

## Sveppasjúkdómar á Íslandi

Sigríður Erla Elefsen, Halldór Sverrisson og Jón Hallsteinn Hallsson \*

Landbúnaðarháskóla Íslands

### Ágrip

Plöntusjúkdómar hafa mikil neikvæð áhrif á framleiðni í landbúnaði. Samfara auknum flutningum og breyttu veðurfari mun útbreiðsla plöntusjúkdóma breytast, þeir berast hraðar milli landa og í meira mæli en áður. Sveppir eru stór hluti sjúkdómsvalda og oft leggjast margar tegundir á hverja tegund nytjaplöntu. Vel þekktur sjúkdómsvaldur er *Puccinia graminis* sem veldur hveitiryði. Lítið bar á *P. graminis* eftir Grænu byltinguna þegar til urðu yrki með öfluga mótstöðu en sveppurinn ruddist á ný fram á sjónarsviðið í lok síðustu aldar og fer nú sem eldur um sínu. Þar sem hann nær sér á strik geta afföll á uppskeru orðið alger. Kynbætur nytjaplantna eru því endalaus varnarbarátta við breytingar á sýkingarhæfni sjúkdómsvalda, sem vegna aðlögunarhæfni breytast hratt. Hérlendis hefur landbúnaður notið fjarlægðar frá meginstofnum helstu skaðvalda auk þess sem ræktun nytjaplantna hefur verið takmörkuð. Alaskaösp var til dæmis laus við skaðvalda hérlendis frá upphafi ræktunar árið 1944 allt fram til ársins 1999 þegar asparryði af völdum *Melampsora larici-populina* greindist fyrst. Nú benda nýjar rannsóknir á asparryði til þess að endurtekið landnám hafi átt sér stað sem eykur mikilvægi vöktunar á sjúkdómsvöldum og kynbóta nytjaplantna gegn þeim. Rannsóknir á byggsjúkdómum hafa sýnt að afföll í byggrækt geta verið umtalsverð af völdum sveppasjúkdóma, en jafnframt hafa nýlegar rannsóknir sýnt að tegunda- og erfðafjölbreytileiki sjúkdómsvalda er meiri en áður var talið. Fjarlægð Íslands frá meginlöndum þýðir því ekki einangrun hvað varðar plöntusjúkdóma og nýlegar rannsóknir undirstrika mikilvægi þess að fylgst sé náið með framvindu plöntusjúkdóma hérlendis og hugað að sjúkdómspoli nytjaplantna í íslensku kynbótastarfi.

**Efnisorð:** Arfgerðir, alaskaösp, bygg, einangrun, landnám, plöntukynbætur, plöntusjúkdómar, tegundagreining

### Plöntusjúkdómar í landbúnaði fyrr og nú

Plöntusjúkdómar hafa fylgt manningum frá upphafi landbúnaðar og hafa í mörgum tilfellum markað djúp spor í söguna. Þannig má telja líklegt að kartöflumygla af völdum sveppsins *Phytophthora infestans* hafi fylgt kartöflunni frá því íbúar Suður-Ameríku tóku hana fyrst til ræktunar en þar áður hafi sveppurinn þróast samhliða villtum ættingjum kartöflunnar (Gómez-Alpizar o.fl. 2007). Þegar saman fer umfangsmikil einrækt og hagstæðar umhverfisaðstæður getur sjúkdómsvaldurinn svo sýnt áhrifamátt sinn svo um munar. Þetta gerðist á árunum 1844 til 1847 þegar kartöfluuppskera á Írlandi dróst saman um 85%, með tilheyrandi hörmungum fyrir þjóð sem treysti að verulegu leyti á kartöflur

---

\* [jonhal@lbhi.is](mailto:jonhal@lbhi.is)

sér til viðurværis (Bourke 1959). Áætlað er að ein milljón manna hafi dáið úr hungri og talið er að annar eins fjöldi hafi flust búferlum.

Enn þann dag í dag tapast stór hluti landbúnaðarframleiðslu af völdum ýmissa sjúkdóma og mikilvægi plöntusjúkdóma er ekki minna nú en þegar hungursneyðin mikla reið yfir Írland, þrátt fyrir að áhrifanna gæti með öðrum hætti (Oerke og Dehne 2004, Pennisi 2010). Kartöflumyglan er til dæmis enn mikill skaðvaldur í kartöflurækt en auk þess valda fjölmargir aðrir sveppir miklum búsifjum. Með hveitiryrkjum Grænu byltingarinnar náðist mikill árangur í baráttunni gegn hveitiryði af völdum sveppsins *Puccinia graminis* en þrátt fyrir að sveppurinn léti lítið á sér bera um langt skeið hafði hann ekki sungið sitt síðasta. Ug99 sýkingarafbrigði *P. graminis* ruddist fram á sjónarsviðið í lok síðustu aldar og fer nú sem eldur um sinu. Þar sem þetta afbrigði nær sér á strik, getur öll uppskera bænda farið forgörðum (Pennisi 2010, Fisher o.fl. 2012). Annað vel þekkt dæmi er Svarti Sigatoka sveppurinn (*Mycosphaerella fijiensis*) sem leggst á bananaplöntuna. Sveppurinn fannst fyrst árið 1964 á Fíji en finnst nú í hundrað löndum þar sem hann getur valdið upp undir helmings rýrnun uppskeru, auk þess sem notuð eru ógrynni af eitri til að halda sveppnum niðri (Pennisi 2010). Í hrísgrjónarækt er sveppurinn *Magnaporthe oryzae* stórtækur og getur valdið algerum uppskerubresti en áætlað er að af völdum hans tapist árlega hrísgrjón sem duga myndu til að fæða 60 milljónir manna (Pennisi 2010).

