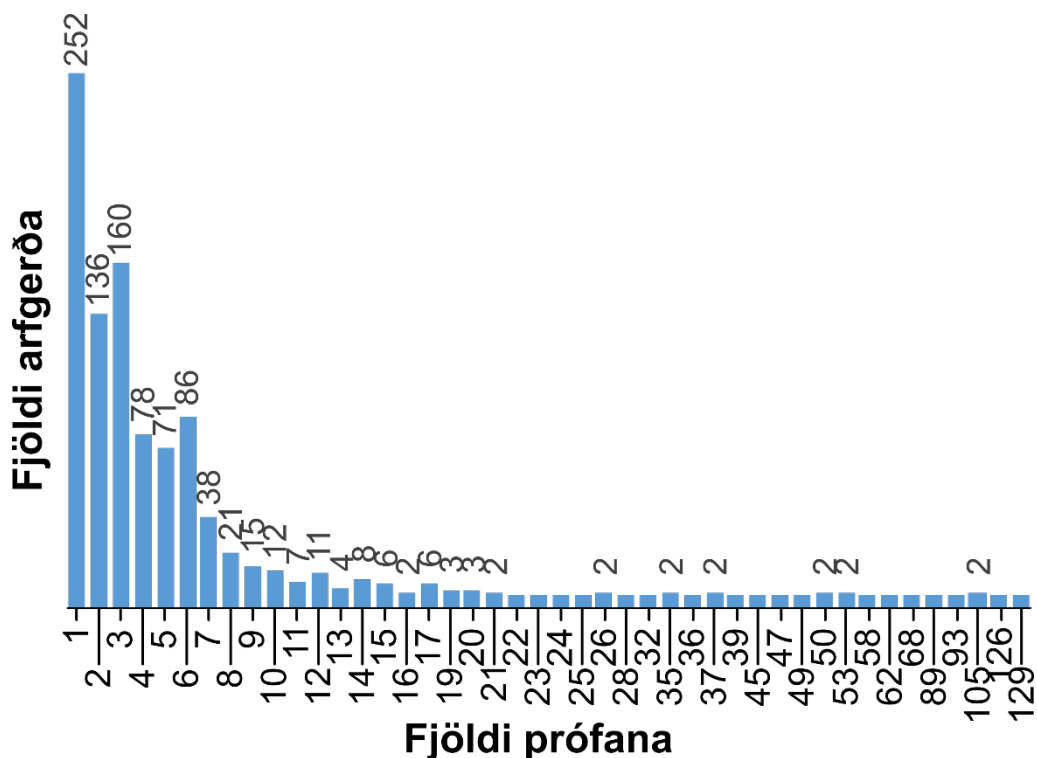
Þeir tilraunastaðir sem oftast voru notaðir voru Þorvaldseyri (ÞOR) á Suðurlandi þar sem framkvæmdar voru 24 prófanir frá árinu 1988, Korpa (KRP) á Vesturlandi þar sem framkvæmdar voru 24 prófanir frá árinu 1991 og Vindheimar (VIN) á Norðurlandi þar sem framkvæmdar voru 16 prófanir frá árinu 1995 (Mynd 5). Enginn



Mynd 6 Fjöldi reita sem uppskornir voru og dreifing yrkjaprófana milli landshluta á árunum 1987 til 2014. Vegna mikils fjölda prófana á Korpu (KRP) er Y-ásinn brotinn til að bæta lesanleika. Heildarfjöldi reita á mismunandi landsvæðum er sýndur í sviga (Hilmarrsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).



Mynd 7 Umfang prófana árin 1987-2014. (A) Heildarfjöldi reita sem sáð var í árin 1987 til 2014. (B) Heildarfjöldi arfgerða sem prófaðar voru ár hvert þar sem nýjar arfgerðir í prófun eru appelsínugular (efri hluti súlu) en arfgerðir sem prófaðar hafa verið áður eru í bláu (neðri hluti súlu) (Hilmarrsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).



Mynd 8 Fjöldi prófana á arfgerðum liggur á bilinu 1 til 129, þar sem 252 arfgerðir hafa verið prófaðar aðeins einu sinni en ein arfgerð verið prófuð 129 sinnum. Gildi á X-ás eru ekki samfelld (Hilmarrsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

prófunarstaður hefur verið notaður samfelld umrætt tímabil (Mynd 5).

Fjöldi reita var nokkuð ójafn eftir tilraunastöðum, en um 65% af öllum tilraunareitum voru á fjórum stöðum: 5031 reitur á Korpu (KRP), 1572 reitir á Þorvaldseyri (ÞOR), 1318 reitir á Möðruvöllum (MOD) og 1254 reitir á Vindheimum (VIN) (Mynd 6).

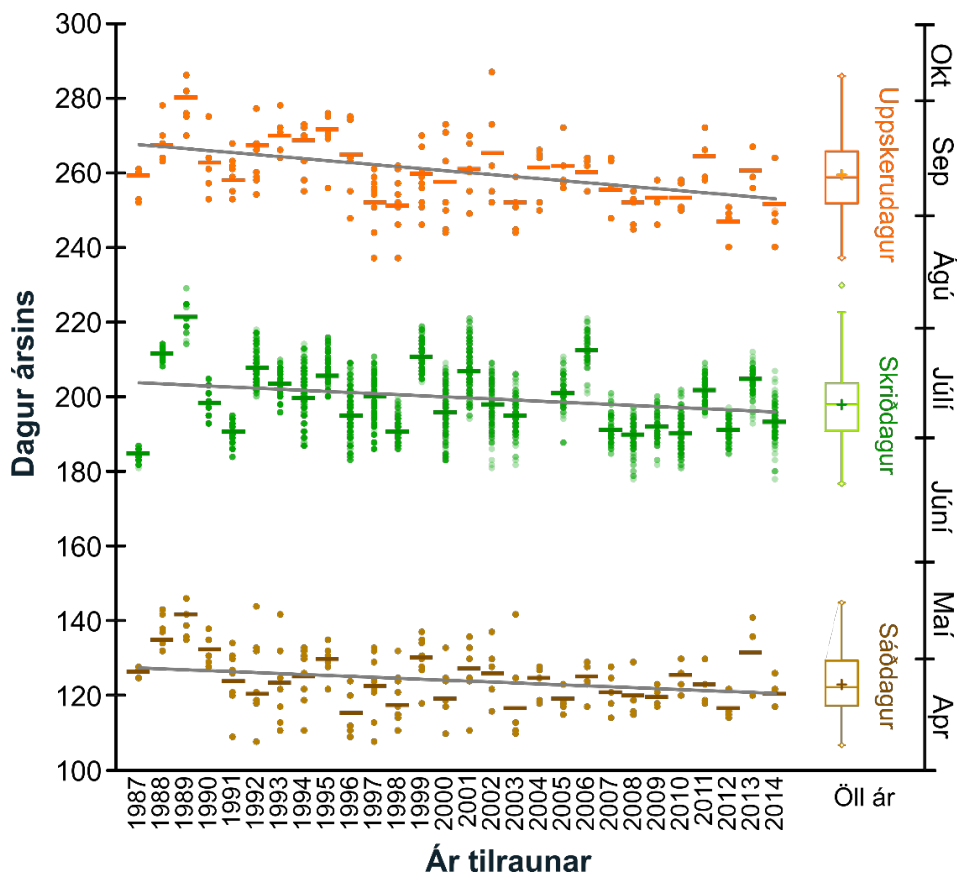
Yfir umrætt 28 ára tímabil voru að meðaltali skornir 514 reitir á ári; frá 303 reitum árið 1989

upp í 804 reiti árið 2010 (Mynd 7A). Heildarfjöldi prófaðra arfgerða var 901 en þar af voru 88 samþykkt yrki. Að meðaltali voru prófaðar 33 nýjar arfgerðir á hverju ári frá 1988, frá fjórum árið 1991 og upp í 135 árið 2010 (Mynd 7B). Stór hluti arfgerða var aðeins prófaður nokkrum sinnum, frá einni prófun fyrir 252 arfgerðir upp í 129 og 126 prófanir fyrir tvær arfgerðir á umræddu tímabili (Mynd 8).

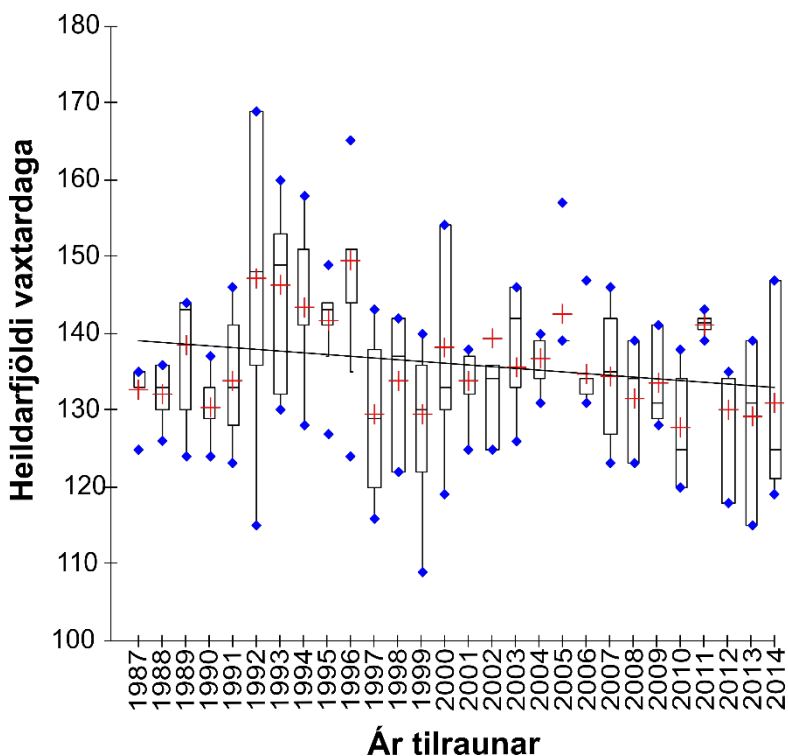
Breytingar á lengd vaxtartímabils

Af 14133 reitum þá var sáningardagur skráður fyrir 13419 (94,9%), skriðdagur fyrir 7426 (52,5%) og uppskerudagur fyrir 13403 (94,8%) (Mynd 9). Meðal sáðdagur var 4. maí (124. dagur ársins), fyrsti dagur sáningar í gagnasafninu var 17. apríl (108. dagur ársins) á Korpu (KRP) árið 1992 en sá síðasti 26. maí (146. dagur ársins) á Lágafelli (LGF) árið 1989 (Mynd 9). Meðal skriðdagur var 17. júlí (198. dagur ársins), en fyrsta skrið var skráð 27. júní á Korpu (KRP) árið 2008 en

síðast 18. ágúst á Lágafelli (LGF) árið 1989. Stysta tímabil frá sáningu til skriðs var 57 dagar árið á Geitasandi (GSN) en lengsta 110 dagar á Korpu (KRP) árið 1992. Meðal uppskerudagur var 17. september (260. dagur ársins), þar sem fyrst var uppskorið 25. ágúst (237. dagur ársins) á Korpu (KRP) árið 1997 en síðast 14. október (287. dagur ársins) á Þorvaldseyri (ÞOR) árið 2002. Allar þrjár breytur sýndu þróun í átt að fyrri dagsetningum yfir tímabilið (Mynd 9).



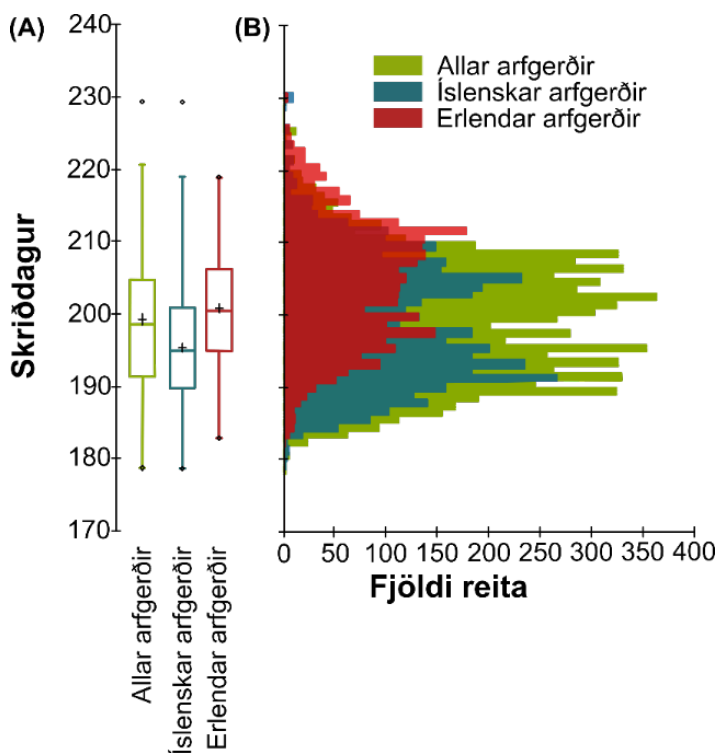
Mynd 9 Yfirlit yfir þróun sáningar, skriðdags og uppskeru á árunum 1987-2014. Sáðdagur (brúnt; $n=13419$, meðaltal=123,7, min=108 og max=146), skriðdagur (grænt; $n=7426$, meðaltal=198,7, min=178 og max=229) og uppskerudagur (appelsínugult; $n=13403$, meðaltal=259,9, min=237 og max=287) fyrir árin 1987-2014. Meðaltal fyrir öll árin er í boxplottum. Sérhver gagnapunktur er sýndur fyrir öll árin með meðaltal fyrir hvert ár sýnt sem strik (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).



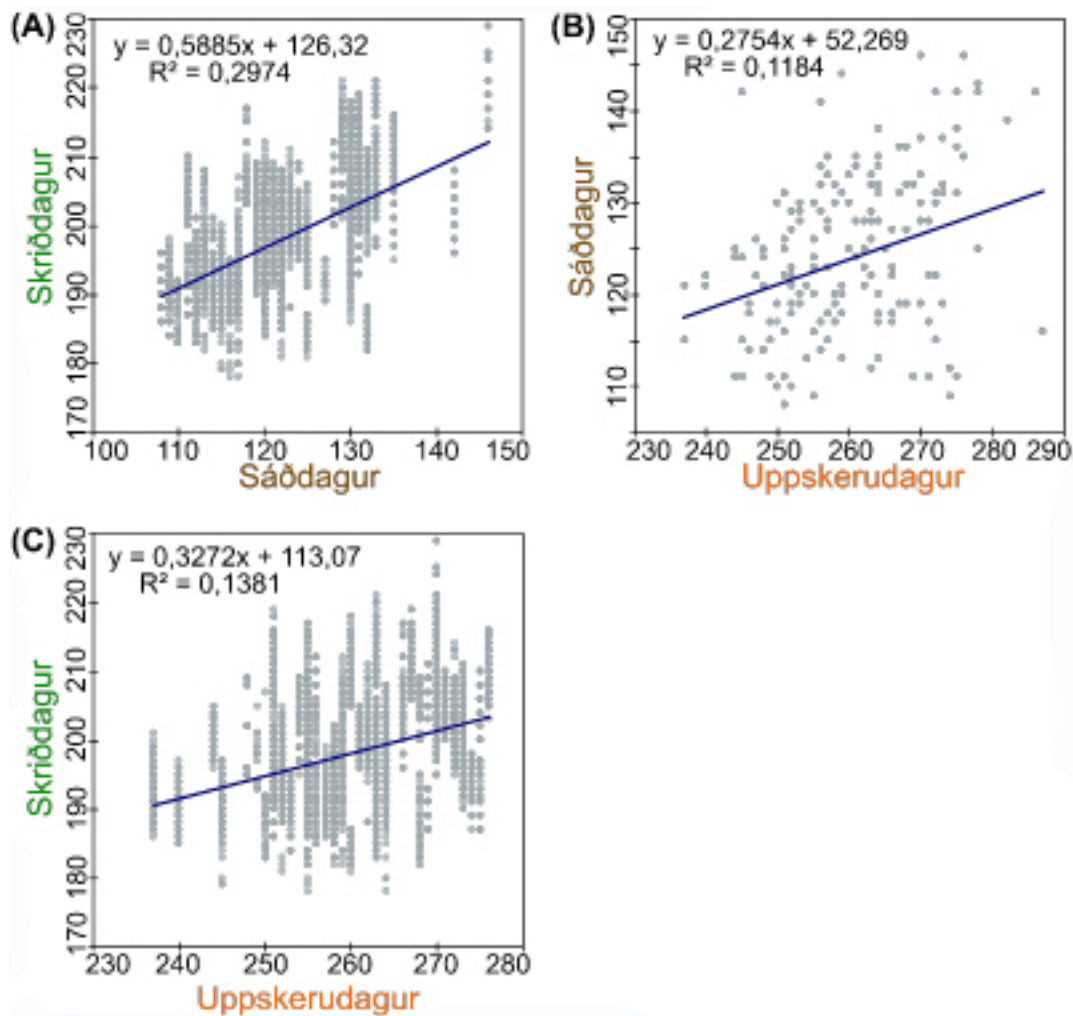
Mynd 10 Lengd vaxtartímabilsins á árunum 1987-2014. Boxplot sýna fjölda daga frá sáningu til uppskeru fyrir hvert ár fyrir sig (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

Tímabilið frá sáningu að uppskeru styttist um 0,23 daga að meðaltali á ári, var á bilinu 109 dagar á Sigríðarstöðum (SIG) árið 1999 til 171

dagur á Þorvaldseyri (ÞOR) árið 2002 (Mynd 10). Þurrefnisinnihald hefur hins vegar ekki breyst frá árinu 1996.



Mynd 11 Skriðdagur fyrir allar arfgerðir. (A) Boxplott sýna meðaltal for skriðdag fyrir allar arfgerðir (grænt), íslenskar arfgerðir (blátt) og erlendar arfgerðir (rautt). (B) Súluurit sýnir tíðnidreifingu gilda fyrir skriðdag (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).



Mynd 12 Fylgni milli sáðdags, skriðdags og uppskerudags. Samanburður á (A) sáðdegi og skriðdegi ($n=6039$), (B) sáðdegi og uppskerudegi ($n=12465$) og (C) skriðdegi og uppskerudegi ($n=6039$) (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

Samanturður á skriðdegi fyrir allar arfgerðir á öllum árum sýndi smávægilegan mun milli meðaltals fyrir íslenskar og erlendar arfgerðir (Mynd 11A), en breytileikinn var umtalsverður innan gagnasafnsins fyrir báða hópa (Mynd 11B).

Þegar skoðuð eru tengsl milli sáðdags, skriðdags og uppskerudags sést jákvæð fylgni (P

$< 0,0001$) milli allra daga en sterkust er fylgnin milli sáðdags og skriðdags ($r^2=0,30$), nokkuð lægri milli skriðdags og uppskerudags ($r^2=0,14$) og lægst milli sáðdags og uppskerudags ($r^2=0,12$) (Mynd 12).

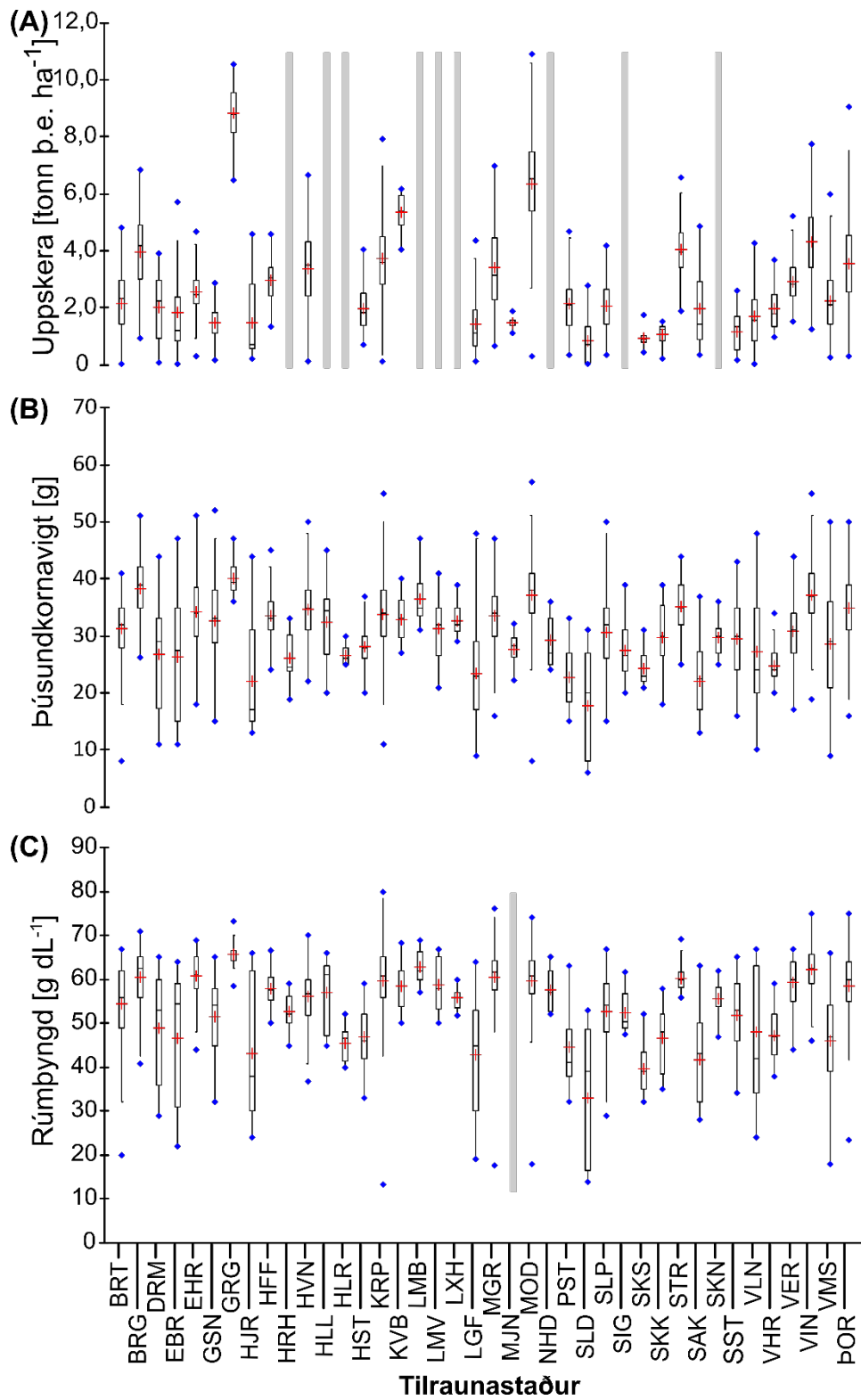
Uppskera, þúsundkornavigt og rúmþyngd

Uppskera var mæld fyrir 14072 reiti, þúsundkornavigt fyrir 14364 reiti og rúmþyngd fyrir 13949 reiti á tímabilinu 1987 til 2014. Meðaltöl fyrir allar arfgerðir fyrir hvern tilraunastað (Mynd 13) og fyrir hvert ár (Mynd 14) sýndu mikinn breytileika innan og á milli ára og tilraunastaða. Þegar horft var til tilraunastaða var hæsta miðgildi fyrir uppskeru 8,8 t/ha í Grundargerði (GRG), hæsta miðgildi fyrir þúsundkornavigt var 40,0 g á Korpu (KRP) en þar var einnig hæsta miðgildi fyrir rúmþyngd 66,7 g/dL. Lægsta miðgildi fyrir uppskeru var 0,72 t/ha í Selárdal (SLD), lægsta miðgildi fyrir þúsundkornavigt var 17 g á Hjartarstöðum (HJR) en þar var einnig lægsta miðgildi rúmþyngdar 38 g/dL (Myndir 13A-C).