### Varnir gegn plöntusjúkdómum

Ýmsum aðferðum er beitt til að draga úr áhrifum plöntusjúkdóma. Meðal þekktra varnarráða eru sáðskipti; notkun eiturs, bæði til húðunar á fræi og til úðunar á akra, tegunda- og yrkjablöndur; auk hagnýtingar á þolnum yrkjum með arfgenga mótstöðu gegn sjúkdómum. Engin ein af þessum aðferðum býður þó upp á fullkomið þol gegn sjúkdómum. Nota má bæði sáðskipti og yrkjablöndur sem varnir gegn sjúkdómum en þær aðferðir gefa þó sjaldnast fullnægjandi vörn einar sér. Þrátt fyrir mikilvægi eiturefna, þá fylgir þeim sá ókostur að mikil notkun þeirra, sérstaklega gegn sjúkdómsvaldandi stofnum með mikla aðlögunarhæfni, leiðir að endingu til þess að stofnar þróa með sér ónæmi gegn eitrunu (McDonald og Linde 2002a, Oerke og Dehne 2004). Á undanförunum árum hefur til dæmis fjölgað sveppum sem þolnir eru gegn eiturefnum og jafnvel hafa fundist stofnar með þol gegn tveimur eða fleiri gerðum eiturs (Taggart 1998, Taggart o.fl. 1999, Robbertse o.fl. 2001, Menzies 2008, Chen og Zhou 2009). Hagnýting náttúrulegra plöntuvarna, byggð á markvissum kynbótum með völdum samsætum varnargena, er leið sem talin er geta tryggt langvinnt þol gegn sjúkdómsvöldum og eru miklar vonir bundnar við þá nálgun. Talið er að með markvissum kynbótum megi ná miklum árangri í baráttunni við plöntusjúkdóma í landbúnaði.

Erfðafræðilegri mótstöðu plöntuyrkja má í grófum dráttum skipta í tvennt, annars vegar sértæka mótstöðu og hins vegar almenna eða magnbundna mótstöðu. Þegar um er að ræða sértæka mótstöðu framleiðir sjúkdómsvaldurinn vaka sem samsvarandi viðtaki á yfirborði plöntufrumunnar þekkir. Þegar vaki binst viðtaka virkjast varnir plöntunnar sem hindra eða hægja á framgangi sýkingar. Þessi gerð varnarsvars er alla jafnan áhrifamikil en virkar einungis á sýkla sem framleiða þá gerð vaka sem plantan þekkir. Breytingar á vaka sjúkdómsvaldsins leiða til þess að varnargen plöntunnar missir áhrifamátt sinn, plantan þekkir ekki lengur sjúkdómsvaldinn og getur ekki brugðist við sýkingu með sama hætti og áður. Í kjölfarið verður sterkt val fyrir nýja sýkingarafbrigðinu innan sjúkdómsvaldandi stofnsins (McDonald og Linde 2002a,b). En varnir plantna geta, eins og áður sagði, einnig byggt á almennri mótstöðu svo sem erfðabreytileika í genum sem stjórna framleiðslu á varnarefnum af ýmsum gerðum (Cohn o.fl. 2001). Áhrif einstakra gena sem búa að baki almennari mótstöðu eru

yfirleitt lítil en saman mynda þau magnbundið svar, sem er í eðli sínu frábrugðin sértæka svarinu þar sem áhrifin eru óháð því hvort sjúkdómsvaldurinn tjáir tiltekinn vaka eða ekki. Það er því mun erfiðara fyrir sjúkdómsvalda að aðlagast almennri mótstöðu en þegar aðeins er um að ræða eitt gen líkt og í sértæku mótstöðunni (McDonald og Linde 2002a,b).

Nokkrar leiðir eru færar til þess að nýta varnargen til að auka sjúkdómsspól. Við einsleitar ræktunaraðstæður þar sem notast er við fá yrki, er oft um eitt ráðandi varnargen að ræða í hverju yrki sem gerir ræktunina útsetta fyrir áföllum af völdum sjúkdóma. Með sameindaerfðafræðilegum aðferðum við kynbætur má til dæmis stafla mismunandi samsætum varnargena innan erfðamengis og auka þannig mótstöðu yrkisins.

### Tegundagreiningar örvera

Mikilvægt er að byggja kynbætur, sem miða að því að auka sjúkdómsspól, á traustri þekkingu á tegundum sjúkdómsvalda. Tegundagreining er því lykilatriði áður en hafist er handa en hefðbundin greining sveppa til tegunda krefst mikillar þjálfunar og reynslu (Atkins og Clark 2004). Til að mynda getur reynst erfitt að greina snemmbúna sýkingar, sem ekki sýna skýr einkenni sjúkdómsins. Þetta hefur til dæmis verið vandamál við greiningar á *Rhynchosporium commune* (Fontaine o.fl. 2007). Þá bregðast mismunandi plöntuyrki með mismunandi hætti við sýkingum, auk þess sem vaxtarstig plöntunnar hefur áhrif á sjúkdómseinkenni, sem getur haft áhrif á greiningu (Oxley o.fl. 2003). Við þetta bætist að sjúkdómseinkenni mismunandi sveppa eru oft svipuð, sem þýðir að það getur reynst erfitt að greina milli skyldra tegunda, t.d. *Pyrenophora teres* f. *teres* og *Pyrenophora teres* f. *maculata* (Williams o.fl. 2001). Þetta er óheppilegt, í ljósi þess að sýkingar af völdum þessara tegunda leiða til mismunandi viðbragða hjá plöntunni (Scott 1992, Ho o.fl. 1996). Því ættu kynbætur fyrir sjúkdómsspóli gegn þessum tveimur sveppum að byggja á mismunandi yrkjum (Williams o.fl. 2001, Leisova o.fl. 2005).

Sé ætlunin að kynbæta nytjaplöntur með tilliti til aukins sjúkdómsspóls, er nauðsynlegt að þekkja helstu tegundir sjúkdómsvalda og sýkingargerðir en eins og áður sagði, eru sjúkdómsvaldar miserfiðir viðureignar eftir erfðasamsetningu þeirra. Á undanförunum árum hafa aðferðir byggðar á kjarnsýrugreiningum (DNA) rutt sér mjög til rúms við tegundagreiningar og greiningar á erfðafjölbreytileika innan stofna. Þessar aðferðir gera greiningar mögulegar með tiltölulega litlum tilkostnaði, jafnvel þó sveppurinn sé til staðar í mjög litlu magni. Með þessum aðferðum má staðla greiningar og stytta greiningartíma (McCartney o.fl. 2003).

### Aðlögunarhæfni sjúkdómsvaldandi örvera

Þættir sem ráða mestu um aðlögunarhæfni sjúkdómsvaldandi stofns, það er getuna til að snúa á varnir plöntunnar, eru tíðni stökkbreytinga, stofnstærð, dreifing breytileika innan og á meðal undirstofna og æxlunarkerfi tegundar. Þeir sýklar sem hafa mesta möguleika á að brjóta varnir plantna og plöntuyrkja eru þeir stofnar sem hafa blandað æxlunarkerfi með kynjaðri og kynlausri æxlun, óhindrað flæði erfðabreytileika milli stofna, mikla stofnstærð og háa tíðni stökkbreytinga (McDonald og Linde 2002b). Fjölmargar rannsóknir hafa sýnt að mikill erfðafjölbreytileiki er oft einkenni stofna plöntusýkla. Þessi mikli breytileiki veldur því að ný sýkingaafbrigði koma hratt fram og sýkillinn er fljótur að brjóta niður þol plantna (Xi o.fl. 2003). Gott dæmi um þetta er sveppurinn *M.*

*oryzae*, sem eins og áður sagði sýkir hrísgrjónaplöntuna, en almennt er talið að hann brjóti varnir nýrra þolinna yrkja á tveimur til þremur vaxtartímabilum plöntunnar (Pennisi 2010).

Áðurnefndir þættir sem áhrif hafa á aðlögunarhæfni hafa áhrif á erfðasamsetningu stofna. Með greiningu erfðamarka má varpa ljósi á stofngerð, erfðafjölbreytileika og aðra eiginleika sem haft geta áhrif á aðlögunarhæfni sýklstofna. Erfðafræðirannsóknir geta því bæði upplýst um tegundafjölbreytni og stofngerð sjúkdómsvalda, sem aftur gefur mikilvægar upplýsingar um möguleika stofna til að þróast og brjóta á bak aftur sjúkdómsvarnir plantna. Slík vitneskja er mikilvæg þegar skipuleggja á kynbætur nytjaplantna með það að markmiði að auka sjúkdómsþol og minnka sjúkdómsálag í ræktun (McDonald and Linde 2002a,b).

Kynbætur nytjaplantna eru, og hafa verið, endalaus varnarbarátta við hraðar breytingar í sýkingarhæfni sjúkdómsvalda, sem breytast ógnarhratt vegna mikillar aðlögunarhæfni. Hvað varðar plöntusjúkdóma þá hefur landbúnaður hérlendis notið þess að landfræðileg einangrun tryggir fjarlægð frá helstu stofnum skaðvalda auk þess sem ræktun nytjaplantna hefur verið takmörkuð. Þetta getur þó breyst samfara auknum flutningum og breyttu veðurfari. Fyrirsjáanlegt er að sjúkdómar berist hraðar og í meira mæli milli landa en áður og samfara aukinni ræktun má því gera ráð fyrir að nýir sjúkdómvaldar eða sýkingaafbrigði berist hraðar en áður til Íslands (Fisher o.fl. 2012).

### Byggsjúkdómar á Íslandi

Undanfarin ár hefur byggrækt aukist mjög á Íslandi, meðal annars vegna hagstæðra breytinga á veðurfari og nýrra byggyrkja. Árið 2012 voru um 4200 hektarar undir byggrækt, heildarframleiðsla var yfir 16000 tonn og hafði aukist 30 falt frá árinu 1991. Verði aðstæður til byggræktar áfram hagstæðar er áætlað að framleiðsla geti enn aukist næstu árin (Jónatan Hermannsson og Ingvar Björnsson 2008).

Af þeim fjölmörgu byggsjúkdómum sem þekktir eru, var lengi talið að *R. commune*, sem áður hét *R. secalis* (Zaffarano o.fl. 2011), væri eini landlægi byggsjúkdómurinn hérlendis (Jónatan Hermannsson 2004). Þrátt fyrir að *R. commune* sé bæði útbreiddur og efnahagslega mikilvægur sjúkdómur (Shipton o.fl. 1974, Beer 1991, Yahyaoui 2004) er hann þó aðeins einn af fjölmörgum alvarlegum sjúkdómum sem herja á bygg í heiminum. Í Skandinavíu finnast fjölmargir sveppir sem valda sjúkdómum á byggi, svo sem *Erysiphe graminis*, *R. commune*, *Ustilago hordei*, *Pyrenophora graminea*, *P. teres*, *Ustilago nuda*, *Puccinia hordei*, *Gaeumannomyces graminis* og *Ramularia collo-cygni* (Emmerman o.fl. 1988, Hofsvang og Heggen 2005, Serenius o.fl. 2005, Jalli o.fl. 2011). Það var því í raun með ólíkindum að hér skyldi aðeins finnast ein sveppategund sem valdið gæti sjúkdómum í byggi.

Nýlegar rannsóknir á tegundafjölbreytni sveppa á byggi hérlendis, þar sem kjarnsýrumögnun var notuð til tegundagreininga, benda til þess að staðan sé mun flóknari en áður var talið (Stefansson og Hallsson 2011). Niðurstöðurnar sýndu að yfir tíu tegundir sveppa finnast á byggi hérlendis auk *Stagonospora* og *Cladosporium* tegunda sem ekki voru greindir nákvæmlega til tegunda auk annarra ógreindra sveppa (tafla 1) (Stefansson og Hallsson 2011). *R. commune* og *P. graminea* höfðu áður fundist á byggi á Íslandi (Helgi Hallgrímsson og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir 2004) en *P. teres* f. *teres*, sem er mikill skaðvaldur í byggrækt á heimsvísu, hefur ekki fundist hérlendis áður. Þessu til viðbótar tengjast sveppirnir *M. nivale*, *F. avenaceum* og *E. nigrum* allir sjúkdómum í byggi (Mathre 1997, loos o.fl. 2004) en þeir höfðu fundist hérlendis áður (Helgi Hallgrímsson og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir 2004). Þá veldur *D. exitialis* (*Ascochyta* sp.), sem ekki hefur fundist áður hérlendis, laufsviða