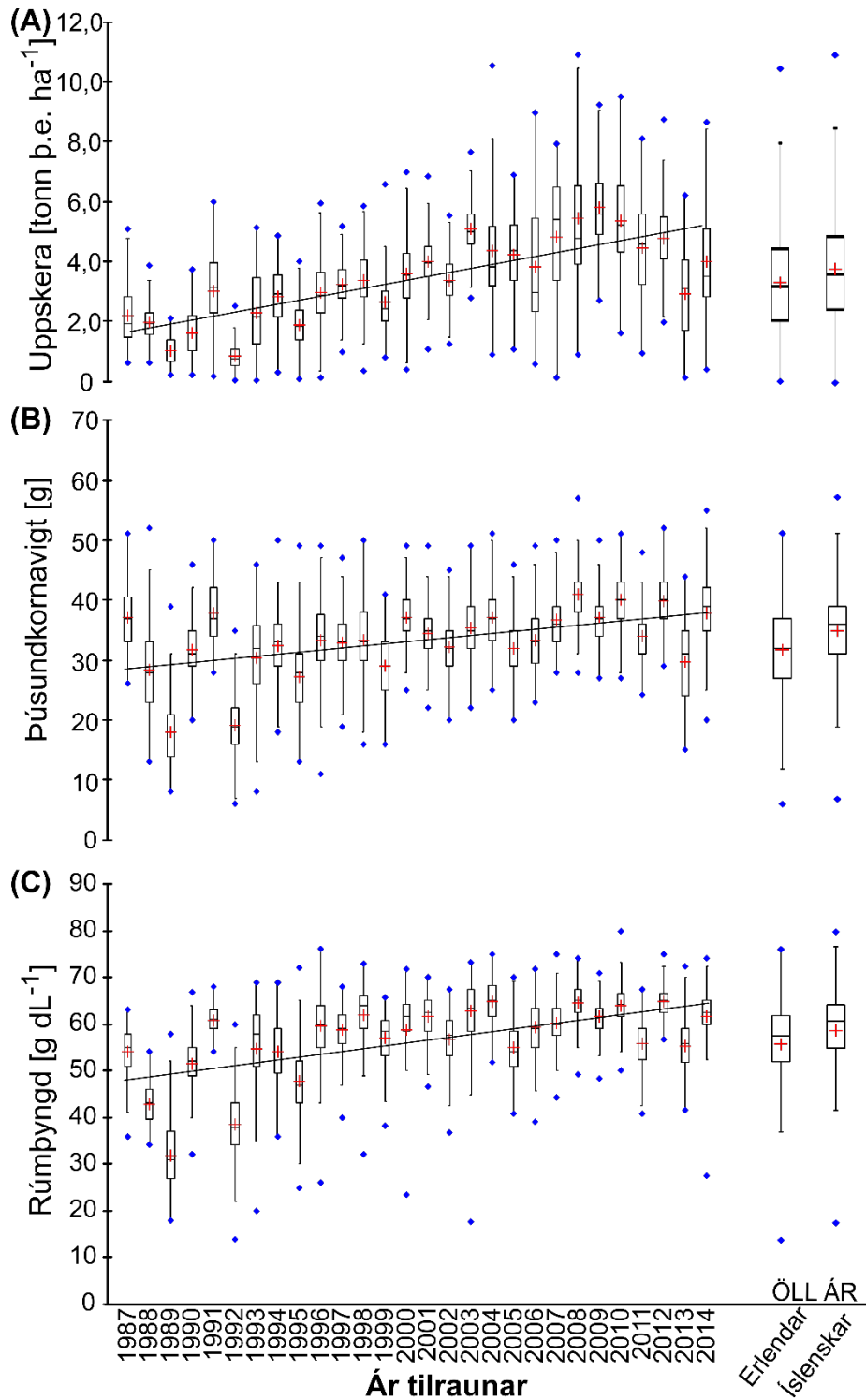
Þegar horft var til ára kom í ljós að meðaltöl fyrir allar þrjár mælingar hafa að jafnaði hækkað, þó hin síðari ár skeri sig þar aðeins úr. Uppskera hækkaði um 129 kg/ha á ári ($r^2=0,64$), þúsundkornavigt um 0,34 g á ári ($r^2=0,27$) og rúmþyngd um 0,59 g/dL á ári ($r^2=0,38$). Hæstu og lægstu miðgildi hvers árs fyrir alla staði voru 5,6 t/ha árið 2009 og 0,77 t/ha árið 1989 fyrir uppskeru, 41 g og 18 g fyrir þúsundkornavigt árin 2008 og 1989 og 65 g/dL og 31 g/dL fyrir rúmþyngd fyrir árin 2012 and 1989 (Mynd 14).

Samanburður á öllum þremur mælingum milli íslenskra og erlendra arfgerðar fyrir alla tilraunastaði og ár sýndi aðeins hærri meðaltöl fyrir íslensku línurnar. Miðgildin voru 3,2 og 3,6 t/ha fyrir uppskeru, 32 og 36 g fyrir þúsundkornavigt og 57,5 og 60,8 g/dL fyrir rúmþyngd fyrir erlendu og íslensku arfgerðirnar (Mynd 14). Ekki sást skýr munur milli íslensku og erlendu arfgerðanna, þó svo að breytileikinn virtist alltaf meiri fyrir íslensku arfgerðirnar en þær erlendu og meðaltölin alltaf aðeins hærri (Myndir 13 og 14).

Milli uppskeru, þúsundkornavigtar og rúmþyngdar sást í öllum tilfellum marktæk jákvæða fylgni ($P < 0,0001$), þar sem rúmþyngd og þúsundkornavigt sýndu mesta fylgni ($r^2=0,63$), næst kom fylgni milli uppskeru og rúmþyngdar ($r^2=0,31$) og að lokum milli uppskeru og þúsundkornavigtar ($r^2=0,29$) (Mynd 15).

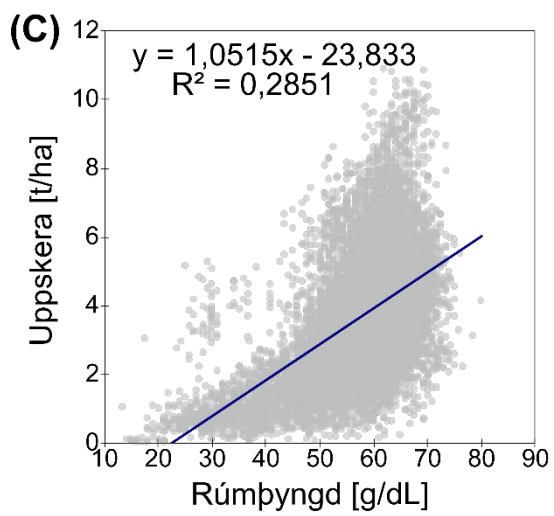
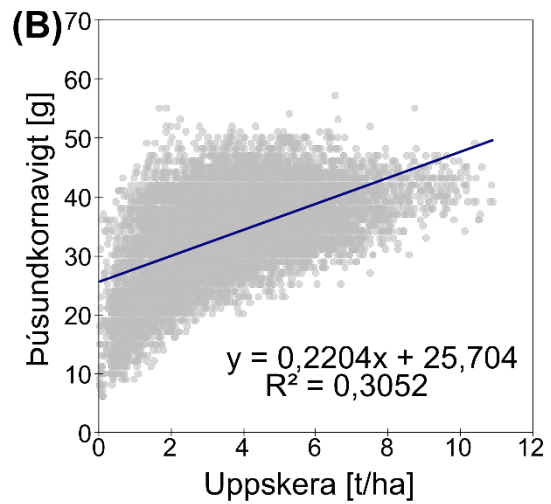
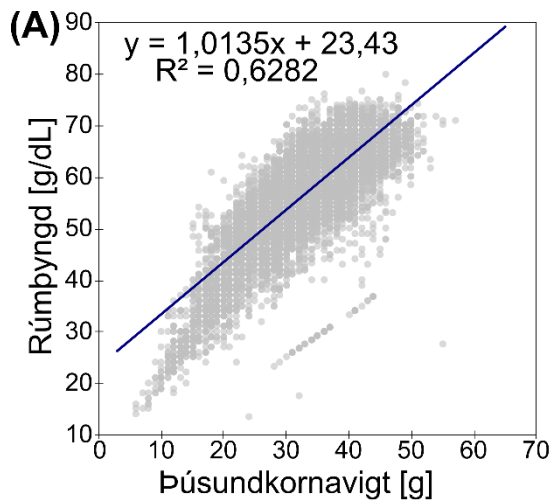


Mynd 13 Meðalgildi fyrir uppsæru, þúsundkornavigt og rúmþyngd fyrir tímabilið 1987-2014 á 40 prófunarstöðum. (A) Uppsæra fyrir öll ár og arfgerðir, (B) þúsundkornavigt fyrir öll ár og arfgerðir og (C) rúmþyngd fyrir öll ár og arfgerðir (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).



Mynd 14 Meðalgildi fyrir uppskeru, þúsundkornavigt og rúmþyngd á 40 tilraunastöðum fyrir tímabilið 1987-2014. (A)

Uppskera fyrir alla tilraunastaði og arfgerðir, (B) þúsundkornavigt fyrir alla tilraunastaði og arfgerðir og (C) rúmþyngd fyrir alla tilraunastaði og arfgerðir (Hilmarrsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).



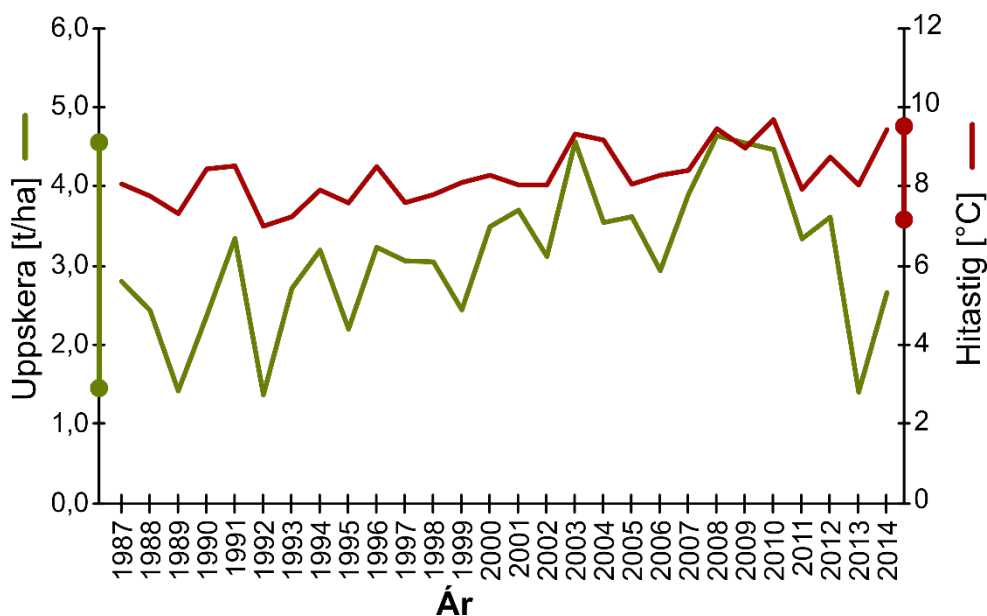
Mynd 15 Fylgni milli uppskeru, þúsundkornavigtar og rúmþyngdar. Fylgni milli (A) rúmþyngdar og þúsundkornavigtar, (B) uppskeru og þúsundkornavigtar og (C) uppskeru og rúmþyngdar (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

Tengsl veðurfars og uppskeru

Til að skoða tengsl milli breytinga á veðurfari og þeirrar aukningar sem sést í uppskeru yfir tíma var meðalhitastig vaxtartímabils í Stykkishólmi borið saman við meðaluppskeru. Samtals 314 arfgerðir voru notaðar til að reikna meðaltal úr samtals 10061 reitum frá 31 tilraunastað. Arfgerðir sem prófaðar voru að minnsta kosti tvö ár eða á tveimur mismunandi stöðum voru teknar með í greininguna. Meðaltalið var síðan

borið saman við meðalhitastig í Stykkishólmi fyrir meðalvaxtartímabilið, það er 4. maí til 17. september.

Meðalhitastig vaxtartímabilsins á Stykkishólmi sveiflaðist frá 7,6°C árið 1992 upp í 10,5°C árið 2010. Minnstu kvaðrata meðaltöl fyrir uppskeru og fyrir meðalhitastig vaxtartímabilsins (Mynd 16) sýndu jákvæða fylgni ($r^2=0,49$; $P = < 0,0001$).



Mynd 16 Meðaltöl fyrir uppskeru og ársmeðaltal hitastigs. Uppskeyra í t/ha á vinstri Y-ás (græn lína) og hitastig fyrir meðalvaxtartímabil í Stykkishólmi á hægri Y-ás (rauð lína) (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

Breytingar á vaxtartímabil og áhrif á uppskeru

Greinilegar breytingar hafa orðið á lengd vaxtartímabils en tímabilið frá sáningu til uppskeru er nú 6,3 dögum styttra en við upphaf þess tímabils sem skoðað var (Mynd 10). Þó svo bæði sáning og uppskera færast fram þá veða áhrif uppskerudags þyngst (Mynd 9). Styttra vaxtartímabil var ekki á kostnað uppskeru, þúsundkornavigtar eða rúmþyngdar en allar þessar breytur fara hækkandi eftir því sem líður á umrætt tímabil (Mynd 14). Þessi þróun er ólík því sem sést til dæmis í Finnlandi fyrir árin 1973-2003 þar sem vaxtartímabilið lengdist um 3,4 daga (Öfversten, Jauhiainen og Kangas, 2004) eða í norðurhluta Skotlands þar sem vaxtartímabilið lengdist um 31% á tímabilinu 1960-2003 (Reykdal o.fl., 2014).

Greining á fylgni á milli sáðdags, skriðdags og uppskerudags sýnir að sáðdagur hefur aðeins takmörkuð áhrif á skriðdag og uppskerudag

(Mynd 12). Erfitt er að fullyrða um hvaða aðrir umhverfisþættir hafa úrslitaáhrif en sýnt hefur verið fram á að hitastig á vaxtartímabilinu hefur stærstu áhrifin á uppskeru í Noregi (Lillemo, Reitan og Bjørnstad, 2010). Sterk jákvæð fylgni kom fram milli hitastigs á vaxtartímabilinu og uppskeru (Mynd 16), þar sem uppskeran fylgdi að mestu breytingum í hitastigi yfir vaxtartímann. Meðalhitastig dugði þó ekki til að útskýra lága uppskeru í öllum tilfellum, til dæmis ekki árin 2013 og 2014. Aðrir veðurþættir gætu þó verið þar að verki sem áhugavert væri að skoða betur. Mjög lágar uppskerutölur fyrir árið 2013 (Mynd 16) mætti einnig ef til vill skýra með því hve almennt var sáð seint það árið (Mynd 9).

Mikill breytileiki – meðferð útlaga

Í umræddu gagnasafni komu í nokkrum tilfellum fram gildi sem telja mætti víst að væru útlagar sem rétt hefði verið að fjarlægja úr gagnasafninu. Þrátt fyrir að þetta kæmi til tals var niðurstaðan að framkvæma greiningar með öllum gildum. Var þetta gert þar sem sá möguleiki var þrátt fyrir allt fyrir hendi að um væri að ræða raunverulegan líffræðilegan breytileiki í þeim efnivið sem prófaður var. Því hefði sú ákvörðun að sleppa þeim úr gagnasafninu leitt til vanmats á breytileika gagnasafnsins (Altman og Krzywinski, 2016). Sú ákvörðun var því tekin að í stað þess að eyða hugsanlegum útlögum væri réttara að leitast við að útskýra öfgagildi í gagnasafninu.

Meðal þess sem stakk í augu við greiningu gagnanna voru mjög háar uppskerutölur fyrir Grundargerði (GRG), en þar voru prófanir aðeins framkvæmdar árið 2004. Það ár var veðurfar almennt gott á norðanverðu landinu og má búast við því að miðgildi séu almennt há samanborið við aðra prófunarstaði þar sem miðgildi byggjast

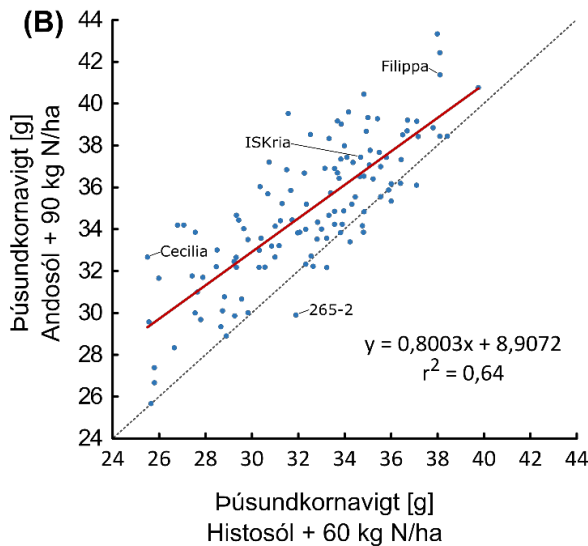
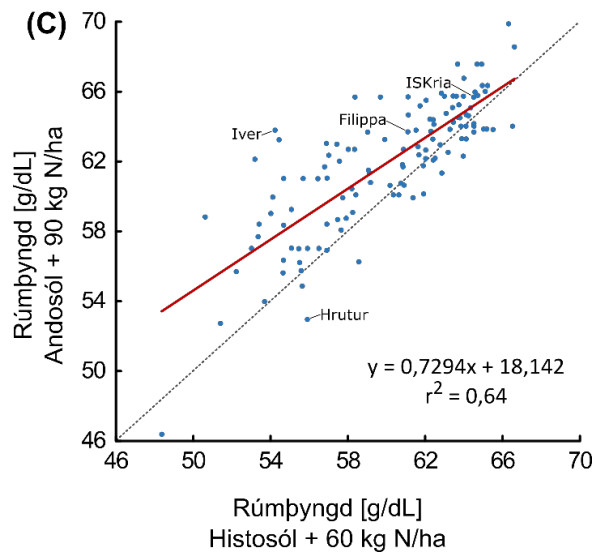
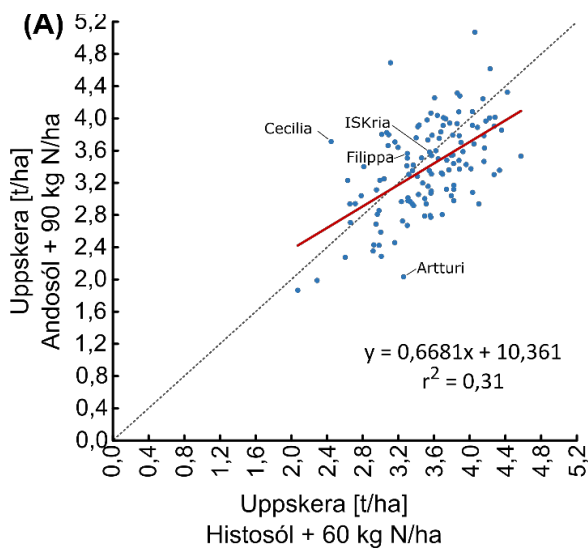
á fleiri árum. Þessi háu gildi mætti þó einnig hugsanlega skýra með „jaðaráhrifum“ (e. border effect) (Gomez, 1972) en þau koma fram þegar tilraunareitir eru jafn breiðir og sem nemur breidd skurðar við uppskeru með stígum milli reita. Í heitum sumrum með hæfilega úrkomu þá getur plantan nýtt umfram ljós meðfram stígum til ljóstillífunar og tekið upp vatn og næringu án samkeppni sem eykur uppskeru án samsvarandi aukningar á flatarmáli reitanna. Þessi áhrif gætu hugsanlega skýrt þau háu gildi sem sjást fyrir uppskeru í Grundargili (GRG) og jafnvel fyrir Möðruvelli (MOD) (sjá Mynd 13A). Þó svo að þessi áhrif myndu ekki hafa áhrif á samanburð arfgerða innan tilraunastaðs þá gætu þessi áhrif skýrt niðurstöður þess þegar mæld uppskera rís mikið í samanburði við þúsundkornavigt og rúmþyngd (Mynd 15). Þetta vandamál mætti leysa, að minnsta kosti að hluta til, með því að sá almennt í breiðari reiti og uppskera aðeins hluta af reitnum.