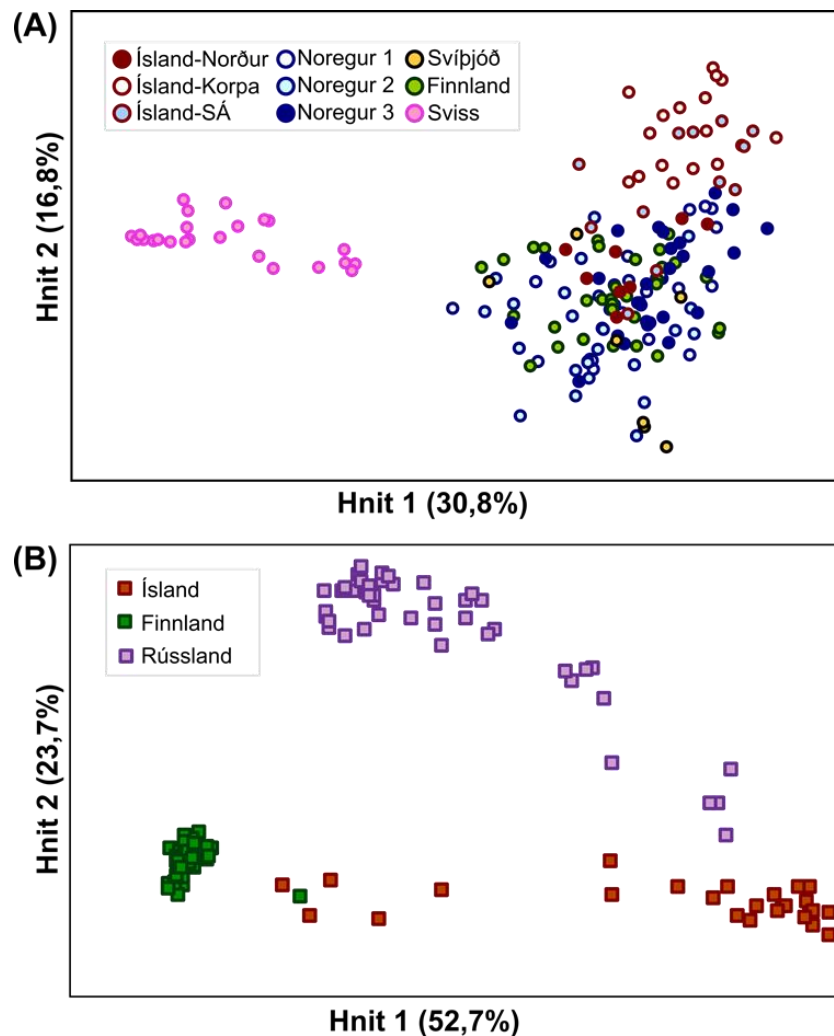
Tafla 1. Samantekt á tegundagreiningu sveppa eftir sýnatökustöðum. Sýnum var safnað á Stóra-Ármóti (SA), Korpu (KO), Hvanneyri (HV), Vindheimum (VH), Möðruvöllum (MO) og Kleppjárnsstaðir (KS). Tölur í töflu eru fjöldi sýna af hverri tegund (Stefánsson og Hallsson 2011).

	SA	KO	HV	VH	MO	KS	Annað	Samtals
<i>Cladosporium ssp.</i>	23	4	27	30	54	24	2	164
<i>Rhynchosporium commune</i>	12	20		10	6		5	53
<i>Pyrenophora teres</i>	3	1	4	11	4	19	4	45
<i>Pyrenophora gramineae</i>			4	4	9	1		18
<i>Stagonospora ssp.</i>	1	4	1			4	2	12
<i>Botryotinia fuckeliana</i>			2			1		3
<i>Didymella exitialis</i>	1							1
<i>Epicoccum nigrum</i>			1					1
<i>Fusarium avenaceum</i>	1							1
<i>Itersonilia perplexans</i>							1	1
<i>Microdochium nivale</i>		1						1
Ógreindir endophyte sveppir		1				31	2	34
Bakteríur	1	4	5			4	1	15
Samtals	42	34	44	55	73	84	17	349

(Punithalingam 1979). Auk þess eru margar tegundir *Stagonospora* þekktir sjúkdómsvaldar í byggi og öðrum korntegundum og má þar sem dæmi nefna *S. avenae* og *S. nodorum* (Mathre 1997).

Rannsóknir á erfðamörkum, útlitseinkennum og sýkingarhæfni *R. commune* og *P. teres f. teres* stofna hafa leitt í ljós umtalsverðan breytileika (Peltonen o.fl. 1996, Rostoks o.fl. 2002, von Korff o.fl. 2004, Leisova o.fl. 2005, Serenius o.fl. 2005, Arabi o.fl. 2008). Til greiningar á stofngerð *R. commune* voru sýni frá Íslandi greind með örtunglum og niðurstöðurnar bornar saman við niðurstöður frá Noregi, Svíþjóð, Finnlandi og Sviss (Stefánsson o.fl. 2012). Niðurstöður sýndu minni samsvörun milli íslensku og skandinavísku sýnanna en búist var við hefðu íslensku sveppirnir nýverið borist frá Skandinavíu. Erfðafjölbreytileiki íslenska *R. commune* stofnsins er svipaður og í evrópskum stofnum sem hafðir voru til hliðsjónar (mynd 1A). Auk þess benda greiningar til þess að hugsanlega sé um að ræða mun milli landshluta hérlendis. Sambærileg greining á *P. teres f. teres* stofnum frá Íslandi, Finnlandi og Rússlandi sýndi litla samsvörun á milli finnsku og íslensku stofnanna en erfðafjölbreytileiki var mestur í íslenska stofninum (mynd 1B).

Sýkingarhæfni *R. commune* og *P. teres f. teres* frá Íslandi var einnig metin á völdum byggrykjum og sýndu þær niðurstöður umtalsverðan breytileika í sýkingarhæfni (Tryggvi Sturla Stefánsson, Marja Jalli og Jón Hallsteinn Hallsson, óbirtar niðurstöður). Meðal íslensku *R. commune* sýnanna greindust ellefu sýkingarafbrigði en nítjan afbrigði meðal íslensku *P. teres f. teres* sýnanna. Ekkert íslensku byggrykjanna reyndist þolið gegn blöndu íslenskra *P. teres f. teres* afbrigða.



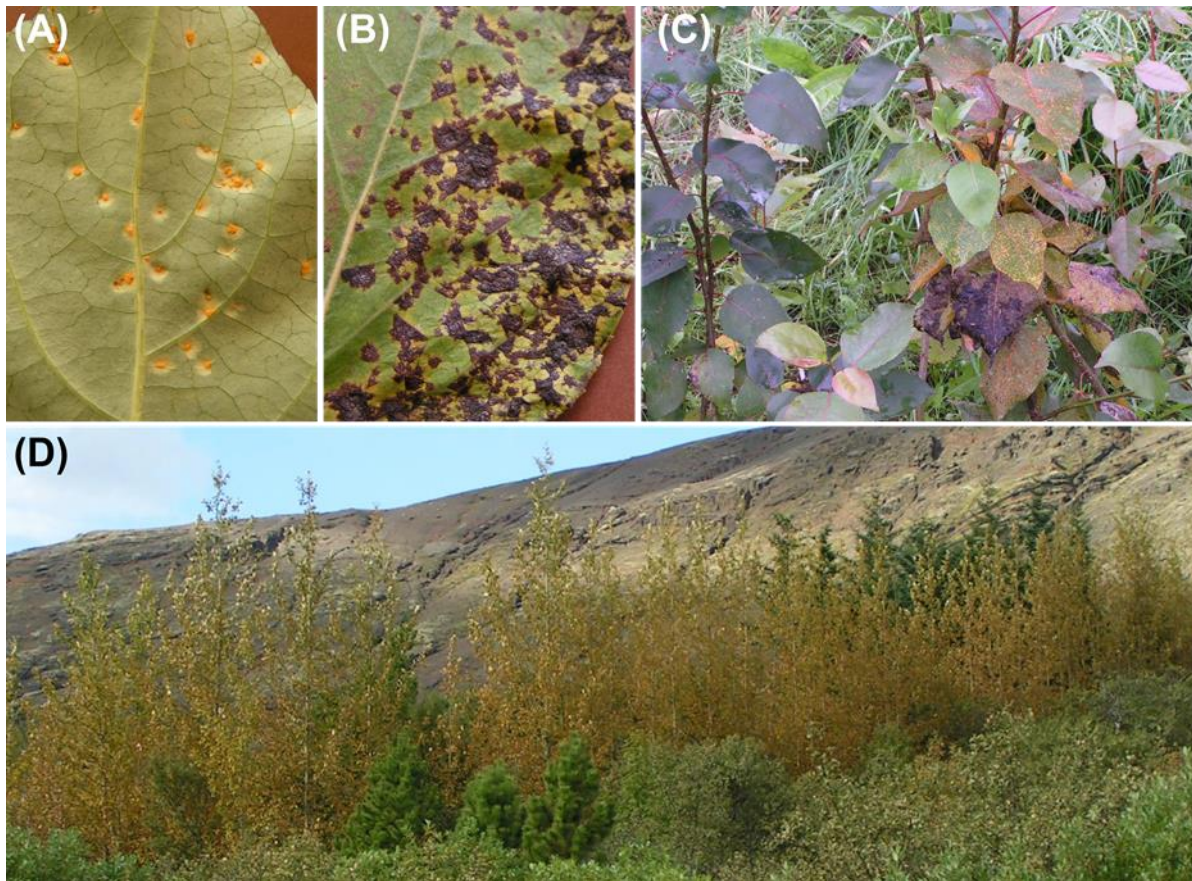
Mynd 1. Niðurstöður PCoA greininga á stofngerð (A) *R. commune* og (B) *P. teres*, byggt á erfðamörkum sýnir að íslensku sýnin eru erfðafræðilega frábrugðin erlendu sýnum sem höfð voru til samanburðar (Ísland-SÁ sýni eru frá Stóra-Ármóti) (Stefansson, Serenius og Hallsson, 2012).

### Asparryð á Íslandi

Sérstaða Íslands hvað varðar trjárækt er vel þekkt; innlendar tegundir eru fáar og frjókornarannsóknir benda til þess að flóra Íslands hafi lítið breyst í þúsundir ára (Ólafur Eggertsson 2006). Ræktun alaskaaspar (*Populus balsamifera* ssp. *trichocarpa*) hófst hérlendis árið 1944 og varð öspin fljótt vinsælt garðatré en var í fyrstu lítið notuð til skógræktar (Baldur Þorsteinsson 1990, Halldór Sverrisson o.fl. 2006). Aukning varð í gróðursetningu aspar árið 1990 (Jón Geir Pétursson 1999) og árið 2009 var alaskaöspin orðin fimmta mest gróðursetta trjategundin með 5,8% hlutdeild af heildarfjölda gróðursettra trjáa (Einar Gunnarsson 2010).

Í Evrópu eru aspar sérstaklega viðkvæmar fyrir sjúkdómum vegna áratuga ræktunar með fáum klónum (Steenackers o.fl. 1996, Gérard o.fl. 2006). Sem dæmi má nefna að í Norður-Frakklandi byggir um 80% asparæktunar á yrkinu *Populus × generosa* 'Beauprè' (Miot o.fl. 1999). Talið er að þessi takmarkaði erfðafjölbreytileiki eigi þátt í miklu sjúkdómsálagi í asparækt af völdum sveppa, baktería og skordýra (Miot o.fl. 1999).



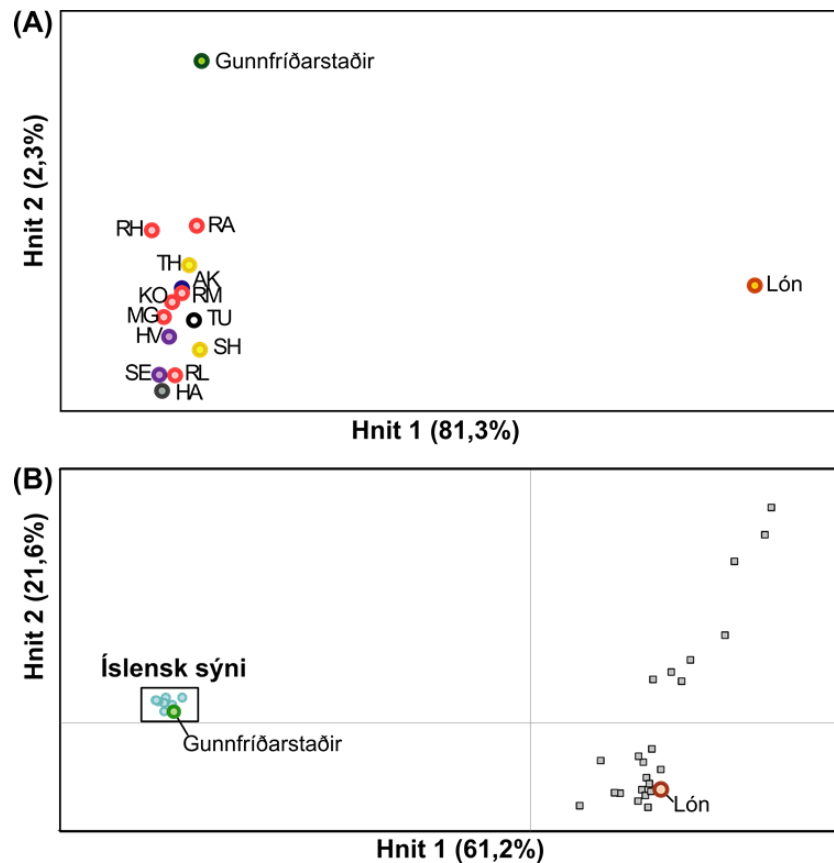


Mynd 2. Áhrif og einkenni asparryðs þar sem sjá má (A) ryðbletti á neðra borði laufblaðs, (B) þelgró (dvalagró, vetrargó) að myndast á efra borði laufs, (C) unga ösp með ryðgað lauf á mismunandi stigum og (D) ryðgaðar aspir í skógi (myndir Halldór Sverrisson).