Áhrif jarðvegsgerðar á uppskeru

Íslenskir bændur rækta bygg í mismunandi jarðvegsgerðum og því er þekking á samspili jarðvegsgerðar, arfgerðar, uppskeru og þroska mikilvæg. Eins og áður hefur komið fram hafa prófanir á mismunandi arfgerðum byggs hérlandis staðið undanfarna áratugi með miklum fjölda prófana á tilraunastöð Landbúnaðarháskóla Íslands að Korpu en þar hafa farið fram prófanir frá árinu 1991. Einn af kostum tilraunalandsins

á Korpu er að þar má finna fjölbreyttar jarðvegsgerðir sem gerir mögulegan samanburð á áhrifum jarðvegs á vöxt plantna. Hafa prófanir byggrykja á mismunandi jarðvegsgerðum nú verið skoðaðar sérstaklega (Hilmarrsson, Göransson, Hallsson, Kristjánsdóttir og Hermannsson, 2017).

Á árunum 1996 til 2004 voru 18 prófanir sem framkvæmdar voru á Korpu til skoðunar. Samtals 1821 reitur var uppskorinn á tímabilinu, þar af



Mynd 17 Punktarit sem sýna samanburð á meðaltölum 124 arfgerða í mismunandi jarðvegsgerðum. (A) Uppskera í tonnum á hektara, (B) þúsundkornavigt í grömmum og (C) rúmþyngd í grömmum á dL (Hilmarrsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017)

837 á mel (andosól) og 984 á mýri (histosól). Ekki var alltaf sáð í alla reiti á sama tíma og uppskera fór heldur ekki alltaf fram á sama tíma. Aðeins bar á því að uppskorið væri fyrr af melnum. Vegna hærra hlutfalls af nýtanlegu köfnunarefni í mýrinni var notast við lægra áburðarmagn þar, 60 kg N/ha samanborið við 90 kg N/ha í reitunum á melnum.

Mæld var uppskera, þúsundkornavigt og rúmþyngd og sýndu niðurstöður að uppskera á mýrinni var 2,1–4,6 tonn/ha með miðgildi 3,6 og af melnum 1,9–5,1 tonn/ha með miðgildi 3,4. Þúsundkornavigtin var á bilinu 25,5–39,8 g í reitum á mýrinni með miðgildi 32,8 g en á melnum 25,7–43,3 g með miðgildi 34,5 g. Rúmþyngd var 48,4–66,6 g/dL í mýri með miðgildi 61,0 g/dL og 46,4–69,9 g/dL með miðgildi 62,7 g/dL í mel. Dreifni fyrir allar þrjár breytur var meiri í mýrarjarðvegi (Mynd 17) og niðurstöður sýndu marktækt samspil milli arfgerða og jarðvegsgerða fyrir uppskeru, þúsundkornavigt og rúmþyngd (Mynd 17).

Samanburður á uppskeru, þúsundkornavigt og rúmþyngd fyrir mismunandi arfgerðir í mýri og mel sýndi að mestur var breytileikinn í uppskeru ($r^2 = 0,31$) (Mynd 17A). Yrkið 'Artturi' gaf 62% meiri uppskeru á mýri en á mel, samanborið við

yrkið 'Cecilia' sem gaf 51% meiri uppskeru á mel en á mýri. Fylgni milli úrkomu og uppskeru í jarðvegsgerðunum tveimur var ekki marktækur yfir tímabilið.

Arfgerðirnar sýndu minni breytileika fyrir þúsundkornavigt ($r^2 = 0,64$) (Mynd 17B) og rúmþyngd ($r^2 = 0,64$) (Mynd 17C), en gæði kornsins voru almennt hærri á mel en á mýri (Mynd 17).

Sumar arfgerðir virtust „ónæmar“ fyrir jarðvegsgerð, að minnsta kosti hvað varðar áhrif á uppskeru, t.d. yrkið 'Filippa', sem gæti ef til vill útskýrt vinsældir þess meðal íslenskra bænda (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Það er einnig áhugavert að margar arfgerðanna skila þyngra korni á mel en á mýri.

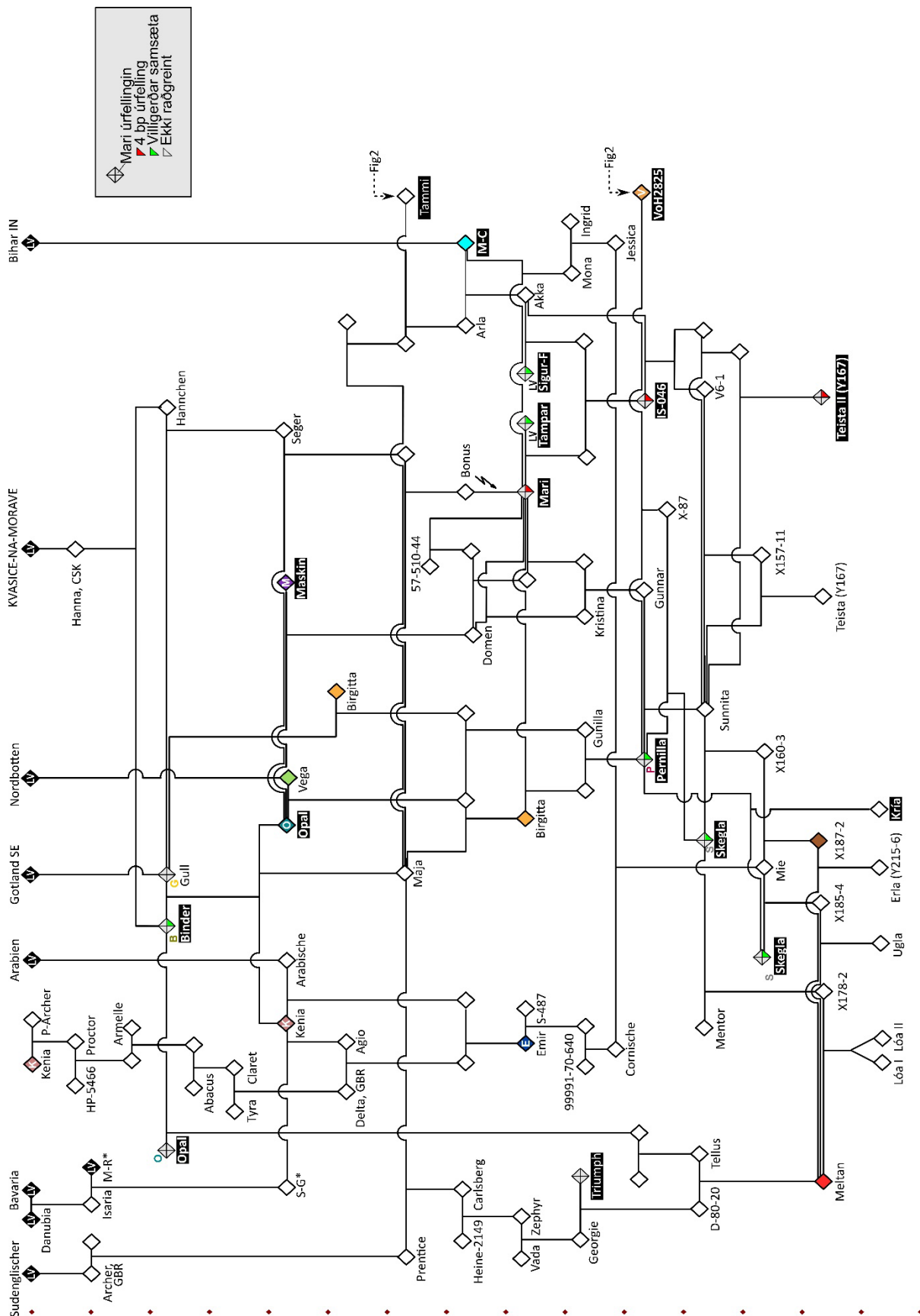
Þessar niðurstöður undirstrika mikilvægi þess að velja yrki af kostgæfni með bæði veður og jarðvegsgerð í huga en gefa líka ákveðnar vísendingar í þá átt að mikilvægt gæti verið að stunda kynbætur sérstaklega fyrir mismunandi jarðvegsgerðir. Niðurstöðurnar gætu nýst bændum sem hafa áhuga á lífrænni ræktun og/eða orðið vísir að kynbótum sérstaklega sniðnum að bændum sem kjósa að lágmarka áburðarnotkun.

Ættir íslenskra byggrykja

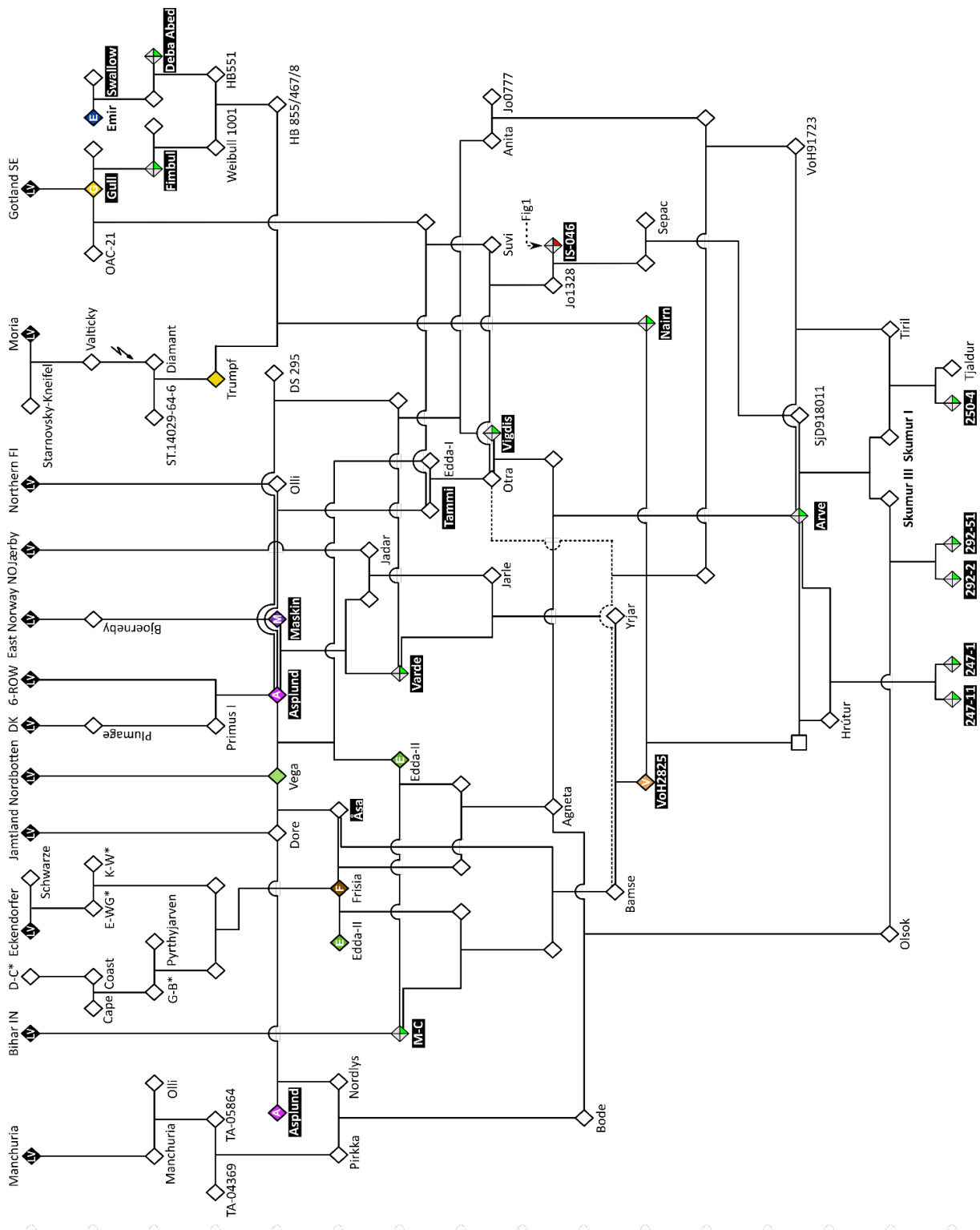
Eins og áður sagði hafa fjögur íslensk yrki komið á markað; það er 'Skegla' (árið 2002), 'Kría' (árið 2004), 'Lómur' (árið 2007) og 'Skúmur' (árið 2008). Fyrir áframhaldandi kynbætur er mikilvægt að skilja hvaða erfðapættir hafa áhrif á eiginleika þessara yrkja og hvaðan þeir eru upprunnir. Með þetta í huga höfum við rakið ættir íslensku byggrykjanna eins lang aftur og hægt er, í mörgum tilfellum aftur til svo kallaðra landrasa. Áhugavert er að sjá að þrátt fyrir að tveggja raða yrkin 'Skúmur' og 'Lómur' annars vegar og sex raða yrkin 'Skegla' og 'Kría' hins vegar eigi ekki margt sameiginlegt þá deila þau skyldleika við arfgerðina IS-046 sem sameiginlegum forföður, en IS-046 er kominn af 'Mari' × 'Tampar' og 'Sigur' × 'Akka' víxlun (Myndir 18 og 19).

Sænska yrkið 'Mari', sem kom fyrst á markað árið 1960 (Gustafsson, Hagberg, Persson og

Wiklund, 1971; Lundqvist, 2008), varð til sem afleiðing af geislun á yrkinu 'Bonus'. 'Mari' ber litla úrfellingu í *Mat-a* geninu, en afurð þess gens er vel þekktur þátttakandi í stjórn dægursveiflunnar í byggi en þessi úrfelling virðist gera yrkið „óháð daglengd“ (e. day length neutral), sem leiðir til snemtblómstrandi svipgerðar (Gustafsson o.fl., 1971; Zakhrabekova o.fl., 2012). Auk þess hefur 'Mari' sterkan stöngul sem minnkar líkur þess að plantan leggist (Gustafsson o.fl., 1971; Zakhrabekova o.fl., 2012). Þetta yrki var ræktað hérlandis fram á áttunda áratug síðustu aldar með takmörkuðum árangri en hefur síðan verið notað í víxlunum í íslenska kynbótaverkefninu og var í tilraunum til 1996.



Mynd 18 Ættartré íslenskra byggrækja – „vinstri hlið“. Yrki sem valin hafa verið til raðgreiningar á flýtigenum eru sýnd með hvítu lettri á svörtum bakgrunni. Yrki sem koma endurtekið fyrir í trénu eru merkt sérstaklega með bókstöfum.



Mynd 19 Ættartré íslenskra byggrjuka – „hægri hlið“. Yrki sem valin hafa verið til raðgreiningar á flýtingenum eru sýnd með hvítu lettri á svörtum bakgrunni. Yrki sem koma endurtekið fyrir í trénu eru merkt sérstaklega með bókstöfum.

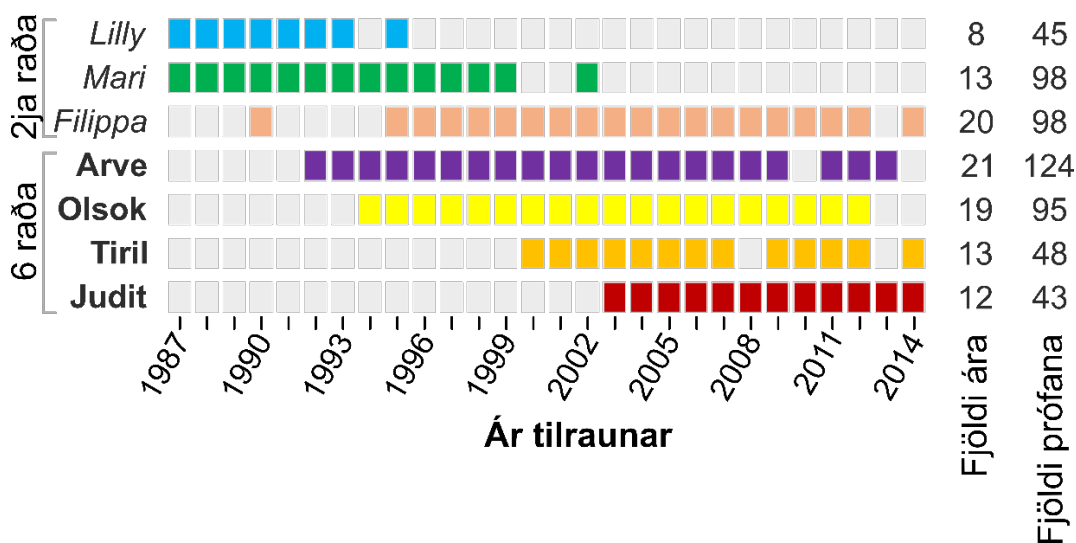
Áhrif kynbóta á uppskeru og gæði byggs

Byggyrkjaprófanir á árunum 1987-2014 benda til mögulegrar uppskeruaukningar með bættu vali yrkja. Í ritrýndri grein voru gögn fyrir tímabilið 1987-2014 greind, þar með talin gögn fyrir íslenskan kynbótaefnivið (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Aðalmarkmið þeirrar greinar var að lýsa hérlandum kynbótum og yrkjaprófunum og greina hugsanlegan mun milli íslenskra og erlendra arfgerða. Slík greining er mikilvægt skref í áframhaldandi kynbótum og yrkjaprófunum fyrir íslenskar aðstæður og munu vonandi færa íslenskum bændum þekkingarauka sem þeir geta nýtt við val á yrkjum.

Framfarir vegna kynbóta hafa verið metnar víða. Þannig sást 70% uppskeruaukning í ökrum norskra bænda á tímabilinu 1946 til 2008 (Lillemo o.fl., 2010). Um 40% aukning í uppskeru vegna

nýrra yrkja sást fyrir tímabilið 1880-1980 þegar framför var metin fyrir England og Wales (Riggst o.fl., 1981). Ortiz o.fl. (2002) greindu 13% og 34% erfðaframför í Norrænum byggyrkjum fyrir tveggja og sex raða yrki yfir sextíu ára tímabil. Til samanburðar þá sýndu niðurstöður frá Finnlandi fyrir árin 1920-1987 enga erfðaframför í uppskeru (Peltonen-Sainio og Karjalainen, 1991). Erfðaframfarir vegna kynbóta eru því í flestum tilfellum umtalsverðar en slíkt er þó ekki gefið og því mikilvægt að meta árangurinn með reglulegum hætti og ætti uppbygging framtíðar rannsókna að taka mið af því markmiði.

Kynbætur á íslenskum yrkjum hafa farið fram um tíma en elsta íslenska yrkið, 'Skegla', kom á markað árið 2002, eftir að hafa verið í prófunum frá 1995. Þó niðurstöður úr íslenskum yrkjaprófunum

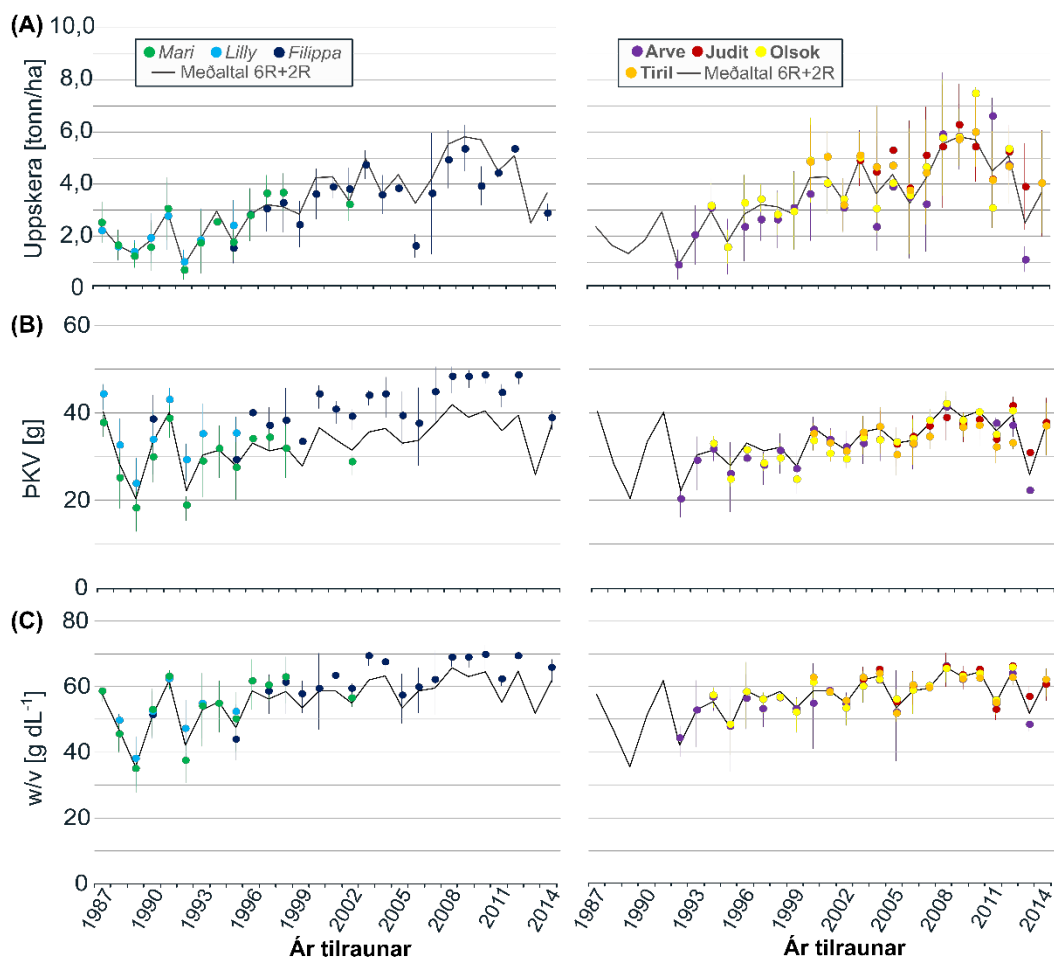


Mynd 20. Yfirlit yfir fjöldi prófana á staðalyrkjum yfir tímabilið. Staðalyrkjunum sjö er raðað upp eftir því hvaða ár þau voru fyrst notuð í tilraunum með upplýsingar um fjölda ára í tilraunum og hversu oft þau voru notuð í tilrauninum lengst til hægri á myndinni. Tveggja raða yrkin eru skáletruð en sex raða yrkin eru feitletruð.

hafi verið gefnar út árlega (Fjölrit RALA 1988-2004, Rit LbhÍ 2005-2015) og ítarlegt yfirlit allra prófana sé útgefið (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017) vantar enn samantekt á langtíma framförum í kynbótum. Til að sjá áhrif kynbóta á uppskeru og gæði byggs var því lagt mat á hlutfallslegan mun uppskeru, þúsundkornavigt og rúmþyngd milli tíu arfgerða sem prófaðar hafa verið í íslenska kornræktarverkefninu á árunum 1987-2014 og erlendra yrkja sem voru prófuð á Íslandi á sama tímabili.

Notast var við gögn frá árunum 1987-2014

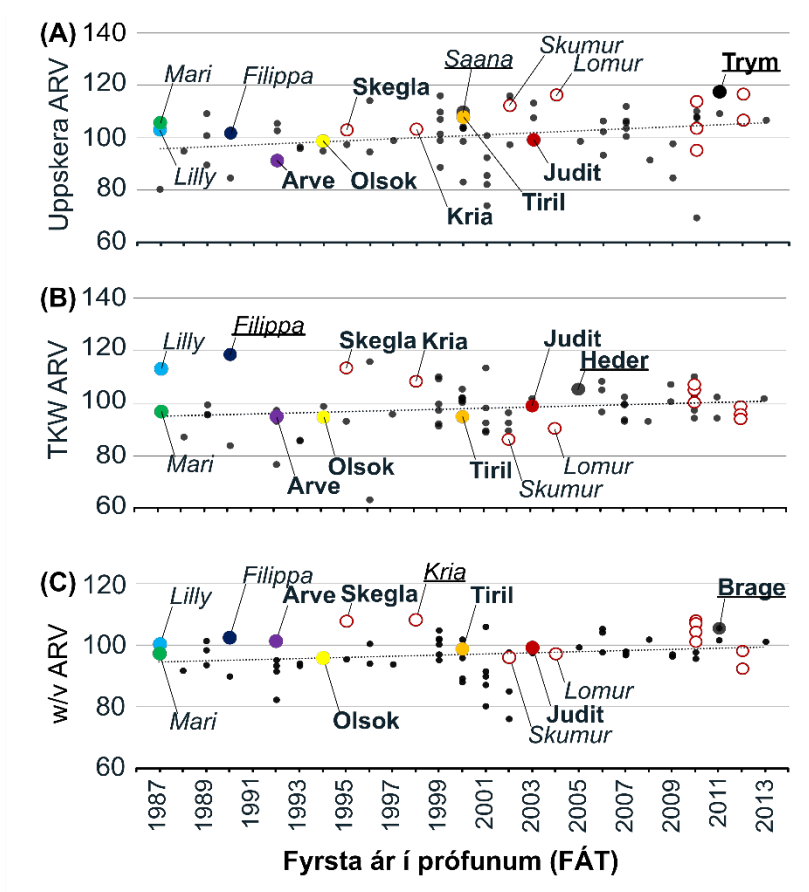
og greindar breyturnar uppskera (tonn þ.e. /ha), þúsundkornavigt (g), og rúmþyngd (g/dL). Þar sem ekkert yrki var notað á öllum tilraunastöðum á sama ári yfir tímabilið, né heldur á sama tilraunastað yfir allt tímabilið, voru sjö staðalyrki valin byggt á því hversu oft þau voru notuð og hvernig notkun þeirra skaraðist milli tilrauna. Niðurstaðan var sú að styðjast við norsku yrkin 'Lilly', 'Arve', 'Olsok' og 'Tiril' og sænsku yrkin 'Filippa', 'Mari' og 'Judit' (Mynd 20). Meðaltal og staðalfrávik staðalyrkjanna var fundið fyrir öll ár tilrauna á öllum tilraunastöðum fyrir breyturnar



Mynd 21. Meðaltöl fyrir uppskeru, þúsundkornavigt og rúmþyngd hjá staðalyrkjunum. (A) Meðaluppskera á öllum tilraunastöðum. (B) Meðal þúsundkornavigt á öllum tilraunastöðum. (C) Rúmþyngd staðalyrkjanna á öllum tilraunastöðum. Sex raða yrkin eru til vinstri og tveggja raða yrkin til hægri. Sýnd er staðalskekkja meðaltala.

Tafla 1. Gildi fyrir útreiknaða uppskeru allra yrkja og íslensku línanna.

Yrki	FÁT	Uppskera	ÞKV	RV	Yrki	FÁT	Uppskera	ÞKV	RV	
ARRA	1987	80,5	-	-	Edel	2001	92,5	88,8	89,8	
Lilly	1987	102,9	113,0	100,4	Elin	2001	101,0	89,5	80,1	
Mari	1987	105,9	96,7	97,4	Fager	2001	85,7	98,1	87,0	
Nord	1988	95,1	87,1	91,6	Verne	2001	82,3	92,3	91,5	
Gunilla	1989	100,9	99,2	101,3	Golden promise	2002	97,6	86,2	97,6	
Nairn	1989	89,8	95,6	93,4	Iver	2002	114,1	96,4	84,9	
Sunnita	1989	109,1	95,8	98,3	Nostra	2002	116,0	92,6	75,9	
Filippa	1990	101,8	118,5	102,5	Skúmur	2002	112,3	89,5	96,0	
Pernilla	1990	84,9	83,7	89,9	Judit	2003	99,4	99,1	99,2	
Arve	1992	91,4	95,0	95,0	Minna	2003	113,3	100,6	97,9	
Ripa	1992	102,6	94,6	101,3	Nina	2003	107,5	101,8	97,3	
Signe	1992	105,6	93,1	82,2	Lómur	2004	116,2	90,4	97,2	
Tyra	1992	91,7	97,2	93,1	Heder	2005	98,9	105,3	99,2	
Volmar	1992	91,7	76,7	91,4	Jyva	2006	106,4	96,5	105,2	
Bamse	1993	95,8	85,7	93,8	Minttu	2006	93,5	108,3	97,6	
Thule	1993	96,6	86,0	93,3	Mitja	2006	102,5	104,9	104,1	
Olsok	1994	98,8	94,5	96,0	Erkki	2007	100,6	99,5	97,2	
Olve	1994	95,1	98,8	96,8	Habil	2007	112,1	93,8	97,8	
Artturi	1995	97,4	93,2	95,3	Kunnari	2007	105,9	93,0	96,7	
Skegla	1995	103,0	113,3	107,8	Pilvi	2007	106,4	102,4	97,8	
Rolfi	1996	94,6	63,1	93,9	Voitto	2007	103,6	99,5	97,4	
Vanja	1996	114,2	115,8	100,5	Solbritt	2008	91,5	93,2	101,8	
Holger	1997	99,1	95,7	93,7	Olavi	2009	97,8	100,6	96,3	
Kría	1998	103,4	108,2	108,2	Polartop	2009	84,7	107,0	96,9	
Cecilia	1999	88,9	92,1	95,0	0559*	2010	95,4	105,2	108,0	
Gissur	1999	109,9	99,6	97,0	Smyrill*	2010	113,7	100,3	101,3	
Kinnan	1999	116,0	109,1	100,1	Valur*	2010	103,7	102,5	107,1	
Lavrans	1999	99,1	97,2	101,7	06-130*	2010	107,9	107,1	104,4	
Melt	1999	101,4	110,3	104,8	Elmeri	2010	105,2	102,9	101,2	
Ven	1999	107,1	91,3	101,9	Gudmund	2010	107,7	94,3	95,5	
Antto	2000	83,3	101,9	97,5	Vilgott	2010	69,8	110,1	102,6	
Gaute	2000	103,7	100,8	95,8	Wolmari	2010	110,3	97,3	97,5	
Majlis	2000	98,7	100,1	89,1	Brage	2011	109,3	94,3	105,5	
Rekyl	2000	103,8	105,2	101,9	Trym	2011	117,7	102,5	101,6	
Ruter	2000	104,2	101,6	88,0	292-2*	2012	116,5	98,8	98,0	
Saana	2000	109,7	102,0	98,7	292-51*	2012	106,8	93,8	92,2	
Tiril	2000	107,9	94,9	97,8	333-4*	2012	116,5	95,6	92,2	
Barbro	2001	74,3	113,3	106,0	Aukusti	2013	106,6	101,6	101,1	
							Meðaltal	101,17	98,07	97,11
							Max	117,7	118,5	108,2
							Min	69,8	63,1	75,9



Mynd 22. Gildi fyrir útreiknaða uppskeru, þúsundkornavigt og rúmþyngd hjá staðalyrkjunum og íslensku línunum. Staðalyrkin eru merkt eins og áður en íslensku yrkin eru sýnd sem opnir rauðir hringir. Arfgerðunum er raðað upp eftir fyrsta ári í tilraunum (FÁT). Þau yrki sem best koma út í hverjum lið fyrir sig eru undirstrikuð.

þrjár, til að sýna breytingu í gildum yfir tímabilið. Gildi fyrir meðaltal hlutfallslegrar uppskeru voru síðan reiknuð fyrir breyturnar þrjár eins og líst hefur verið í Lillemo o.fl. (2010) að viðbættari staðsetningu sem umhverfisþátt ásamt ári.

Miklar sveiflur sjást í uppskeru eftir bæði tilraunstöðum og árum (Mynd 21) (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Reiknuð voru gildi fyrir hlutfallslega uppskeru af arfgerðunum einungis þegar að minnsta kosti tvær af þeim voru prófaðar á sama stað á sama ári. Samtals voru ellefu íslenskar arfgerðir bornar saman við 65 erlend yrki. Gildi fyrir hverja arfgerð var svo sett upp í mynd þar sem arfgerðum var raðað eftir

fyrsta ári í tilraunum (FÁT) innan tímabilsins. Flestar arfgerðir komu fyrst í prófanir á tímabilinu en nokkrar eiga sér eldri sögu í tilraunum á Íslandi, t.d. 'Mari'.

Þau yrki sem best komu út í tilraununum þessi ár voru síðan borin saman við þau yrki sem mest voru flutt inn árið 2014 (www.mast.is), en innflutningur var hér notaður sem metill á ræktun með þeim fyrirvara að sáðkornsframleiðsla bænda ásamt öðrum þáttum gætu skekkt þann metil. Út frá útreikningum var framkvæmt mat á mögulegri uppskeru-aukningu bænda með bættu yrkjavali. Sex raða og tveggja raða yrki voru borin saman í sitthvoru lagi, fyrst og fremst

vegna þess að tveggjaraða bygg er helst ræktað Sunnanlands en sexraða bygg verður frekar fyrir valinu í öðrum landshlutum (Reykjal o.fl., 2014), ekki ólíkt því mynstri sem finna má annarsstaðar á Norðurlöndunum (Leino og Hagenblad, 2010).

Niðurstöður greininga sýndu að uppskera jókst almennt á tímabilinu 1987-2014 (Mynd 21). Ársmeðaltal staðalyrkjanna sem skoðuð voru sýndu mikinn breytileika sín á milli og milli ára, með uppskeru sem lægst var 1 tonn þurrefnis á hektara og fór yfir 7 tonn þ.e./ha, þúsundkornavigt var frá 20-50 g, rúmþyngd spannaði 40 g/dL til allt að 70 g/dL (Mynd 21). Staðalyrkin sjö voru ekki prófuð jafnoft; 'Judít' var prófuð sjaldnast eða 43 sinnum og 'Arve' oftast, 124 sinnum, 'Lilly' var prófuð í 8 ár, en 'Arve' í 21 ár (Mynd 20)

Uppskera hefur heilt yfir aukist í byggyrkjatilraununum síðan árið 1987 en þó með miklum árlegum sveiflum (Mynd 21). Líklegt má telja að aukning í uppskeru sé til komin vegna samspils umhverfisþátta, m.a. hlýnandi loftslags, og betra fyrirkomulags í ræktun en einnig erfðaframsvara (Mynd 22). Til að aðskilja áhrif kynbóta og umhverfisþátta var nauðsynlegt fyrir samanburðinn að velja nokkur staðalyrki, bæði vegna ósamræmis í gagnasafninu og vegna þess að ekki voru til niðurstöður um sömu yrki í öllum tilraunum yfir tímabilið. Sveiflur milli ára og milli tilraunastaða gerðu það nauðsynlegt að gildi fyrir útreiknaða uppskeru fyrir arfgerðir væru aðeins reiknaðar fyrir staðalyrkin í stað þess að nota landsmeðaltal fyrir hvert ár, því niðurstöður sýndu að breytileikinn sem sást milli staða var svipaður breytileikanum sem sást milli ára á sömu stöðum. Engu að síður virðist uppskeruaukning

hjá ræktunarlínunum og nýjum yrkjum samræmast fyrri niðurstöðum (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017).

Nokkra aukningu í raunuppskeru, þúsundkornavigt og/eða rúmþyngdar staðalyrkjanna yfir tímabilið má án efa útskýra með hlýnandi veðurfari á tímabilinu og bættri ræktunartækni. Hærri gildi fyrir alla þrjá eiginleikana sáust fyrir allar arfgerðirnar (Mynd 22) sem bendir til að náðst hafi árangur í kynbótum, bæði í íslenskum og erlendum yrkjum.

Pegar bornar eru saman upplýsingar um innflutt sáðkorn og þær niðurstöður sem kynntar eru hér, sést að allnokkrir möguleikar eru fyrir hendi til að auka uppskeru í ökrum bænda með breyttu vali yrkja. Uppskerutölur fyrir mörg af þeim yrkjum sem flutt eru inn eru mun lægri en fyrir þau yrki sem hæsta uppskeru gefa. 'Filippa' var það yrki sem mest var flutt inn af árið 2014 (fyrst í tilraunum á Íslandi 1990), en það gaf aðeins reiknað gildi uppá 101,8 í uppskeru. Aðrir þættir en væntanleg uppskera gætu þó útskýrt þessar vinsældir yrkisins, til dæmis há reiknuð þúsundkornavigt (118,5) (Myndir 21 og 22; Tafla 1). Stór korn einkenna almennt þau yrki sem hafa háa þúsundkornavigt, en það er mikilvæg svipgerð ef gæði uppskerunnar er metin út frá kornstærð einvörðungu. Beinar mælingar þarf til að meta kornstærð en það er erfitt á Íslandi vegna mikils breytileika í þurrefni. Annar þáttur sem getur haft áhrif á val á yrkjum er magn hálms, en á Íslandi er hálmur álíka verðmætur og kornið sjálft (Intellecta 2009) og einnig hlýtur stöðugleiki í uppskeru að skipta bændur miklu máli.

Við höfum áður sýnt fram á að norrænt

bygg skríður almennt fyrr og að uppskerutölur hafa hækkað töluvert (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017) og hér sýnum við fram á að uppskeran almennt hefur aukist hlutfallslega umfram uppskeru staðalyrkja sem bendir til þess að aukninguna megi rekja til kynbóta.

Frekari rannsókna er þörf til að komast að því hvað ræður gæðum kornsins svo auka megi verðmætasköpun af byggi á Íslandi. Við sýnum fram á að bændur gætu hugsanlega aukið uppskeru með því að velja önnur yrki en þau sem helst eru flutt inn. Það er mikilvægt að benda á að staðbundinn munur í frammistöðu yrkjanna gæti haft áhrif á val á yrkjum sem og samspil erfða og umhverfis sem nauðsynlegt er að rannsaka frekar í samræmdum tilraunum með stöðluðum yrkjum á nokkrum stöðum á landinu.

Flýtir í íslenskum og erlendum yrkjum og raðgreiningar á völdum flýtigenum

Niðurstöður sýna að skriðdagur íslenskra arfgerða er nokkru fyrr en erlendra arfgerða þegar niðurstöður eru skoðaðar fyrir öll ár og alla tilraunastaði (Mynd 11). Þær niðurstöður benda til þess að erfðafræðilegur breytileiki liggur til grundvallar en það gerir mögulegt að nýta kynbætur með aðstoð erfðamarka til að flýta öðrum yrkjum til aðlögunar að stuttu íslensku sumri. Til að skilja betur hvað stýrir flýti í íslenskum byggyrkjum hafa því íslenskar og erlendar arfgerðir verið raðgreindar í von um að þær varpa ljósi á það hvaða erfðabættir það eru sem liggja til grundvallar. Valin hafa verið til raðgreiningar genin *HvPpdH1*, *HvCEN* og *HvFT1*. Einnig var greindur erfðabreytileiki í í svo kölluðu

HvELF3 geni en þar liggur vel þekkt úrfelling sem meðal annars er talin útskýra flýti yrkisins Mari. Öll umrædd gen kom við sögu í stjórn blómgunar og eru í öllum tilfellum vel rannsökuð bæði í byggi og í öðrum plöntutegundum.

Niðurstöður raðgreininga hafa leitt í ljós að lítil breytileiki er í umræddum genum í íslenska efniviðnum og þeim arfgerðum sem notaðar hafa verið við kynbætur héraendis. Þó hafa fundist ákveðnar setraðir í *PpdH1* geninu sem sýna tengingu við flýti en tengslin eru á þessum tímapunkti óljós og krefst þetta frekari raðgreininga til að útskýra flýti íslensku yrkjanna með sameindaerfðafræðilegum hætti.

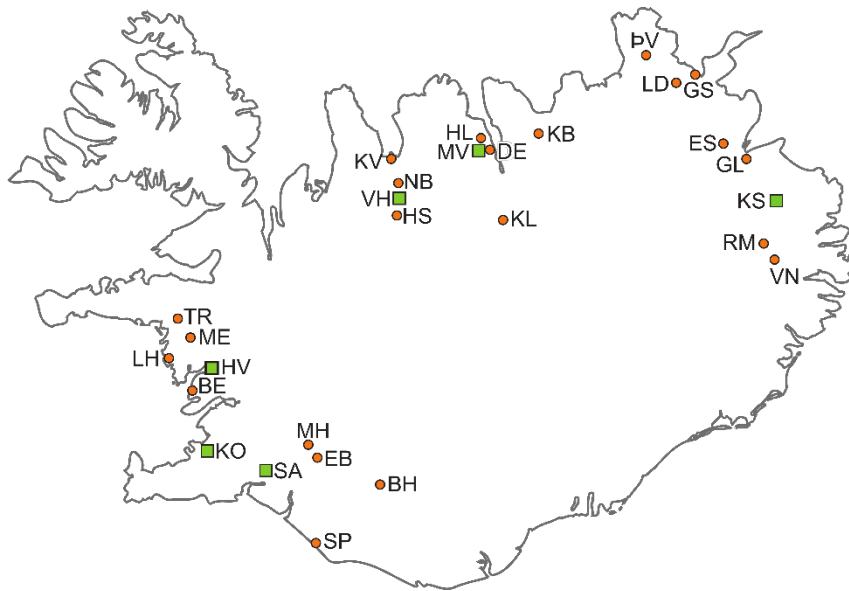
Sjúkdómar í íslenskri bygggrækt

Plöntusjúkdómar hafa mikil áhrif í landbúnaði bæði á magn og gæði uppskeru og er bygggrækt þar ekki undanskilin (Bebber og Gurr, 2015). Eftir því sem skilyrði til kornræktar batna á Íslandi og kornrækt eykst má búast við því að sýkingarálag aukist og að byggsjúkdómum hérlendis fjölgi (Hakala, Hannukkala, Huusela-Veistola, Jalli og Peltonen-Sainio, 2011). Við slíkar kringumstæður er mikilvægt að fylgjast náið með sjúkdómsálagi og fjölbreytileika sjúkdómsvalda svo bregðast megi við með breyttum vinnubrögðum, nýtingu sveppaeiturs og/eða með aukinni áherslu á kynbætur fyrir sjúkdómsþoli.