Stór hópur sveppa sýkir tegundir af ættkvíslinni *Populus*. Einna stórtækastur er sveppurinn *Melampsora larici-populina* sem veldur svokölluðu asparryði (mynd 2) en hann er talinn eiga uppruna sinn í Evrasíu þaðan sem hann hefur dreifst hratt á síðast liðnum hundrað árum og finnst nú um heim allan (Barrès o.fl., 2006, Pei og McCracken 2005). Nýjustu fundarstaðir eru Norður-Ameríka (Innes o.fl. 2004, Newcombe og Chastagner 1993, Steimel o.fl. 2005) og Ísland (Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir o.fl. 1999).

*M. larici-populina* fannst fyrst í Hveragerði og á Selfossi sumarið 1999 (Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir o.fl. 1999), 55 árum eftir að alaskaöspin var fyrst flutt til Íslands, en hefur síðan dreifst víða um landið. Árið 2005 mátti finna asparryð frá Keflavík á suðvesturhorninu og um allt Suðurland, á Gunnfríðarstöðum í Húnavatnssýslu, Hallormsstöðum í austri og við Lón á Suðausturlandi (Halldór Sverrisson o.fl. 2005). Nýjustu fundarstaðir hérlandis eru í Vatnsdal (Edda Sigurdís Oddsdóttir og Halldór Sverrisson 2010) og á Akureyri (Sigríður Erla Elefsen 2013).

Nýleg rannsókn, þar sem stofngerð *M. larici-populina* á Íslandi var skoðuð með örtunglagreiningu, benti til skiptingar stofnsins í tvo meginhópa (Sigríður Erla Elefsen 2013). Annar hópurinn, sem í voru langflest sýni, dreifðist svo til um allt land, en hinn hópurinn samanstóð eingöngu af sýnum frá Lóni, nánar til tekið úr sumarhúsabyggð í norðanverðum Lónsfirði norðan Hornafjarðar. Fjöldi einstakra samsæta var frekar lágur á flestum sýnatökustöðum, á bilinu 0-6 samsætur, en í þessu skar Lónið sig mjög úr með 15 einstakar samsætur. Samanburður á sýnum frá Íslandi og Frakklandi sýndi að sýnin



Mynd 3. Niðurstöður PCoA greininga á stofngerð (A) íslenskra og (B) íslenskra og franskra *M. larici-populina* sýna byggt á arfgerðargreiningu með örtunglum. Sýni frá Íslandi eru merkt með hringjum en sýni frá Frakklandi eru merkt með ferningum. Sýni frá Gunnfríðarstöðum og Lóni eru merkt sérstaklega (Sigríður Erla Elefsen 2013).

frá Lóni flokkast með frönsku sýnunum en ekki þeim íslensku, sem bendir til þess að sýnin frá Lóni séu af öðrum stofni en meginhluti íslensku sveppanna (mynd 3). Nærtækasta skýringin á þessu er sú að sveppurinn hafi numið land í tvígang, fyrst árið 1999 og aftur fáum árum síðar í Lóni (Sigríður Erla Elefsen 2013).

Sé þetta endurtekna landnám fyrirboði um það sem koma skal þá má búast við því að hingað berist með reglulegu millibili sveppir sem sýkt geti íslenskar nytjaplöntur, að minnsta kosti þegar ákveðinni þéttni er náð í ræktun. Það þýðir jafnframt að ný sýkingarabrigði munu að öllum líkindum berast hingað jafnt og þétt, sem gerir markvissar kynbætur fyrir auknu sjúkdómsspoli mikilvægt framtíðarverkefni.

## Umræða

Í landbúnaði leiðir röng tegundagreining sjúkdómssvalda til rangra viðbragða til varnar gegn sjúkdómum. Í kynbótum er það því lykilatriði að vita hvaða sjúkdóm og sýkingarabrigði er um að ræða á hverjum tíma. Ætla mætti að önnur lögmál giltu um tegundafjölbreytileika sjúkdómssvalda hér á landi en á meginlöndunum, þar sem fjarlægð frá stofnum sjúkdómssvalda er sennilega einhver vörn. Því til staðfestingar mætti nefna að öspinn var laus við asparryð frá upphafi ræktunar fram til ársins 1999,



eða í meira en hálfa öld. Í kjölfar aukinnar ræktunar er þó viðbúið að skaðvaldar verði meira áberandi en nú er, auk þess sem nýir sjúkdómsvaldar komi fram á sjónarsviðið. Því er mikilvægt að fylgjast náið með landnámi nýrra sjúkdómsvalda og bregðast tímanlega við með öflugum kynbótum á íslenskum efniviði (Anderson o.fl. 2004, Hakala o.fl. 2011, Jalli o.fl. 2011).

Rannsóknir hafa sýnt að í byggrækt geta verið umtalsverð afföll af völdum sveppasjúkdóma en nýlegar rannsóknir hafa jafnframt sýnt mun meiri tegunda- og erfðafjölbreytileika sveppa sem sýkja bygg á Íslandi en áður var talið. Alls hafa nú fundist tólf tegundir sveppa á byggi héraendis og þar af eru tveir mikilvægir sjúkdómsvaldar *R. commune* and *P. teres* f. *teres* (Stefansson og Hallsson 2011). Greining á erfðafjölbreytileika þessara tveggja sveppastofna hefur leitt í ljós að báðir búa yfir umtalsverðum breytileika sem haft getur áhrif á getu þeirra til að sýkja bygg héraendis. Þeir eru jafnframt frábrugðnir stofnum í Skandinavíu, sem er sérstaklega áhugavert í ljósi þess hve stutt saga samfelldrar byggræktar er héraendis (Stefansson o.fl. 2012).

Nýlegar rannsóknir á sveppnum *M. larici-populina* sýna að þrátt fyrir að asparryð hafi fyrst borist hingað til lands 55 árum eftir að asparrækt hófst hefur sveppurinn endurtekið numið hér land (Sigríður Erla Elefsen 2013). Þetta sést meðal annars með stofngerðargreining á sýnum frá Íslandi og Frakklandi sem sýnir að sveppir frá Lóni flokkast með frönskum sveppum, sem aftur bendir til þess að þeir séu af öðrum stofni en meginhluti íslensku sveppanna.