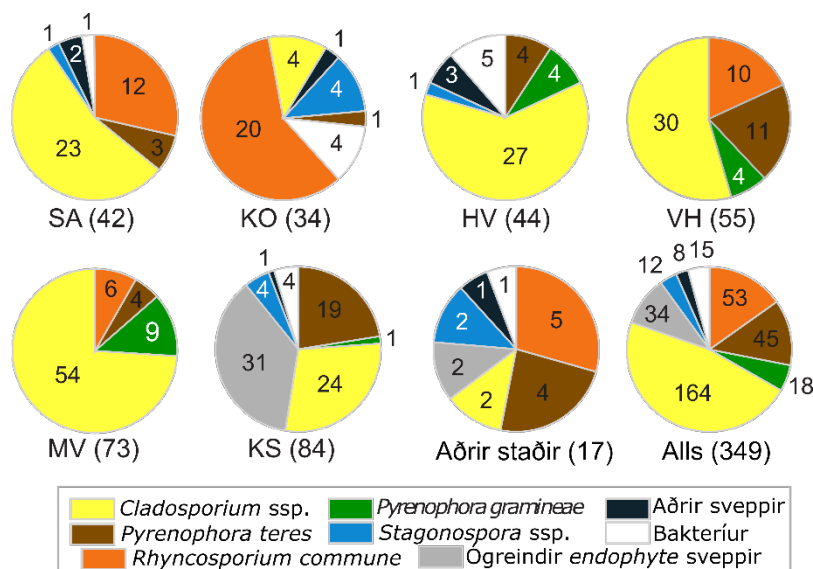
Fjöl mörgum aðferðum er beitt til að hafa stjórn

á sjúkdómum í bygggrækt. Skiptirækt er meðal annars notuð til að hindra útbreiðslu og viðgang plöntusjúkdóma með því að rjúfa hringrás smits og endursmits, en vel þekkt er að sjúkdómsvaldandi sveppir geta lifað í akri frá einu ræktunartímabili til þess næsta (Duczek, Sutherland, Reed, Bailey og Lafond, 1999). Notkun á sveppaeitri er víða mikilvægt tæki til stjórnunar á sjúkdómsálagi í bygggrækt auk fræhúðunar með sveppaeitri (Walters o.fl., 2012).

Lengi var talið að sveppurinn *R. commune* (áður kallaður *R. secalis* (Zaffarano, McDonald og Linde, 2011)), sem veldur augnflekki, væri eini sjúkdómsvaldurinn hérlendis sem haft gæti áhrif



Mynd 23 Yfirlit yfir sýnatökustaði við sjúkdómsgreiningar í byggi. Safnað var sýnum á eftirfarandi stöðum: BE: Belgsholt, KB: Kvíaból, BH: Birtingaholt, LD: Laxárdalur, DE: Dagverðareyri, LH: Laxárholt, EB: Efri-Brúnavellir, ME: Melur, ES: Einarstadir, MH: Miklaholt, GL: Grænílækur, MO: Möðruvellir, GS: Gunnarsstaðir, NB: Nautabú, HL: Hlaðir, RM: Refsmýri, HS: Hofsstadir, SP: Selpartur, HV: Hvanneyri, SA: Stóra-Ármót, KV: Keflavík, ÞV: Þverá, KL: Klauf, TR: Tröð, KS: Kleppjárnsstaðir, VN: Vallanes, KO: Korpa og VH: Vindheimar (Stefansson, Serenius og Hallsson, 2012).



Mynd 24 Niðurstöður tegundagreiningar á sveppum á byggi á mismunandi stöðum hérlendis. Staðirnir eru eftirfarandi: SA: Stóra-Ármót, KO: Korpa, HV: Hvanneyri, VH: Vindheimar, MO: Mödruvellir og KS: Kleppjárnsstaðir Undir flokkinn „Aðrir sveppir“ falla *Botryotinia fuckeliana*, *Didymella exitialis*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium avenaceum*, *Itersonilia perplexans* og *Microdochium nivale* (Stefansson, Serenius og Hallsson, 2012).

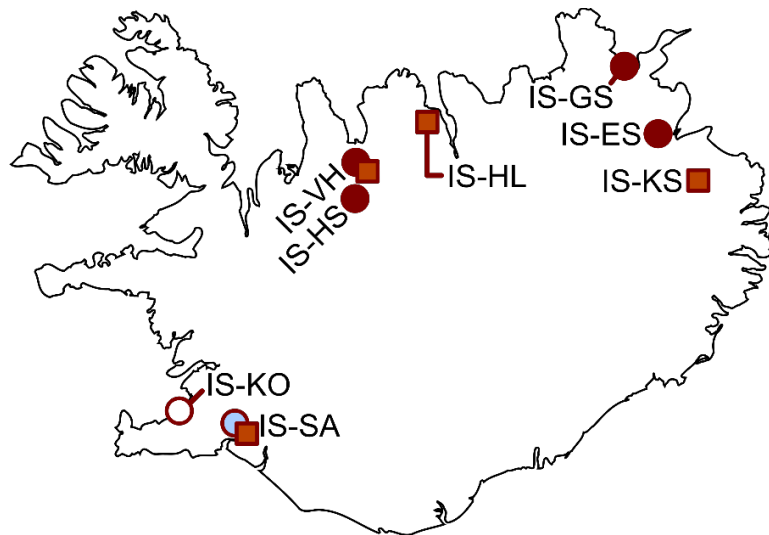
á afkomu bænda (Hermannsson og Sverrisson, 2003), án þess þó að fram hafi farið kerfisbundin greining á tegundafjölbreytni eða breytileika innan stofna. Prófanir með notkun sveppaeiturs sýndu 10-20% meiri uppskeru með uppskeruauka upp á 36% að hámarki (Hermannsson, 2004; Hermannsson og Sverrisson, 2003). Þrátt fyrir þetta hafa sjúkdómar ekki hlotið mikla athygli í rannsóknum eða kynbótum hérlendis og það þrátt fyrir að hér hafi þó fundist fjölmargir hugsanlegir sjúkdómsvaldar svo sem sveppirnir *Claviceps purpurea*, *Pyrenophora graminea*, *Erysiphe graminis*, *Pseudoseptoria stomaticola*, *R. commune*, *Ustilago hordei* og sveppurinn *Ustilago tritici* (Hallgrímsson og Eyjolfsdóttir, 2004).

Í Skandinavíu, en þaðan kemur fræ sem flutt er inn til Íslands, eru jafnframt fjölmargar tegundir sveppa sem valda alvarlegum sjúkdómum í byggi og geta valdið miklum afföllum í uppskeru. Meðal

þeirra sveppa sem leggjast á bygg í Skandinavíu má nefna tegundirnar *E. graminis*, *R. commune*, *U. hordei*, *P. graminea*, *Pyrenophora teres*, *Ustilago nuda*, *Puccinia hordei*, *Gaeumannomyces graminis*, *Fusarium* spp. og *Ramularia collo-cygni* (Emmerman, Gustafson, Heden, Sigvald og Wiik, 1988; Hofsvang og Heggen, 2005; Jalli, Laitinen og Latvala, 2011; Serenius, Mironenko og Manninen, 2005).

Til að greina sjúkdómsvaldandi sveppi í íslenskum byggökum með kerfisbundnum hætti var sýktum laufum safnað á 27 stöðum á Íslandi í ágúst 2007 (Mynd 23), sveppir af þeim ræktaðir og greindir með sameindaerfðafræðilegum aðferðum (Stefansson og Hallsson, 2011).

Niðurstöður tegundagreininga, sundurliðaðar eftir staðsetningu, eru mjög áhugaverðar ekki aðeins vegna þess fjölda tegunda sem greindust heldur einnig vegna þess mismunar sem sést milli



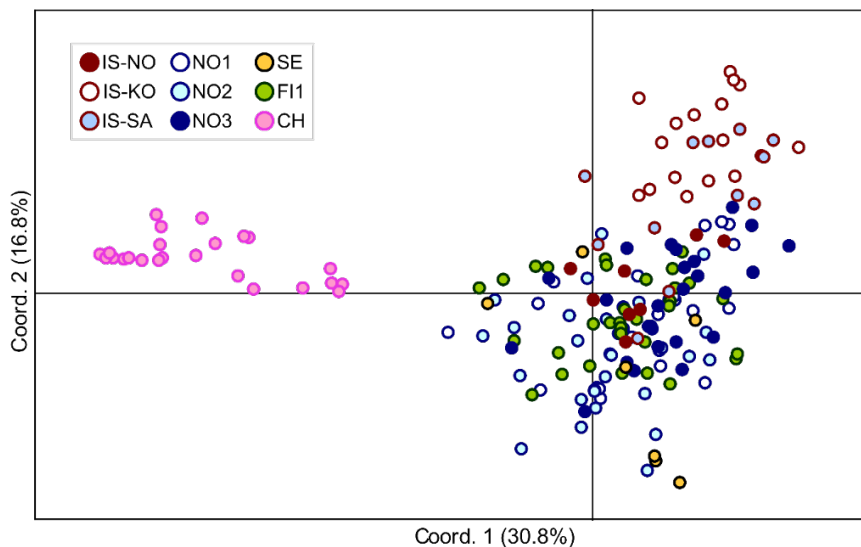
Mynd 25 Söfnunarstaðir *R. commune* og *P. teres* fyrir greiningu með erfðamörkum. (a) *R. commune* sýnum var safnað á sex stöðum, það er á Korpu (IS-KO), Stóra-Ármóti (IS-SA), Vindheimum (IS-VH), Einarsstöðum (IS-ES), Hofstöðum (IS-HS) og Gunnarsstöðum (IS-GS). *P. teres* sýnum var safnað á fjórum stöðum það er á Kleppjárnsstöðum (IS-KS), Stóra-Ármóti (IS-SA), Vindheimum (IS-VH) og Hlöðum (IS-HL). Sýnatökustaðir *R. commune* eru sýndir sem hringir en *P. teres* sem kassar.

staða (Mynd 24) (Stefansson og Hallsson, 2011). Yfir tíu tegundir sveppa greindust í sýnunum, þar af voru 59% *Cladosporium* tegundir, 19% voru *R. commune* og 16% voru *P. teres f. teres*. Aðrar sveppategundir sem greindust voru t.d. *P. graminea* (18 sýni), *Stagonospora* tegundir (12 sýni ekki greind til tegunda), *Botryotinia fuckeliana* (3 sýni), *Epicoccum nigrum* (2 sýni) og eitt sýni af tegundunum *Microdochium nivale*, *Fusarium avenaceum*, *Didymella exitialis* og *Itersonilia perplexans*. Auk þess reyndust sveppir í nokkrum tilfellum ógreinanlegir til tegundar með þeim aðferðum sem hér var beitt.

Af þeim sveppategundum sem greindust voru tveir valdir til frekari rannsókna, það eru *R. commune* og *P. teres f. teres*. Stofnar þessara tveggja tegunda hafa verið rannsakaðir um allan heim og rannsóknir í flestum tilfellum sýnt mikinn erfðafjölbreytileika (Arabi, Jawhar og Al-Shehadah, 2008; von Korff, Udupa, Yahyaoui

og Baum, 2004; Leisova, Minarikova, Kucera og Ovesna, 2005; Peltonen, Jalli, Kammiovirta og Karjalainen, 1996; Rostoks o.fl., 2002; Serenius o.fl., 2005).

R. commune veldur augnflekk (á ensku kallað ýmist „scald“ eða „leaf blotch“) og finnst á öllum helstu bygggræktarsvæðum heims en er sérstaklegar skæður á köldum og rökum svæðum þar sem laufblöð haldast lengi rök (Shipton, Boyd og Ali, 1974). Þessi sveppur hefur að því er virðist þrjár megin sýkingaleiðir; hann getur lifað af veturinn í akrinum, t.d. á plöntuleifum og sýkt þannig næstu kynslóð, hann getur myndað gró sem berast milli plantna og í þriðja lagi getur sveppurinn borist langar leiðir með fræi (Fontaine, Shaw, Ward og Fraaije, 2010). *Pyrenophora teres f. teres* er vel þekktur skaðvaldur í bygggrækt (Jorgensen, 1977) og sjást ummerki hans oftast á laufi plöntunnar en getur einnig komið fram á blómum og korni. *P. teres* sýkir fræ en getur, líkt og *R. communis*,



Mynd 26 Niðurstöður PCA greining á niðurstöðum örtunglagreininga á safni *R. commune*. Íslensku sýnunum er skipt niður í þrjá hópa: NO er norður, KO er Korpa og SA er Stóra-Ármót. Þrjár stofnar komu frá Noregi (NO1-3), einn frá Svíþjóð (SE), einn frá Finnlandi (FI1) og einn frá Sviss (CH).

einnig lifað af veturinn á plöntuleifum og/eða öðrum plöntum (Jordan, 1981).

Þrjátíu og sjö íslensk *R. commune* sýni voru greind með örtunglum, þar af sautján sýni frá Korpu (IS-KO), tólf frá Stóra-Ármóti (IS-SA), fimm frá Vindheimum (IS-VH) og eitt frá Einarsstöðum (IS-ES), Höfstöðum (IS-HS) og Gunnarsstöðum (IS-GS) (Mynd 25). Til samanburðar voru greind samtals 176 sýni af sex evrópskum stofnum. Sýnin voru greind með fjórtán örtunglum sem áður höfðu verið þróuð til slíkra greininga (Linde, Zala og McDonald, 2005). Mikill erfðabreytileiki fannst í öllum stofnum þrátt fyrir að fyrirfram hefði mátt búast við litlum breytileika í íslenskum stofnunum sökum fjarlægðar frá meginlandi og stuttra ræktunarsögu héraendis. Mestur var erfðafjölbreytileikinn í Finnlandi og Noregi, en þar á eftir komu stofnar frá Svíþjóð og Íslandi; lægstur var breytileikinn í stofni frá Sviss (Stefansson, Serenius og Hallsson, 2012). Íslenski stofninn er aðgreinanlegur

frá skandinavísku stofnunum með aðeins smávægilega skörun milli hópa. Niðurstöðurnar benda jafnframt til þess að hugsanlega sé um að ræða undirstofna héraendis.

Til að greina breytileika innan *P. teres* stofnsins voru valin samtals 26 sýni sem greind voru með AFLP greiningu. Þar af voru sautján sýni frá Kleppjárnsstöðum (IS-KS), fimm sýni frá Stóra-Ármóti (IS-SA), þrjú sýni frá Vindheimum (IS-VH) og eitt sýni frá Hlöðum (IS-HL) (Mynd 26). Til samanburðar voru sýni frá Finnlandi (Serenius o.fl., 2005) og Rússlandi (Serenius, Manninen, Wallwork og Williams, 2007). Greiningarnar sýna umtalsverðan mun milli stofna með aðeins smávægilegri skörun milli íslensku og finnsku stofnanna (Stefansson o.fl., 2012).

Áður en reynt er að skýra þann breytileika sem sést meðal sveppastofna héraendis þá er mikilvægt að hafa í huga að stutt er síðan byrjað var að rækta bygg héraendis og að ræktunin er ekki umtalsverð, það mætti því eins og áður sagði búast við því fyrir

fram að hérlendis væri almennt lítill breytileiki innan þessara stofna.  a er vert að hafa í huga að flutningur smits yfir langar vegalengdir fylgir í flestum tilfellum fr ei (Jordan, 1981; Lee, Tewari og Turkington, 1999; Linde, Zala og McDonald, 2009) og að mest af því fr ei sem flutt er til Íslands kemur frá Skandinavíu. Auk þess að búast fyrir fram við litlum breytileiki hérlendis  a mætti helst búast við skyldleika við skandinaviska sveppastofna. Tv er skýringar hafa  o verið settar fram til að skýra  a mynd sem s st af stofngerð þessara tveggja mikilvægu sjúkdómsvaldandi sveppa.  nnur hugmyndin er s u að umr ddir sveppir hefðu getað lifað h r   plöntutegundum öðrum en byggji yfir það tímabil þegar bygg var ekki ræktað hérlendis, en þessi hugmynd er studd þeirri staðreynd að hérlendis finnast ýmsar tegundir sem gætu gegnt hlutverki h sils fyrir umr dda sveppi (Brown, Steffenson og Webster, 1993; Connors, 1967; Foister, 1961; Ginns, 1986; Grand, 1985; M kel , 1972; Pennycook, Young, Fletcher og Fry, 1989; Richardson, 1990; Sprague, 1950). Hin hugsanlega skýringin er s u að grunnurinn hafi verið lagður að þessum stofnum með innflutningi byggs við upphaf ræktunar h r   fyrri hluta síðustu aldar en hingað til lands voru flutt inn yrki v svegar að (Rit landb na ardeildar B-flokkur nr. 1 1946, bls. 53-57).

Niðurstöður greininga   *R. commune* og *P. teres* benda til þess að uppruna íslenskra sveppa sé ekki hægt að útskýra með nýlegum innflutningi frá Skandinavíu (Stefansson o.fl., 2012)  r tt fyrir að þaðan komi mest allt sáðkorn sem notað er hérlendis (Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., 2017). Þetta undirstrikar annars vegar

hversu vel hefur tekist til við að hemja flutning sjúkdómsvaldandi sveppa með s  korni en undirstrikar einnig mikilvægi þess að skoða vel erfðafjölbreytileika sjúkdómsvaldandi sveppa áður en hafist er handa við kynbætur nytjaplantna fyrir auknu sj kd ms oli enda er mikilvægt að kynbætur s u sni nar að þeim erfðafjölbreytileika sem fyrir er   r ktunarsv  inu. S  spurning hlýtur  v i að vakna hvort samsætur sem best reynast   Norðurlöndunum virki jafnvel hérlendis, en það hefur í raun ekki verið prófað með skipulögðum hætti fyrir enn árið 2018 (sem hluti af samnorr enu rannsóknarverkefni um byggsj kd ma, PPP - Combining knowledge from field and laboratory for pre-breeding in spring barley).

Þrátt fyrir að prófanir við íslenskar aðstæður hafi sýnt umtalsverða aukningu   uppskeru þegar sveppaeitri var beitt til að haldi niðri sveppasmiti (Hermannsson og Sverrisson, 2003)  a hefur þeirri aðferð ekki verið beitt hérlendis að sama marki og   nágrannalöndunum.  ar er  v i m guleiki til sj kd msvarna,  o svo að   un með eiturefnum s  hvorki einföld eða  brig ul aðferð og ókostirnir ýmsir meðal annars aukning    olnum sveppastofnum (Chen og Zhou, 2009; Menzies, 2008). Niðurstöður hafa endurtekið sýnt að aukin notkun varnarefna leiðir til aukinnar tíðni  ols; sérstaklega þegar um er að r  a stofna með mikla aðlögunarhæfni, en aðlögunarhæfni eykst til dæmis með stuttu kynsl  abili og aukinni stærð stofna (McDonald og Linde, 2002a, 2002b) en hvort tveggja einkennir   flestum tilfellum sveppastofna sem valda sjúkdómum hjá nytjapl ntum.

Bygg til bænda – niðurstöður yrkjatilrauna 2017

Vorið 2017 var farið af stað með að fjölga tilraunastöðum og sá til helstu yrkja á markaði auk fremstu kynbótalína sem Jónatan Hermannsson þróaði og ánaðnaði stofnuninni eftir starfslok.

Sáð var á átta stöðum í öllum landshlutum að undanskildum Vestfjörðum. Ekki þótti tilefni til þess að uppskera tilraunina að Hálsi í Kaldakinn þar sem met rigningar snemmsumars drekkti tilrauninni og skolaði burt áburði. Engin arfgerð sýndi þol gagnvart þeim aðstæðum sem þar sköpuðust. Í töflu 2 eru staðsetningar tilraunanna útlistaðar ásamt upplýsingum um dagsetningar og áburð.

Samstarfsaðilar eru fjölmargir í svona víðamiklum tilraunum og varla unnt að nefna þá alla hér.

Allstaðar var sáð með Oyjord reitasáðvél, framleidda af Wintersteiger 1982, og uppskorið

með Wintersteiger reitaþreskivél, framleidda 1998. Hálmur var veginn í bala á gólfvog úr einni endurtekningu af þremur.

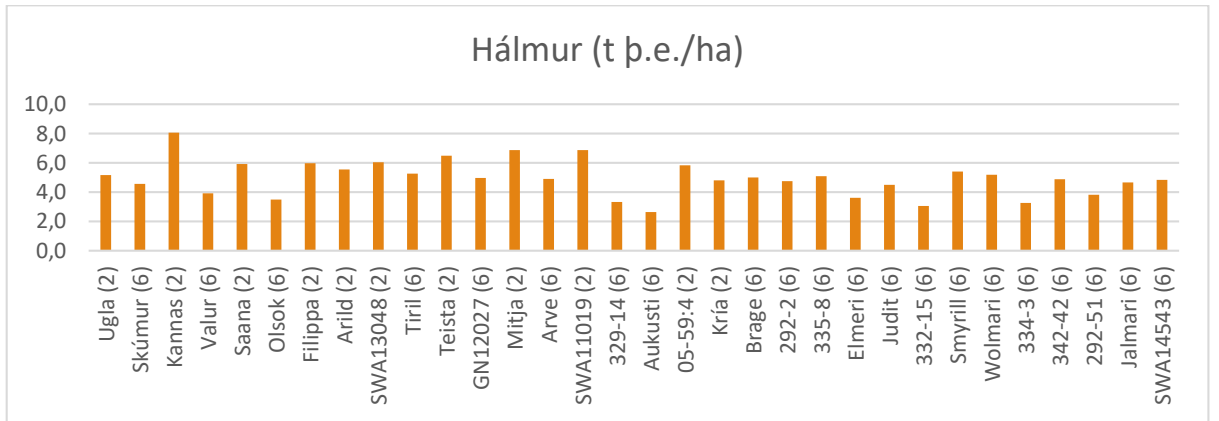
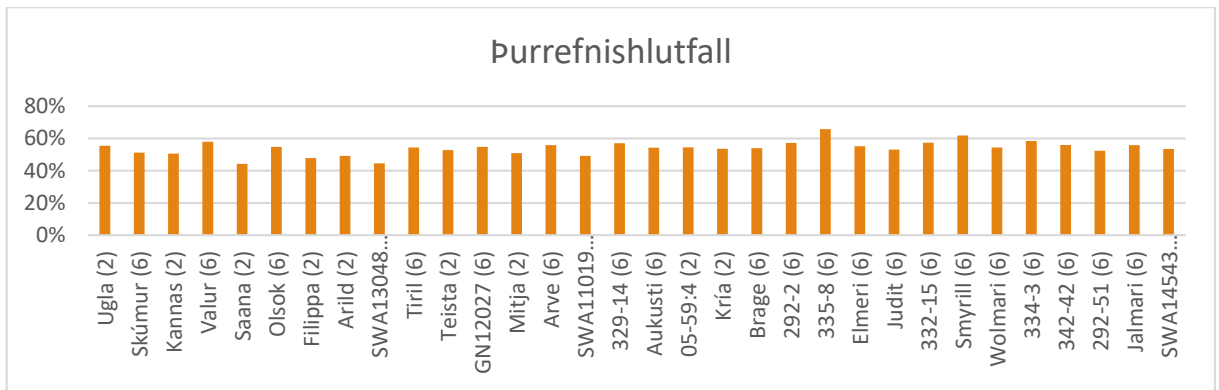
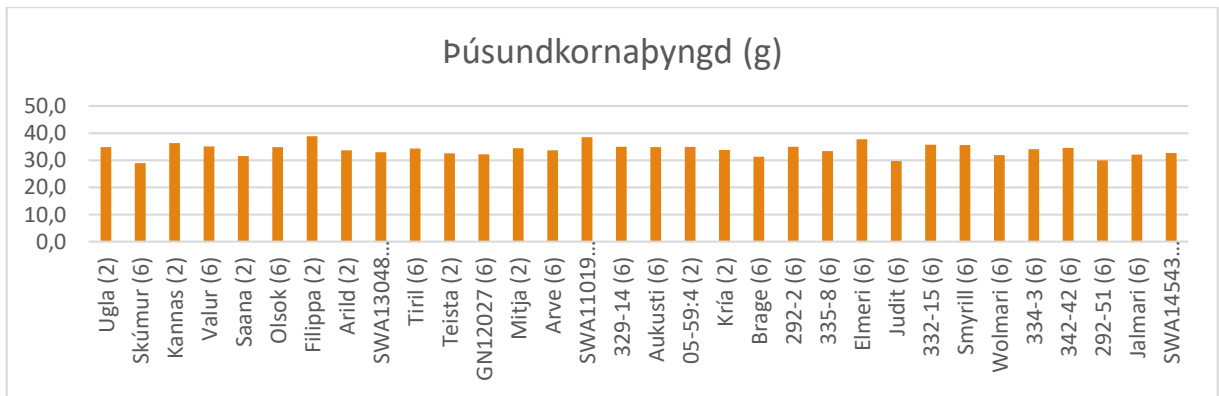
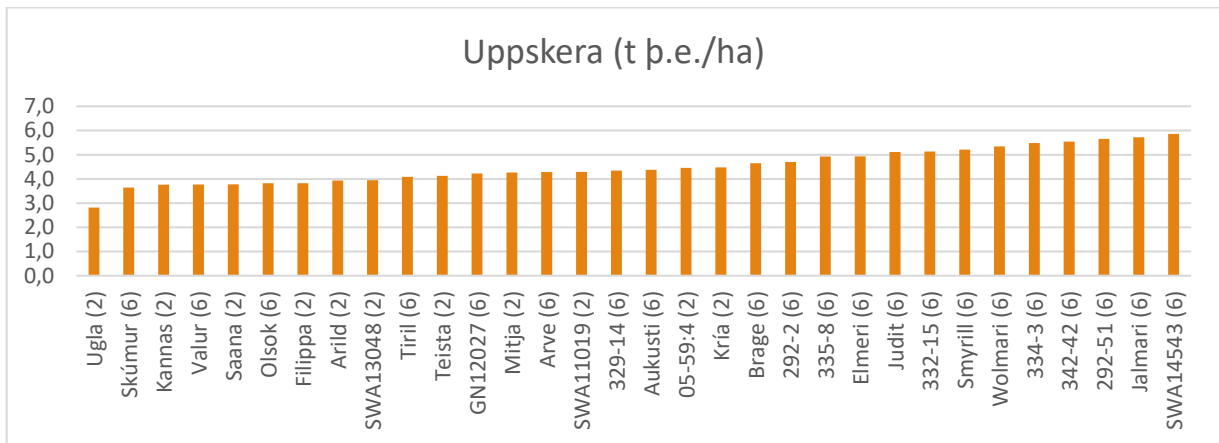
Niðurstöður sýndu að engin fylgni var á milli hæðar byggplantnanna og uppskerumagns hálms og því ekki hægt að velja yrki út frá hæð í von um mikinn hálm. Stubblengd við skurð var um 10 cm og því náðist mikill hálmur í vigtunina. Hversu vel gengur að ná miklum hálmi úr stuttum arfgerðum í akri skal ósagt látið hér.

Í niðurstöðum eru kynbótalínurnar 06-72:1 og 06-120:11 nefndar Smyrill og Valur, en þeirra er að vænta á markað sem fullgild yrki árið 2020. Arfgerðunum Teistu, Uglu og Skúmi var sáð til af heimaræktuðu korni og þær spíruðu ekki til jafns við aðrar arfgerðir í tilrauninni. Uglu og Skúmur verða ekki á markaði í framtíðinni en vonir standa til að Teista komi á markað 2022.

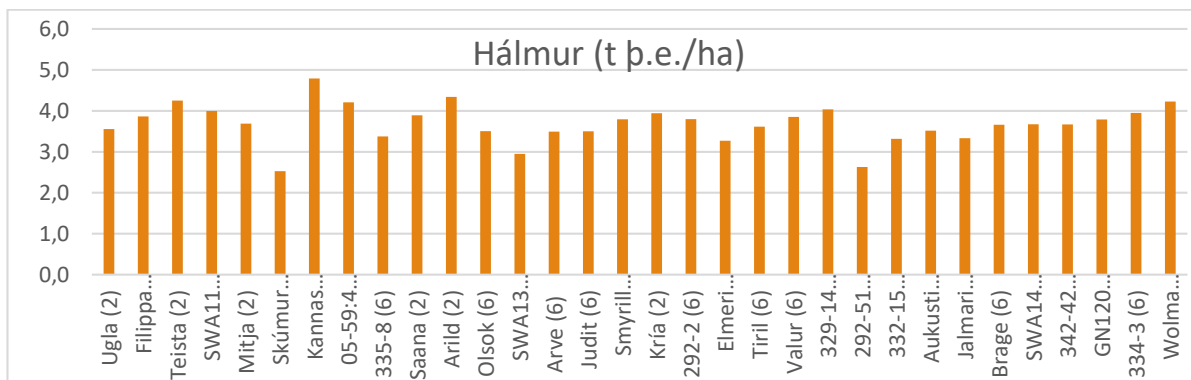
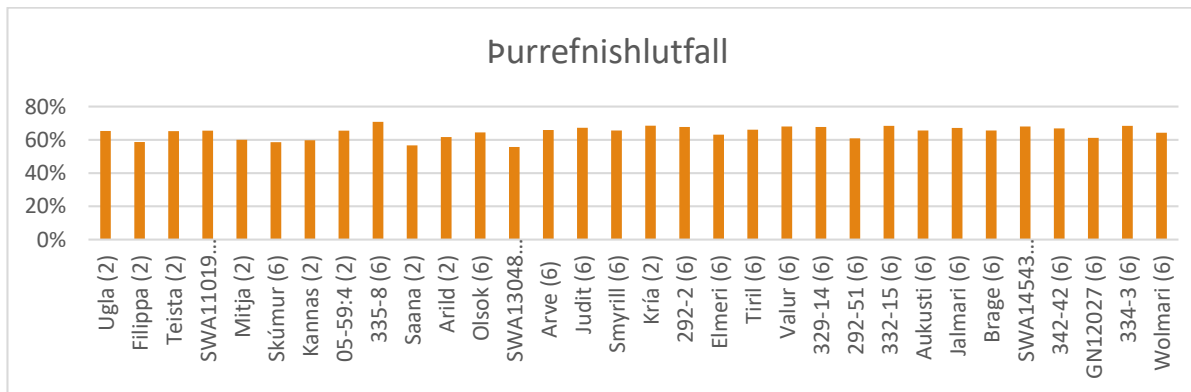
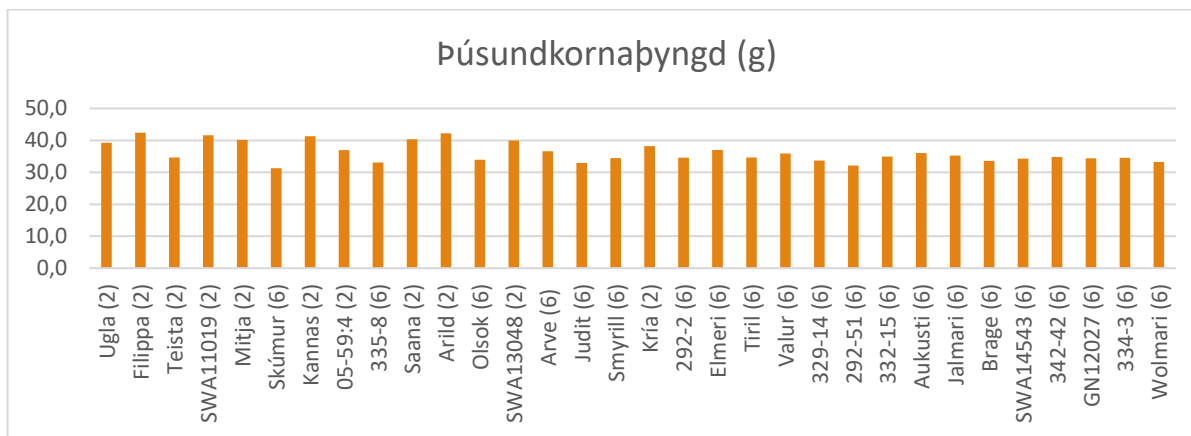
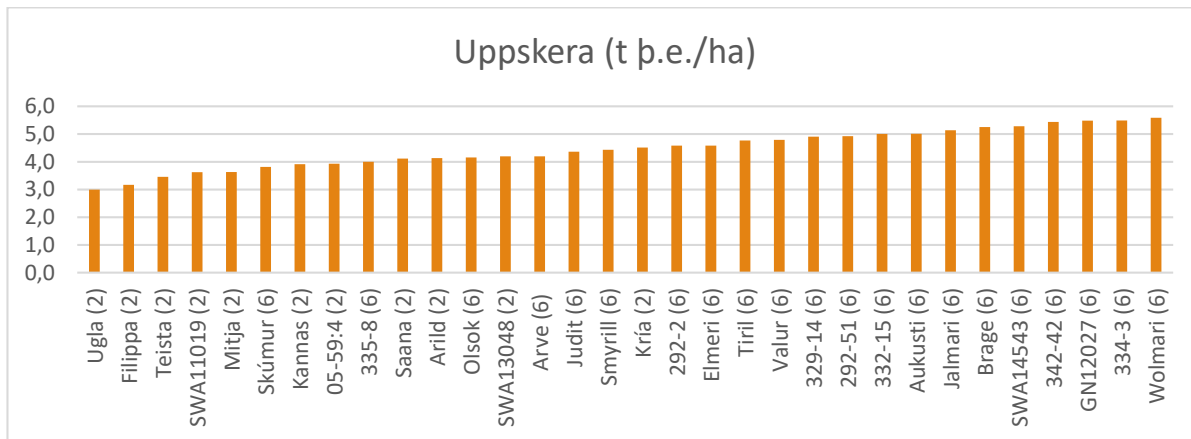
Tafla 2. Staðsetningar yrkjatilrauna árið 2017 ásamt dagsetningum og upplýsingum um áburð.

Staður	kg N / ha	Jarðvegur	GPS-hnit	Sáð	Uppskorið
Engihlíð í Vopnafirði	80	Mói	65.67, -14.91	30.4	26.9
Gunnarsholt á Rángárvöllum	120	Sendinn	63.83, -20.16	7.5	6.10
Háls í Kaldakinn	60	Mór	65.82, -17.54	8.5	-
Hoffell í Hornarfirði	120	Malarárfarvegur	64.38, -15.32	25.4	8.9
Hvanneyri í Andakíl	45	Mór	64.56, -21.75	5.5	7.10
Möðruvellir í Hörgárdal	60	Mýri	65.76, -18.24	4.5	22.9
Þorvaldseyri undir Eyjafjöllum	80	Mói	63.53, -19.66	6.5	21.9
Vindheimar í Skagafirði	120	Sendinn	65.51, -19.35	4.5	12.9

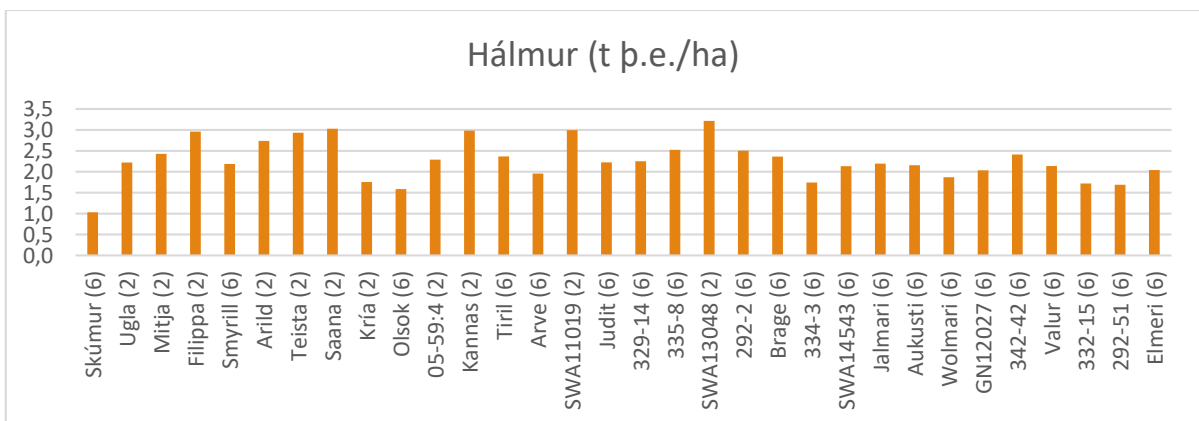
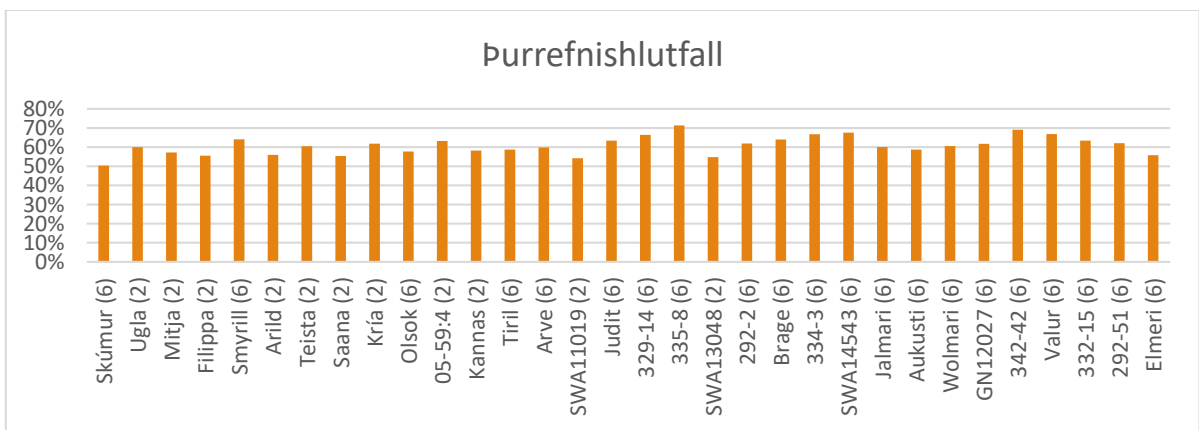
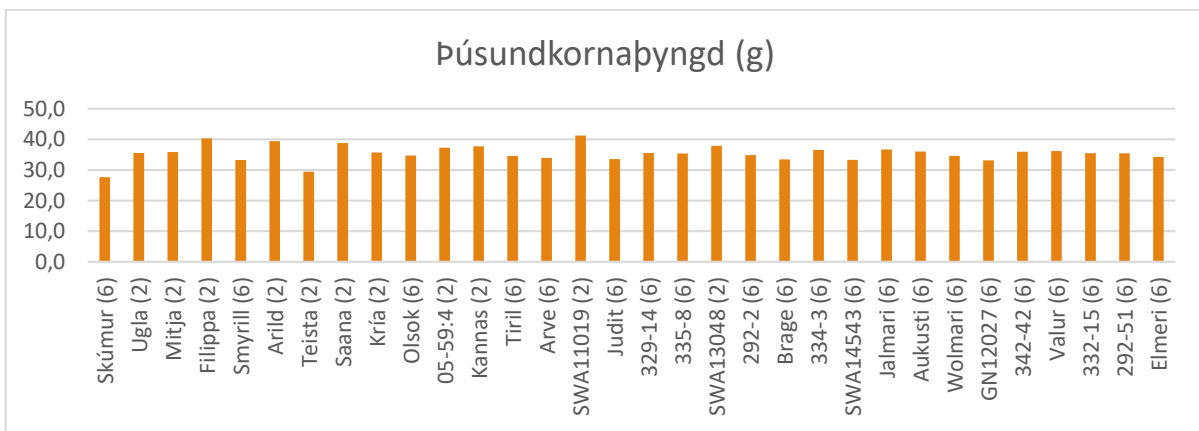
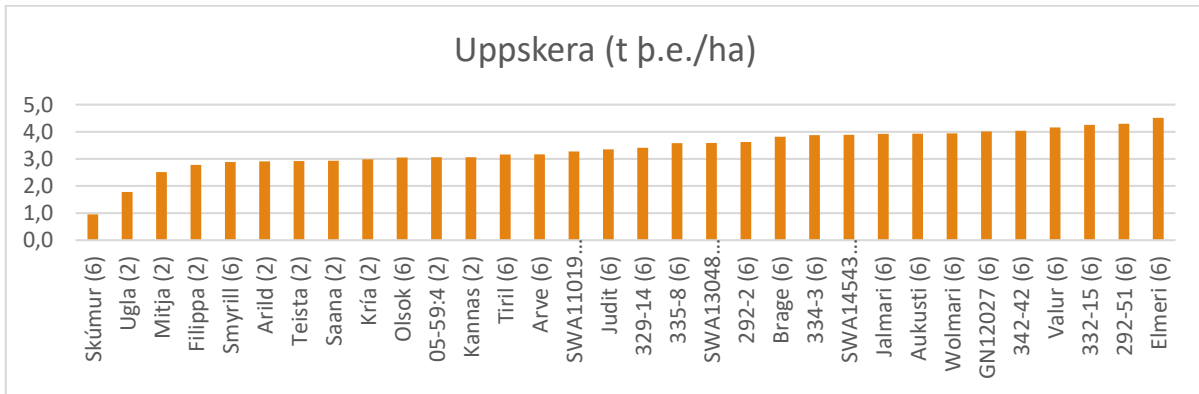
ENGIHLÍÐ