Ísland er ekki undanþegið plöntusjúkdómum, þrátt fyrir landfræðilega einangrun og kalt loftslag. Af niðurstöðum þeirra rannsókna sem hér er greint frá má draga þá ályktun að þegar ræktun á tilteknum nytjaplöntum hefur náð ákveðinni þéttni er von á endurteknu landnámi sjúkdómsvalda. Niðurstöðurnar undirstrika mikilvægi þess að náið sé fylgst með framvindu plöntusjúkdóma héraendis, en undirstrika jafnframt mikilvægi þess að huga vandlega að sjúkdómsspoli í íslensku kynbótastarfi á nytjaplöntum.

## Heimildir

Anderson, P. K., A. A. Cunningham, N. G. Patel, F. J. Morales, P. R. Epstein og P. Daszak 2004. Emerging infectious diseases of plants: Pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 19: 535-544.

Arabi, M. I. E., M. Jawhar og E. Al-Shehadah 2008. Molecular and pathogenic variation identified among isolates of *Rhynchosporium secalis* from Syria. *Journal of Plant Pathology* 90: 179-184.

Atkins, S. D. og I. M. Clark 2004. Fungal molecular diagnostics: A mini review. *Journal of Applied Genetics* 45: 3-15.

Barrès, B., C. Dutech, A. Andrieux, H. Caron, J. Pinon og P. Frey 2006. Isolation and characterization of 15 microsatellite loci in the poplar rust fungus, *Melampsora larici-populina*, and cross-amplification in related species. *Molecular Ecology Notes* 6: 60-64.

Beer, W. W. 1991. Leaf blotch of barley (*Rhynchosporium secalis*). *Microbiological Research* 146: 339-358.

Baldur Þorsteinsson. 1990. Lauftré. Í: *Skógræktarbókin*, Haukur Ragnarsson (ritstj.), bls. 93-103. Skógræktarfélag Íslands, Reykjavík.

Bourke, P. M. A. 1959. The extent of the potato crop in Ireland at the time of the famine. *Journal of the Statistical and Social Inquiry of Ireland* XX: 1-35.

- Chen, Y. og M. G. Zhou 2009. Characterization of *Fusarium graminearum* isolates resistant to both Carbendazim and a new fungicide JS399-19. *Phytopathology* 99: 441-446.
- Cohn, J., G. Sesso og G. B. Martin 2001. Innate immunity in plants. *Current opinion in immunology* 13: 55-62.
- Edda Sigurdís Oddsdóttir og Halldór Sverrisson 2010. Skaðvaldar í skógrækt 2010. *Ársrit Skógræktar ríkisins* (bls. 14-15). Skógrækt ríkisins, Reykjavík. [http://www.skogur.is/media/utgafa/ArsritSR\\_2010\\_lores.pdf](http://www.skogur.is/media/utgafa/ArsritSR_2010_lores.pdf)
- Einar Gunnarsson 2010. Skógræktarárið 2009. *Skógræktarritið 2*, bls. 90-95. Skógræktarfélag Íslands, Reykjavík.
- Emmerman, A., G. Gustafson, K. A. Heden, R. Sigvald og L. Wiik 1988. Prognos av bladfläcksjukdomar på höstvetete och vårkorn. *Växtskyddsnotiser* 52: 112-116.
- Fisher, M. C., D. A. Henk, C. J. Briggs, J.S. Brownstein, L.C. Madoff, S.L. McCraw og S.J. Gurr 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature* 484: 186-194.
- Fountaine, J. A., M. W. Landis, B. Napier, E. Ward og B. A. Fraaije 2007. Application of real-time and multiplex polymerase chain reaction assays to study leaf blotch epidemics in barley. *Phytopathology* 97: 297-303.
- Gérard, P. R., C. Husson, J. Pinon og P. Frey 2006. Comparison of genetic and virulence diversity of *Melampsora larici-populina* populations on wild and cultivated poplar and influence of the alternate host. *Phytopathology* 96: 1027-1036.
- Gómez-Alpizar, L., I. Carbone og J.B. Ristaino 2007. An Andean origin of *Phytophthora infestans* inferred from mitochondrial and nuclear gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 3306-3311.
- Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir, Guðmundur Halldórsson, Edda Sigurdís Oddsdóttir og Halldór Sverrisson 1999. Sveppafár á Suðurlandi. *Skógræktarritið 2*, bls. 114-125. Skógræktarfélag Íslands, Reykjavík.
- Hakala, K., A.O. Hannukkala, E. Huusela-Veistola, M. Jalli og P. Peltonen-Sainio 2011. Pests and diseases in a changing climate: A major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science* 20: 3-14.
- Helgi Hallgrímsson og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir 2004. *Íslenskt sveppatal I. Smásveppir*. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík.
- Jónatan Hermannsson og Ingvar Björnsson 2008. Kornrækt á landinu árið 2007. *Handbók bænda*. Bændasamtök Íslands, Reykjavík.
- Jónatan Hermannsson 2004. Sjúkdómar í byggi. *Fræðaping landbúnaðarins* 2004: 178-184.
- Halldór Sverrisson, Guðmundur Halldórsson, Bjarki Þór Kjartansson og Aðalsteinn Sigurgeirsson 2005. Úttekt á skaðvöldum í skógum og úthaga haustið 2004. *Fræðaping landbúnaðarins* 2004: 376.
- Halldór Sverrisson, Guðmundur Halldórsson og Aðalsteinn Sigurgeirsson 2006. Klónatilraun á alaskaösp. *Fræðaping landbúnaðarins* 2006: 328-331.
- Ho, K. M., A. Tekauz, T. M. Choo og R. A. Martin 1996. Genetic studies on net blotch resistance in a barley cross. *Canadian Journal of Plant Science* 76: 715-719.
- Hofsvang, H. T. og H.E. Heggen (ritstj.) 2005. *Plantevern i korn*. Landbruksforlaget, Oslo, Norway.
- Innes, L., L. Marchand, P. Frey, M. Bourassa og R.C. Hamelin 2004. First report of *Melampsora larici-populina* on *Populus* spp. in eastern North America. *Plant Disease* 88(1): 85-85.
- Ioos, R., A. Belhadj og M. Menez 2004. Occurrence and distribution of *Microdochium nivale* and *Fusarium* species isolated from barley, durum and soft wheat grains in France from 2000 to 2002. *Mycopathologia* 158: 351-362.
- Jalli, M., P. Laitinen og S. Latvala, S. 2011. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. *Agricultural and Food Science* 20: 62-73.