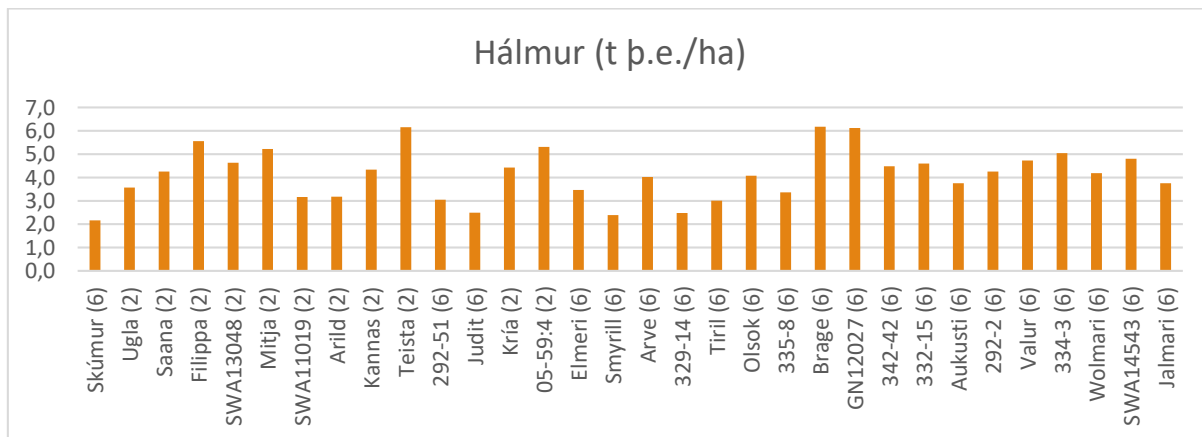
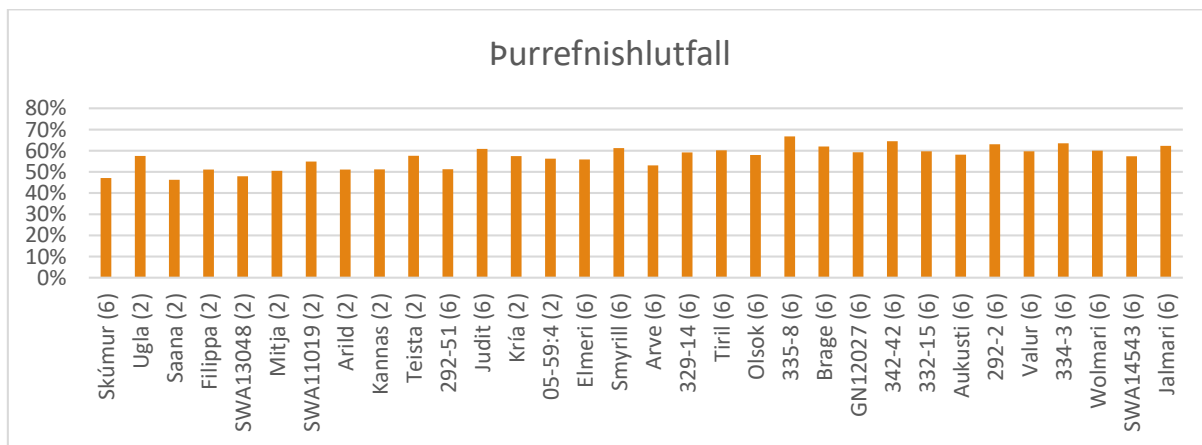
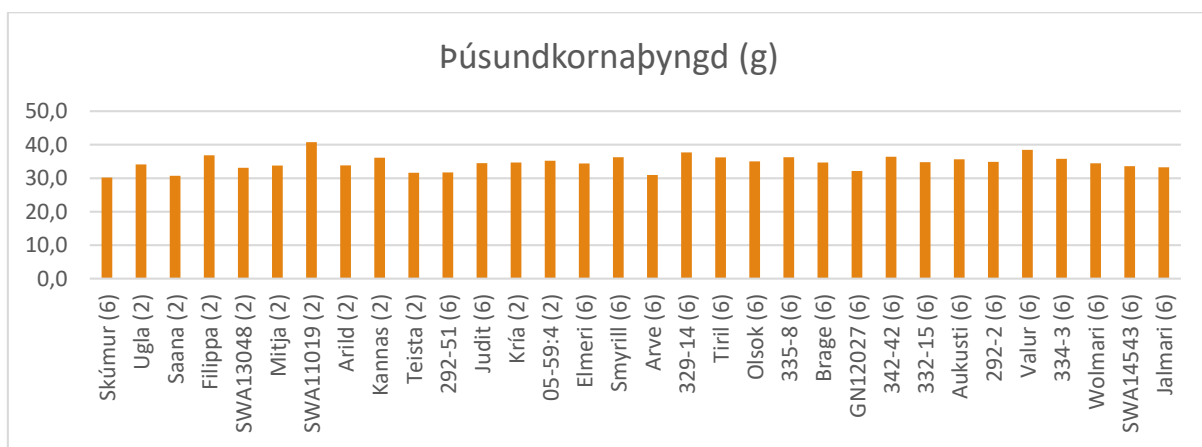
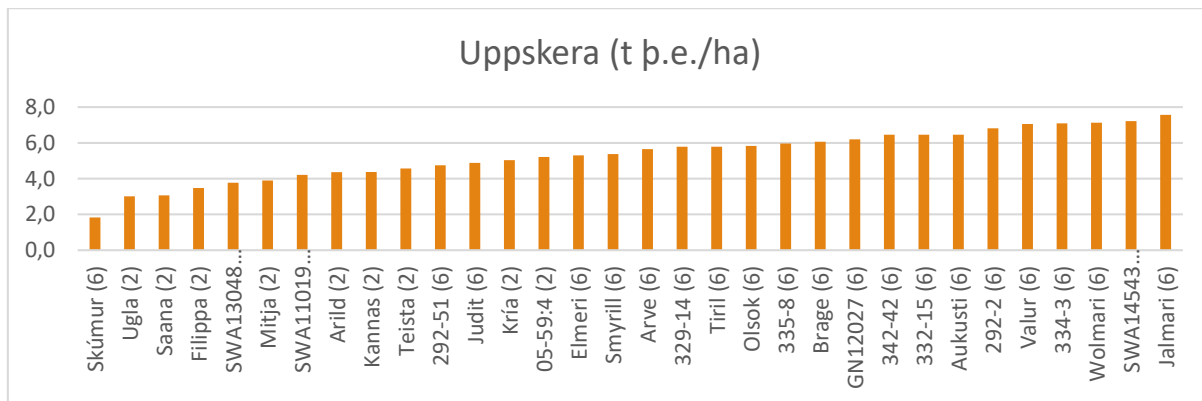
GUNNARSHOLT



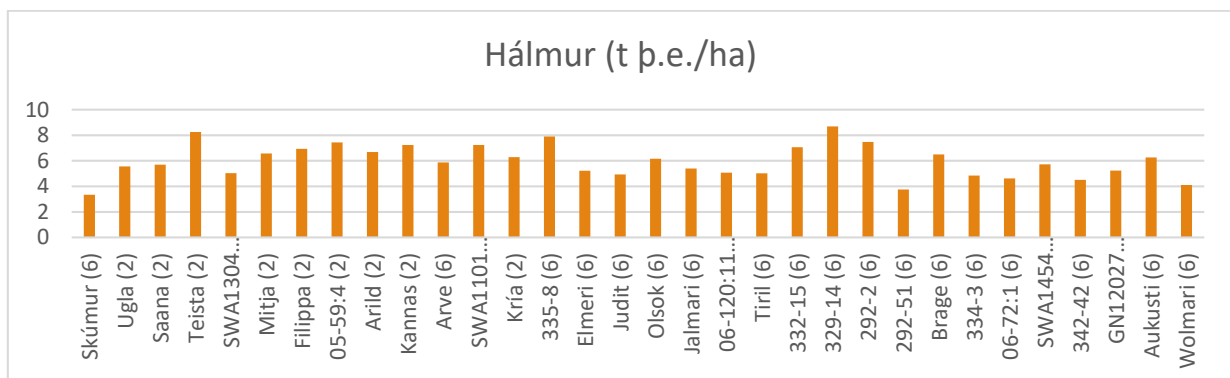
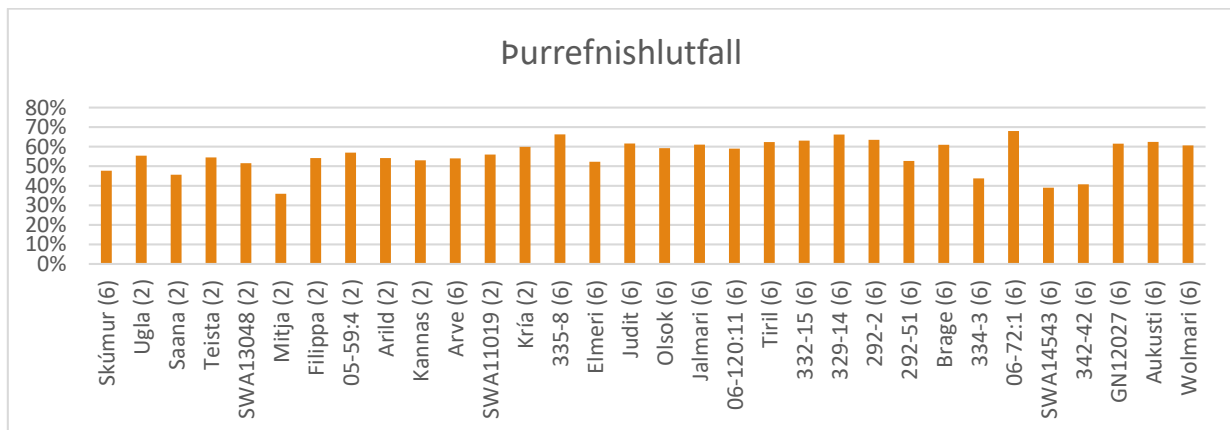
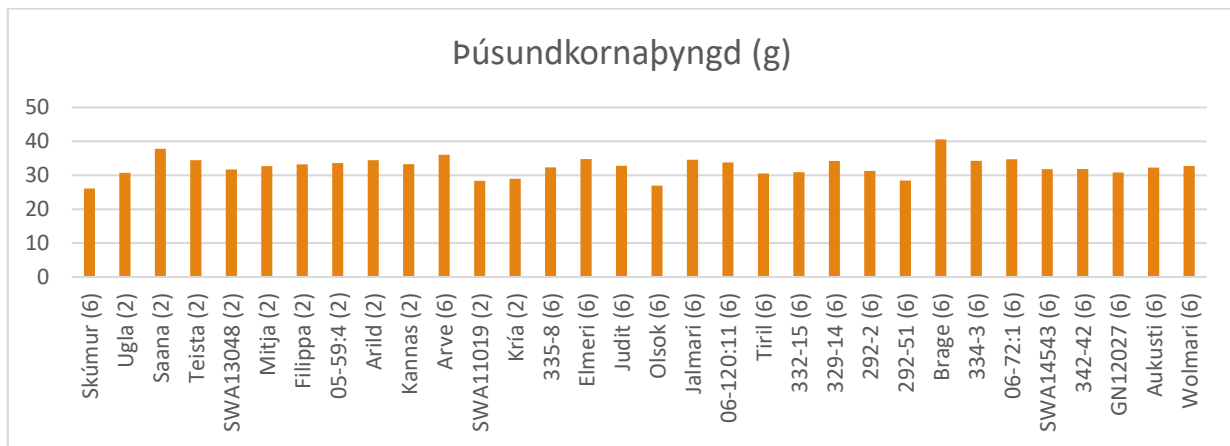
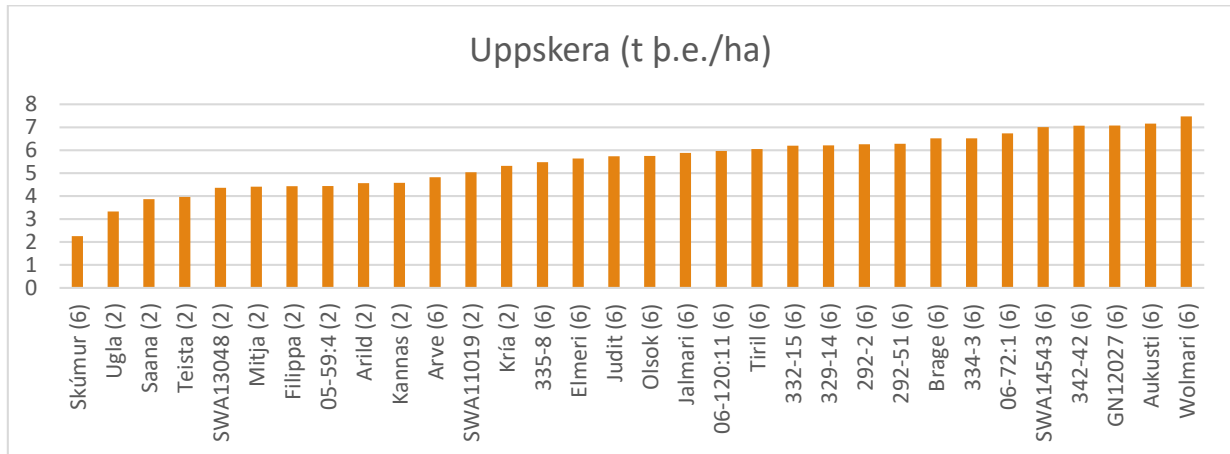
HOFFELL



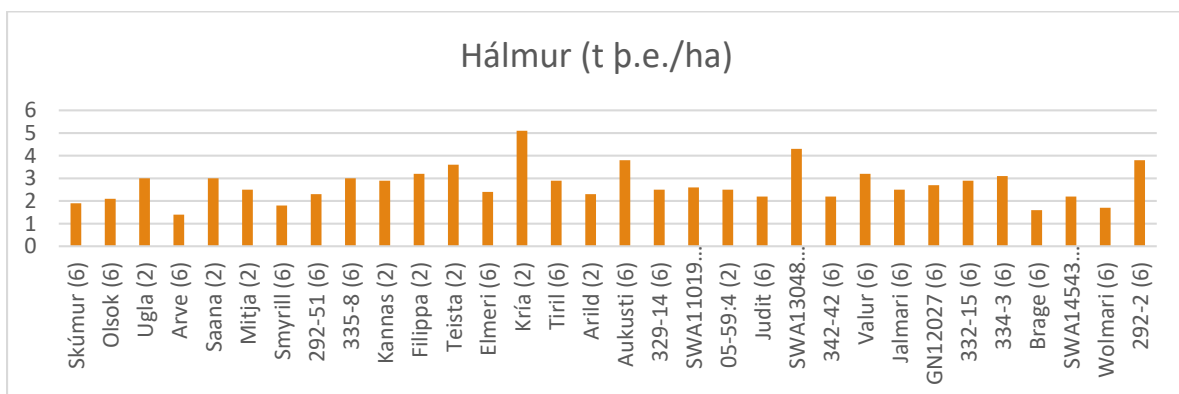
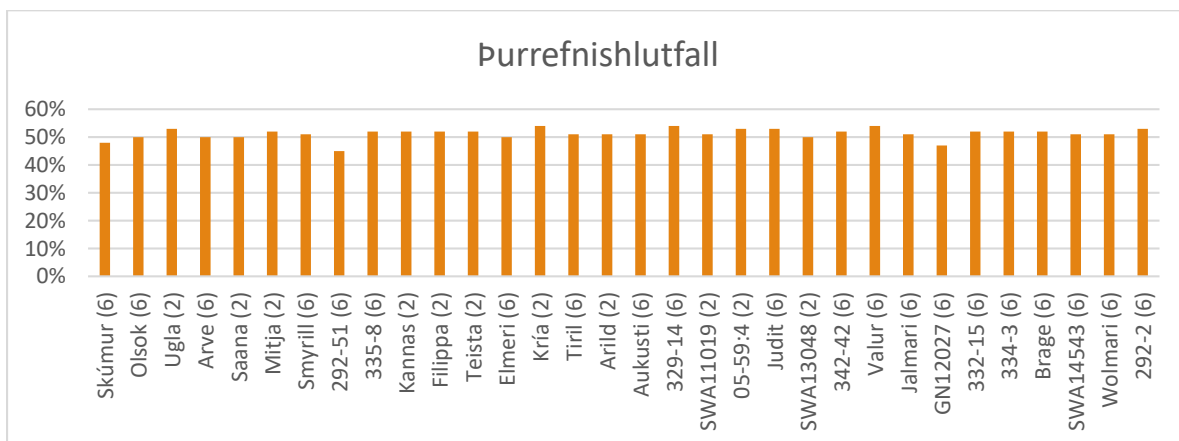
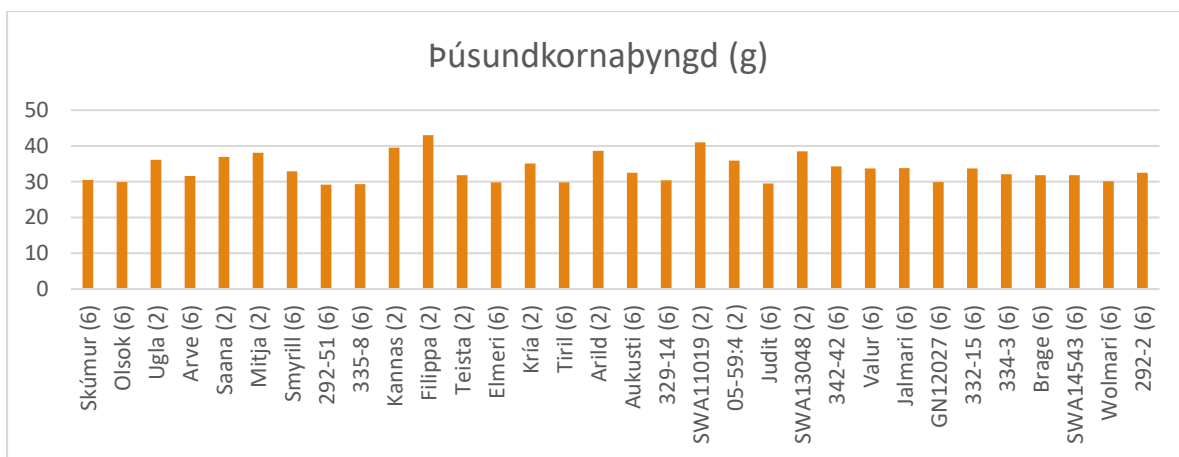
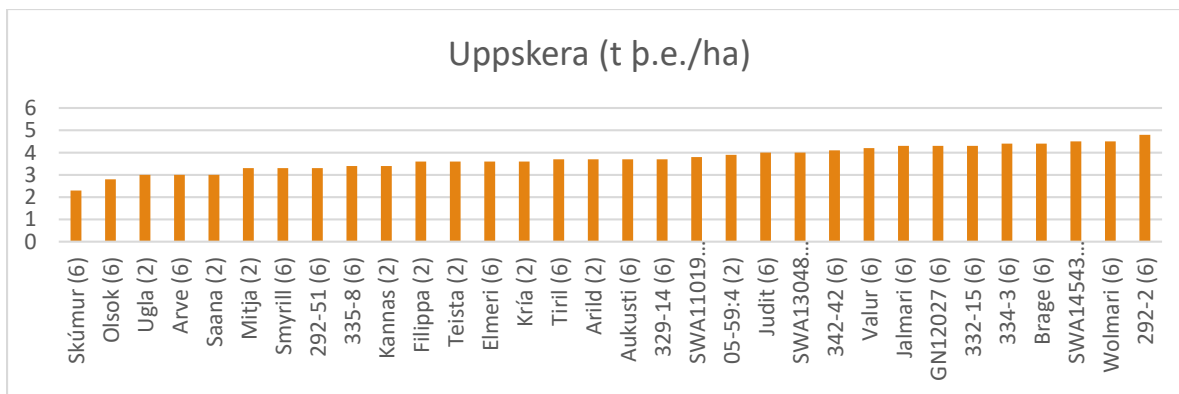
HVANNEYRI



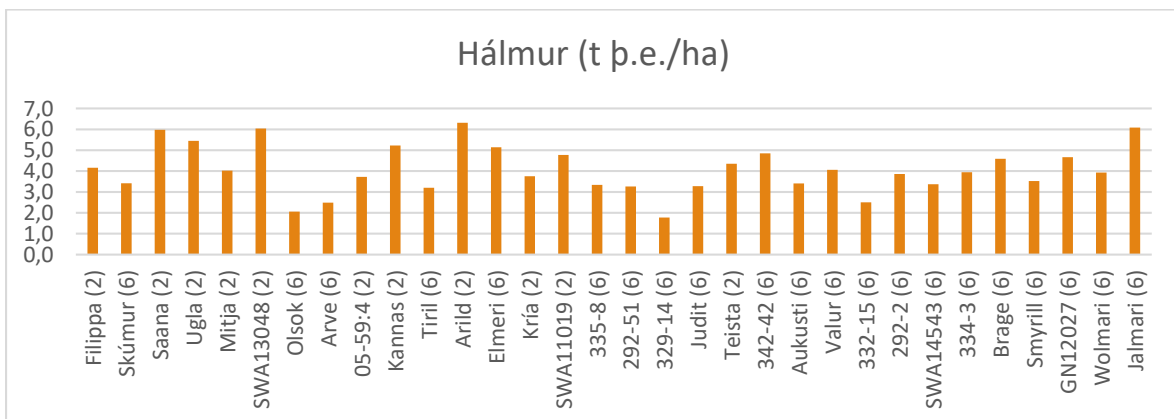
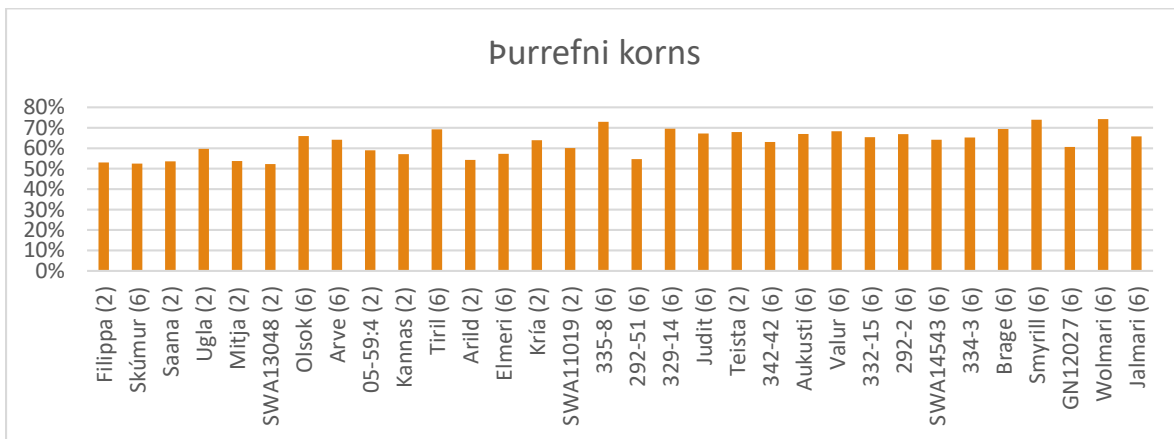
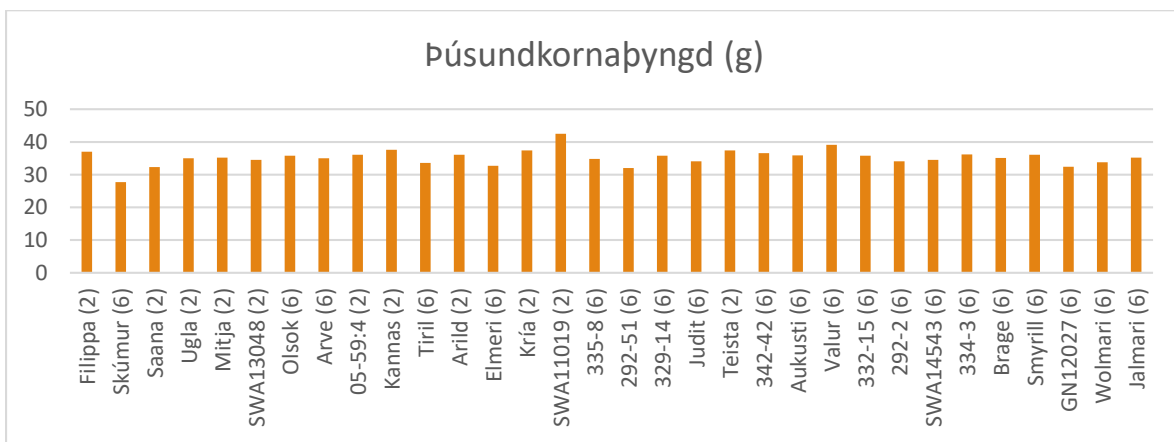
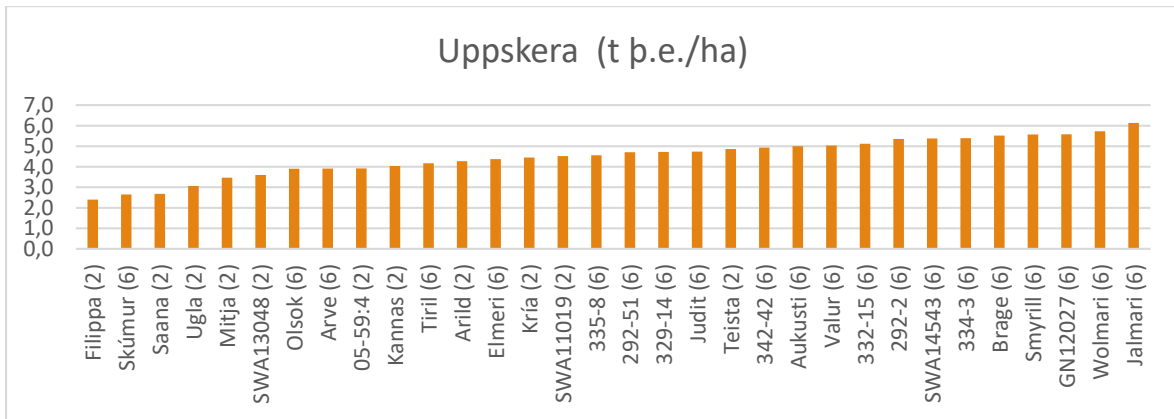
MÖÐRUVELLIR