- Jón Geir Pétursson 1999. Skógræktaröldin. Samanteknar tölur úr Ársriti Skógræktarfélags Íslands. *Skógræktarritið* 2, bls. 49-53. Skógræktarfélag Íslands, Reykjavík.
- Leisova, L., V. Minarikova, L. Kucera og J. Ovesna 2005. Genetic diversity of *Pyrenophora teres* isolates as detected by AFLP analysis. *Journal of Phytopathology* 153: 569-578.
- Mathre, D. E. 1997. *Compendium of barley diseases*. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- McCartney, H. A., S. J. Foster, B. A. Fraaije og E. Ward 2003. Molecular diagnostics for fungal plant pathogens. *Pest Management Science* 59: 129-142.
- McDonald, B. A. og C. C. Linde 2002a. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Annual Review of Phytopathology* 40: 349-379.
- McDonald, B. A. og C. C. Linde 2002b. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica* 124: 163-180.
- Menzies, J. G. 2008. Carboxin tolerant strains of *Ustilago nuda* and *Ustilago tritici* in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology* 30: 498-502.
- Miot, B. S., P. Frey og J. Pinon 1999. Varietal mixture of poplar clones: Effects on infection by *Melampsora larici-populina* and on plant growth. *European Journal of Forest Pathology* 29: 411-423.
- Newcombe, G. og Chastagner, G. A. 1993. First report of the Eurasian poplar leaf rust fungus, *Melampsora larici-populina*, in North America. *Plant Disease* 77(5): 532.
- Oerke, E.-C. og H.-W. Dehne 2004. Safeguarding production - losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection* 23: 275-285.
- Oxley, S. J. P., L. R. Cooke, L. Black, T. Hunter og P.C. Mercer 2003. *Management of Rhynchosporium in different barley varieties and cropping systems*. Home Grown Cereals Authority, London.
- Ólafur Eggertsson 2006. Fornskógar. Í: *Skógarbók Grænni skóga*, Guðmundur Halldórsson (ritstj.), bls. 23-28. Landbúnaðarháskóli Íslands, Hvanneyri.
- Pei, M. H. og A.R. McCracken 2005. *Rust Diseases of Willow and Poplar*. 1. ed. CABI, Wallingford, UK.
- Peltonen, S., M. Jalli, K. Kammiovirta og R. Karjalainen 1996. Genetic variation in *Drechslera teres* populations as indicated by RAPD markers. *Annals of Applied Biology* 128: 465-477.
- Pennisi, E. 2010. Armed and dangerous. *Science* (New York, N.Y.) 327: 804-805.
- Punithalingam, E. 1979. *Graminicolous Ascochyta species*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England.
- Robbertse, B., M. van der Rijst, I. M. R. van Aarde, C. Lennox og P.W. Crous 2001. DMI sensitivity and cross-resistance patterns of *Rhynchosporium secalis* isolates from South Africa. *Crop Protection* 20: 97-102.
- Rostoks, N., J.M. Zale, J. Soule, R. Brueggeman, A. Druka, D. Kudrna, B. Steffenson og A. Kleinhofs 2002. A barley gene family homologous to the maize rust resistance gene Rp1-D. *Theoretical and applied genetics* 104: 1298-1306.
- Scott, D. B. 1992. Assessment of resistance in barley to *Pyrenophora teres* and *Pyrenophora japonica*. *Crop Protection* 11: 240-242.
- Serenius, M., N. Mironenko og O. Manninen 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., W. J. R. Boyd og S. M. Ali 1974. Scald of barley. *Review of Plant Pathology* 53: 840-861.
- Sigríður Erla Elefsen 2013. Analysis of genetic diversity of *Melampsora larici-populina* in Iceland. MS ritgerð, Umhverfiseild, Landbúnaðarháskóla Íslands. <http://skemman.is/en/item/view/1946/14954>.

- Steenackers, J., M. Steenackers, V. Steenackers og M. Stevens 1996. Poplar diseases, consequences on growth and wood quality. *Biomass and Bioenergy* 10: 267-274.
- Stefansson, T. S. og J. H. Hallsson 2011. Analysis of the species diversity of leaf pathogens in Icelandic barley fields. *Icelandic Agricultural Sciences* 24: 13-23.
- Stefansson, T. S., M. Serenius og J. H. Hallsson 2012. The genetic diversity of Icelandic populations of two barley leaf pathogens, *Rhynchosporium commune* and *Pyrenophora teres*. *European Journal of Plant Pathology* 134: 167-180.
- Steimel, J., W. Chen og T. C. Harrington 2005. Development and characterization of microsatellite markers for the poplar rust fungi *Melampsora medusae* and *Melampsora larici-populina*. *Molecular Ecology Notes* 5(3): 484-486.
- Taggart, P. J. 1998. Effects of fungicides used to control *Rhynchosporium secalis* where benzimidazole resistance is present. *Crop Protection* 17: 727-734.
- Taggart, P. J., T. Locke, A. N. Phillips, N. Pask, D. W. Hollomon, S. J. Kendall, L. R. Cooke og P. C. Mercer 1999. Benzimidazole resistance in *Rhynchosporium secalis* and its effect on barley leaf blotch control in the UK. *Crop Protection* 18: 239-243.
- Von Korff, M., S. M. Udupa, A. Yahyaoui og M. Baum 2004. Genetic variation among *Rhynchosporium secalis* populations of West Asia and North Africa as revealed by RAPD and AFLP analysis. *Journal of Phytopathology* 152: 106-113.
- Williams, K. J., C. Smyl, A. Lichon, K. Y. Wong og H. Wallwork 2001. Development and use of an assay based on the polymerase chain reaction that differentiates the pathogens causing spot form and net form of net blotch of barley. *Australasian Plant Pathology* 30: 37-44.
- Xi, K. N., T. Turkington, J. Meadus, J. H. Helm og J. Tewari 2003. Dynamics of *Rhynchosporium secalis* pathotypes in relation to barley cultivar resistance. *Mycological Research* 107: 1485-1492.
- Yahyaoui, A. H. 2004. Occurrence of barley leaf blight diseases in Central Western Asia and North Africa. *Færsla í Agris gagnabankanum*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?f=2005/QV/QV0504.xml;QV2005000031>
- Zaffarano, P. L., B. A. McDonald og C. C. Linde 2011. Two new species of *Rhynchosporium*. *Mycologia* 103: 195-202.