PORVALDSEYRI



VINDHEIMAR



Samantekt

Hér er kynnt yfirlit yfir niðurstöður síðustu ára í byggrannsóknnum hérlendis. Af þeim má sjá að tilraunastöðum hefur fækkað umtalsvert frá því sem mest var, á sama tíma og fjöldi arfgerða hefur aukist töluvert, val tilraunastaða sem eftir stóðu byggði því á reynslu þeirra vísindamanna sem störfuðu við tilraunir í byggi.

Í rannsókn Hilmarsson, Göransson, Lillemo, o.fl., (2017) var ekki greint hvort hækkandi uppskeru milli ára mætti skýra með nýjum og betri yrkjum, bætтар ræktunaraðferðum og/eða bættum veðurskilyrðum. Hver af þessum þáttum skilar mestu til aukinnar uppskeru er því á þessu tímamarki enn óljós. Þess má þó geta að kynbætur í Noregi á árunum 1960-1992 útskýrðu um 40% aukningar í uppskeru (Strand, 1994). Samnorrænar yrkjaþrófanir sem framkvæmdar voru á Geitasandi (GSN) á árunum 1987-1989 leiddu til uppskeru hérlendis innan við 2,5 t/ha (Nurminiemi, Björnstad og Rognli, 1996) en af þeim var dregin sú ályktun að byggrækt væri á jaðri þess mögulega þar sem hún færi fram á suðurhluta Íslands. Niðurstöður sem kynntar eru hér styðja þetta þar sem meðal uppskera á Geitasandi (GSN) var fyrir neðan 2,0 t/ha. Það er hins vegar áhugavert að horfa til þess að víða fæst mun hærri uppskera og að yfir allt tímabilið sést uppskera langt umfram þetta, t.d. á Korpu (KRP) þar sem meðaluppskera yfir tímabilið er um 4,0 t/ha (Mynd 13A).

Varðandi val á tilraunastöðum og viðmiðunarfærðum í þeim prófunum sem hér eru til umfjöllunar þá veldur það áhyggjum í langtímatilraunum þegar vantar fastar arfgerðir og tilraunastaði, en slíkt er mikilvægt við úrvinnslu gagna. Á Íslandi er það þó háð þeim takmörkunum að ekki er unnt að rækta hágæða sáðkorn og er því val á viðmiðunarfærðum oftar en ekki háð því úrvali sem stendur til boða erlendis frá. Hins vegar getur verið að prófunarstaðirnir fjórir sem eftir standa frá árinu 2008 séu í raun fulltrúar allra „ræktunarsvæða“ á Íslandi. Þetta væri tilvalið að skoða með skipulögðum hætti, til dæmis með því að bera kennsl á svo kölluð „mega-environments“ með GGE biplots aðferðinni (Yan, Hunt, Sheng og Szlavnic, 2000).

Annað atriði í tilraunauppsetningu sem mikilvægt er að hafa í huga er að þar er ekki í boði sá möguleiki að meta þroska einstakra arfgerða í prófunum, þar sem allar arfgerðir á hverjum tilraunastað voru uppskornar á sama tíma. Þetta þýðir að aðeins sumar arfgerðir á hverjum stað voru uppskornar á nákvæmlega réttum tíma og ekki er í öllum tilfellum ljóst hvernig uppskerutími var valinn. Þannig var 50 daga spönn í gögnum um uppskerudag, þ.e. að tímabilið milli fyrsta skráða uppskerudags í öllu gagnasafninu og þess síðasta voru 50 dagar. Slíkt getur augljóslega haft umtalsverð áhrif á þroska korns og þar af leiðandi á uppskerumagn og gæði. Ef skorið er löngu

eftir að fljótustu línur taka út fullan þroska eða löngu áður en seinþroska arfgerðir klára sinn þroska hefur það óneitanlega áhrif á mælingar og samanburð á þessum línum við aðrar.

Niðurstöður rannsókna á sjúkdómsvöldum í íslenskum byggökrom sýndu að erfðafjölbreytileiki innan þeirra tegunda sem greindar voru var meiri en búist var við sé litið til þess stutta tíma sem bygg hefur verið ræktað hérlendis (Stefansson o.fl., 2012). Í landbúnaði leiðir röng tegundagreining sjúkdómsvalda til rangra viðbragða við sjúkdómum og það er því mikilvægt að fylgjast vel með breytingum á sjúkdómsálagi og þeim tegundum sem herja á nytjaplöntur á hverjum tíma. Greiningar á fjölbreytileika innan stofna sjúkdómsvalda geta varpað mikilvægu ljósi á möguleika stofna til að þróast og bregðast við breyttum vörnum (McDonald og Linde, 2002a, 2002b). Slík vöktun gerir síðan mögulega tengingu sjúkdómsgreininga og kynbóta til hagsbóta fyrir ræktendur.

Sjúkdómsálag mun aukast þegar byggærkt eykst, niðurstöður sýna að íslenskar línur og margar erlendar sem hér njóta vinsælda eru mótækilegar fyrir sveppasmiti af völdum augnflekks. Næstu skref eru því að finna mótstöðu við sveppnum og kynbæta framtíðar yrki fyrir mótstöðu gegn sjúkdómum. Sú vinna er þegar hafin og frumniðurstöður gefa til kynna að erfðavísir fyrir mótstöðu við augnflekk sé fundinn og því megi sigta út arfgerðir sem hafa mótstöðu með raðgreiningu áður en þær fara á markað.

Niðurstöður rannsókna sem hér eru kynntar sýna að jarðvegur spilar stórt hlutverk í

mismundandi umhverfisskilyrðum fyrir bygg, ekki síður en staðbundið loftslag á Íslandi. Næstu skref eru því að greina þátt jarðvegsins annars vegar og þátt loftslags hinsvegar sem umhverfisþætti í byggærktun og samspil þessara þátta á mismunandi byggarferðir.

Heimildaskrá

- Allaby, R. G. (2015). Barley domestication: the end of a central dogma? *Genome Biology*, 16. doi:10.1186/s13059-015-0743-9
- Altman, N. og Krzywinski, M. (2016). Points of Significance: Analyzing outliers: influential or nuisance?. *News*. doi:10.1038/nmeth.3812
- Arabi, M. I. E., Jawhar, M. og Al-Shehadah, E. (2008). Molecular and pathogenic variation identified among isolates of *Rhynchosporium secalis* from Syria. *Journal of Plant Pathology*, 90(2), 179–184.
- Bebber, D. P. og Gurr, S. J. (2015). Crop-destroying fungal and oomycete pathogens challenge food security. *Fungal Genetics and Biology*, 74, 62–64. doi:10.1016/j.fgb.2014.10.012
- Brown, M., Steffenson, B. J. og Webster, R. K. (1993). Host range of *Pyrenophora teres* f. *teres* isolates from California. *Plant Disease*, 77(9), 942.
- Chen, Y. og Zhou, M. G. (2009). Characterization of *Fusarium graminearum* isolates resistant to both Carbendazim and a new fungicide JS399-19. *Phytopathology*, 99(4), 441–446.
- Connors, I. L. (1967). *An annotated index of plant diseases in Canada and fungi recorded on plants in Alaska, Canada and Greenland*. Canada: Dept. of Agriculture. Research Branch.
- Duczek, L. J., Sutherland, K. A., Reed, S. L., Bailey, K. L. og Lafond, G. P. (1999). Survival of leaf spot pathogens on crop residues of wheat and barley in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 21(2), 165–173. doi:10.1080/07060669909501208
- Emmerman, A., Gustafson, G., Heden, K. A., Sigvald, R. og Wiik, L. (1988). Prognos av bladfläcksjukdomar på höstvet och vårkorn (in Norwegian). *Växtskyddsnotiser*, 52, 112–116.
- Foister, C. E. (1961). The economic plant diseases of Scotland. *Technical Bulletin of the Department of Agriculture and Fisheries Scotland*, 1, 1–210.
- Fountaine, J. M., Shaw, M. W., Ward, E. og Fraaije, B. A. (2010). The role of seeds and airborne inoculum in the initiation of leaf blotch (*Rhynchosporium secalis*) epidemics in winter barley. *Plant Pathology*, 59(2), 330–337.
- GINNS, J. H. (1986). *Compendium of plant disease and decay fungi in Canada, 1960-1980*. Ottawa: Canadian Government Publishing Centre.
- Gomez, K. A. (1972). Border Effects in Rice Experimental Plots. II. Varietal Competition. *Experimental Agriculture*, 8(4), 295–298. doi:10.1017/S001447970000541X
- Grand, L. F. (1985). North Carolina Plant Disease Index. *North Carolina Agricultural Research Service Technical Bulletin*, 240, 1–157.
- Gustafsson, Å., Hagberg, A., Persson, G. og Wiklund, K. (1971). Induced mutations and barley improvement. *Theoretical and Applied Genetics*, 41(6), 239–248. doi:10.1007/BF00277792

- Hakala, K., Hannukkala, A. O., Huusela-Veistola, E., Jalli, M. og Peltonen-Sainio, P. (2011). Pests and diseases in a changing climate: A major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science*, 20(1), 3–14.
- Hallgrímsson, H. og Eyjolfsdóttir, G. G. (2004). Íslenskt sveppatal I. Smásveppir (Checklist of Icelandic Fungi I. Microfungi) (in Icelandic with English summary). *The Icelandic Institute of Natural History*, Reykjavík, Iceland., 45.
- Hermannsson, J. (2004). Sjúkdómar í byggi (in Icelandic). *Fræðaðing landbúnaðarins*, BÍ/LbhÍ, Reykjavík, Iceland, 178–184.
- Hermannsson, J. og Sverrisson, H. (2003). Augnblettur í byggi á Íslandi (in Icelandic). Í *Ráðunautafundur, BÍ/LBH/RALA*, Reykjavík, Iceland.
- Hilmarsson, H. S., Göransson, M., Hallsson, J. H., Kristjánsdóttir, Þ. A. og Hermannsson, J. (2017). Effect of soil type on barley yields in Icelandic cultivar trials. *Icelandic Agricultural Sciences*, 30, 73–76.
- Hilmarsson, H. S., Göransson, M., Lillemo, M., Anna, Þ., Kristjánsdóttir, J. H. og Hallsson, J. H. (2017). An overview of barley breeding and variety trials in Iceland in 1987-2014. *Icelandic Agricultural Sciences*, 30, 13–28.
- Hofsvang, H. T. og Heggen, H. E. (ritstj.). (2005). *Plantevern i korn* (in Norwegian) (2. útg.). Oslo, Norway: Landbruksforlaget.
- Jalli, M., Laitinen, P. og Latvala, S. (2011). The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. *Agricultural and Food Science*, 20(1), 62–73.
- Jordan, V. W. L. (1981). Aetiology of barley net blotch caused by *Pyrenophora teres* and some effects on yield. *Plant Pathology*, 30(2), 77–87.
- Jorgensen, J. (1977). Incidence of infections of barley seed by *Pyrenophora graminea* and *Pyrenophora teres* as revealed by freezing blotter method and disease counts in field. *Seed Science and Technology*, 5(1), 105–110.
- Karlsson, G. (2009). *Lífshjörg íslendinga frá 10. öld til 16. aldar* (1. útg.). Reykjavík, Iceland: University of Iceland Press.
- Korff, M. von, Udupa, S. M., Yahyaoui, A. og Baum, M. (2004). Genetic variation among *Rhynchosporium secalis* populations of West Asia and North Africa as revealed by RAPD and AFLP analysis. *Journal of Phytopathology*, 152(2), 106–113.
- Lee, H. K., Tewari, J. P. og Turkington, T. K. (1999). Histopathology and isolation of *Rhynchosporium secalis* from infected barley seed. *Seed Science and Technology*, 27(2), 477–482.
- Leino, M. W. og Hagenblad, J. (2010). Nineteenth Century Seeds Reveal the Population Genetics of Landrace Barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution*, 27(4), 964–973. doi:10.1093/molbev/msp308
- Leisova, L., Minarikova, V., Kucera, L. og Ovesna, J. (2005). Genetic diversity of *Pyrenophora teres* isolates as detected by AFLP analysis. *Journal of Phytopathology*, 153(10), 569–578.
- Lillemo, M., Reitan, L. og Bjørnstad, Å. (2010). Increasing impact of plant breeding on barley yields in central Norway from 1946 to 2008. *Plant Breeding*, 129(5), 484–490.

- Linde, C. C., Zala, M. og McDonald, B. A. (2005). Isolation and characterization of microsatellite loci from the barley scald pathogen, *Rhynchosporium secalis*. *Molecular Ecology Notes*, 5, 546–548.
- Linde, C. C., Zala, M. og McDonald, B. A. (2009). Molecular evidence for recent founder populations and human-mediated migration in the barley scald pathogen *Rhynchosporium secalis*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 51(3), 454–464. doi:10.1016/j.ympev.2009.03.002
- Lundqvist, U. (2008). Eighty years of Scandinavian barley mutation research and breeding.
- McDonald, B. A. og Linde, C. C. (2002a). The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica*, 124(2), 163–180.
- McDonald, B. A. og Linde, C. C. (2002b). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 349–379.
- Menzies, J. G. (2008). Carboxin tolerant strains of *Ustilago nuda* and *Ustilago tritici* in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 30(3), 498–502.
- Miller, G. H., Geirsdóttir, Á., Zhong, Y., Larsen, D. J., Otto-Bliesner, B. L., Holland, M. M., ... Thordarson, T. (2012). Abrupt onset of the Little Ice Age triggered by volcanism and sustained by sea-ice/ocean feedbacks. *Geophysical Research Letters*, 39(2), L02708. doi:10.1029/2011GL050168
- Mäkelä, K. (1972). *Rhynchosporium* species on Finnish grasses. *Karstenia*, 13, 23–31.
- Nurminiemi, M., Bjørnstad, Å. og Rognli, O. A. (1996). Yield stability and adaptation of Nordic barleys. *Euphytica*, 92(1–2), 191–202. doi:10.1007/BF00022845
- Ortiz, R., Nurminiemi, M., Madsen, S., Rognli, O. A. og Bjørnstad, Å. (2002). Genetic gains in Nordic spring barley breeding over sixty years. *Euphytica*, 126(2), 283–289. doi:10.1023/A:1016302626527
- Peltonen, S., Jalli, M., Kammiovirta, K. og Karjalainen, R. (1996). Genetic variation in *Drechslera teres* populations as indicated by RAPD markers. *Annals of Applied Biology*, 128(3), 465–477.
- Peltonen-Sainio, P. og Karjalainen, R. (1991). Genetic Yield Improvement of Cereal Varieties in Northern Agriculture since 1920. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 41(3), 267–273. doi:10.1080/00015129109439909
- Pennycook, S. R., Young, J. M., Fletcher, M. J. og Fry, P. A. (1989). *Plant diseases recorded in New Zealand. Auckland, N.Z. : Plant Diseases Division, DSIR.*
- Poets, A. M., Fang, Z., Clegg, M. T. og Morrell, P. L. (2015). Barley landraces are characterized by geographically heterogeneous genomic origins. *Genome Biology*, 16, 173. doi:10.1186/s13059-015-0712-3
- Reykdal, Ó., Kristjánssdóttir, Þ. A., Hermannsson, J., Martin, P., Dalmannsdóttir, S., Djurhuus, R., ... Frederisen, A. (2014). *Status of Cereal Cultivation in the North Atlantic Region* (nr. No. 23–14). MATÍS.
- Richardson, M. J. (1990). *Annotated List of Seed-borne Diseases* (4th útg.). International Seed

- Testing Association.
- Riggst, T. J., Hanson, P. R., Start, N. D., Miles, D. M., Morgan, C. L. og Ford, M. A. (1981). Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980. *The Journal of Agricultural Science*, 97(3), 599–610. doi:10.1017/S0021859600036935
- Rostoks, N., Zale, J. M., Soule, J., Brueggeman, R., Druka, A., Kudrna, D., ... Kleinhofs, A. (2002). A barley gene family homologous to the maize rust resistance gene *Rp1-D*. *Theoretical and applied genetics*, 104(8), 1298–1306.
- Serenius, M., Manninen, O., Wallwork, H. og Williams, K. (2007). Genetic differentiation in *Pyrenophora teres* populations measured with AFLP markers. *Mycological Research*, 111, 213–223.
- Serenius, M., Mironenko, N. og Manninen, O. (2005). Genetic variation, occurrence of mating types and different forms of *Pyrenophora teres* causing net blotch of barley in Finland. *Mycological Research*, 109, 809–817.
- Shipton, W. A., Boyd, W. J. R. og Ali, S. M. (1974). Scald of barley. *Review of Plant Pathology*, 53, 840–861.
- Sprague, R. (1950). *Diseases of cereals and grasses in North America (Fungi, except smuts and rusts)*. New York, USA: The Ronald Press Company.
- Stefansson, T. S. og Hallsson, J. H. (2011). Analysis of the species diversity of leaf pathogens in Icelandic barley fields. *Icelandic Agricultural Sciences*, 24, 13–23.
- Stefansson, T. S., Serenius, M. og Hallsson, J. H. (2012). The genetic diversity of Icelandic populations of two barley leaf pathogens, *Rhynchosporium commune* and *Pyrenophora teres*. *European Journal of Plant Pathology*, 134(1), 167–180.
- Strand, E. (1994). [Yield progress and sources of yield progress in Norwegian small grain production 1960–92] (In Norwegian with an English Abstract). *Norsk Landbruksforskning*, (8), 111–126.
- Walters, D. R., Avrova, A., Bingham, I. J., Burnett, F. J., Fountaine, J., Havis, N. D., ... Newton, A. C. (2012). Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1), 33–73. doi:10.1007/s10658-012-9948-x
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. og Szlavnic, Z. (2000). Cultivar Evaluation and Mega-Environment Investigation Based on the GGE Biplot. *Crop Science*, 40(3), 597–605. doi:10.2135/cropsci2000.403597x
- Zaffarano, P. L., McDonald, B. A. og Linde, C. C. (2011). Two new species of *Rhynchosporium*. *Mycologia*, 103(1), 195–202.
- Zakhrabekova, S., Gough, S. P., Braumann, I., Müller, A. H., Lundqvist, J., Ahmann, K., ... Hansson, M. (2012). Induced mutations in circadian clock regulator *Mat-a* facilitated short-season adaptation and range extension in cultivated barley. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(11), 4326–4331. doi:10.1073/pnas.1113009109
- Öfversten, J., Jauhiainen, L. og Kangas, A. (2004). Contribution of new varieties to cereal yields in Finland between 1973 and 2003. *The Journal of Agricultural Science*, 142(3), 281–287. doi:10.1017/S0021859604004319