

Kristín Svavarsdóttir, Menja von Schmalensee, Ása L. Aradóttir,
Anne Bau og Róbert A. Stefánsson

ÁHRIF SLÁTTAR OG EITRUNAR Á LÚPÍNUBREIÐUR OG GRÓÐURFAR

Útbreiðsla alaskalúpínu (*Lupinus nootkatensis*) hefur aukist mikið hér á landi síðustu ár og sækir hún í vaxandi mæli inn í gróið land. Vegna þessa er lúpínan flokkuð sem ágeng tegund og hafa nokkur sveitarfélög ráðist í að eyða henni eða hamla útbreiðslu hennar. Samhliða skipulegum slætti lúpínu í Stykkishólmsbæ var lögð þar út tilraun árið 2010 með það að markmiði að bera saman árangur af árlegum slætti og plöntueitri. Tilraunin var gerð í rofnu mólendi sem lúpína hafði lagt undir sig. Tilraunameðferðir voru þrjár, lúpína slegin, eitrad fyrir henni eða látin ómeðhöndluð í 100 m² stórum reitum, fimm fyrir hverja meðferð. Árlega var lúpína slegin eða eitrad fyrir henni, og gróður mældur 2011 og 2015, einu og fimm árum eftir fyrstu aðgerðir. Árið 2011 hafði lúpína gefið verulega eftir í meðhöndluðum reitum og 2015 var þekja hennar og þéttleiki blómstrandi plantna marktækt minni en í ómeðhöndluðum reitum. Tegundaauðgi jókst marktækt í meðhöndluðum reitum milli mælinga og var árið 2015 meiri í þeim en ómeðhöndluðum reitum. Tegundasamsetning í slegnum og eitruðum reitum breyttist mikið á tímabilinu í samanburði við ómeðhöndlaða reiti. Árið 2015 voru flestar tegundir, mest þekja grasa og blómplantna og minnst af lúpínu í slegnum reitum en í eitruðum reitum var þriðjungur yfirborðs gróðursnauður og þekja grasa marktækt minni en í þeim slegnum. Það er langtímaverkefni að útrýma lúpínu og sýna niðurstöður þessarar tilraunar að til þess má nota bæði slátt og eitrun. Meiri gróðurþekja og fleiri plöntutegundir í slegnum reitum en eitruðum eftir fimm ára aðgerðir sýnir á hinn bóginn að slátturinn skilar betri árangri.



1. mynd. Áhrif sláttar og plöntueiturs á lúpínu og gróðurfar voru könnuð í tilraun á landgræðsluskógasvæðinu í Stykkishólmi. – The impact of cutting and herbicide on lupine and other vegetation was studied in Stykkishólmur, West Iceland.

INNGANGUR

Alaskalúpína (*Lupinus nootkatensis*) er upprunnin í Norður-Ameríku.¹ Hún var sennilega fyrst flutt til Íslands sem garðplanta árið 1895 en var flutt inn til landgræðslu um miðja síðustu öld.^{2,3} Eftir að fræframleiðsla hófst hérlandis um 1990⁴ hefur lúpína verið mikið notuð í landgræðslu og skógrækt. Tegundin hefur náð mikilli útbreiðslu og finnst í öllum landshlutum en sér í lagi á láglendi þar sem land er friðað eða sauðfjárbreit lital. Hana má þó einnig finna upp til fjalla og á hálandinu.^{5,6} Þar sem lúpína er bæði hávaxin og niturbindandi hefur hún talsvert forskot á meirihluta innlendra tegunda og myndar gjarnan stórar, þéttar breiður, þar sem flestar aðrar tegundir eiga erfitt uppdráttar.² Á síðari árum hefur hún verið flokkuð sem ágeng tegund í íslenskum vistkerfum.^{5,7–9} Alaskalúpína telst núorðið einnig ágeng í Svíþjóð og Noregi og mögulega ágeng í Finnlandi.⁸ Með niturbindingu breytir lúpína efnasamsetningu jarðvegs og tilheyrir þar með þeim flokki ágengra plantna sem taldar eru valda hvað mestum umhverfisvanda á heimsvísu.^{10–12} Ólíklegt er að hægt sé að endurheimta fyrra gróðurfar þar sem slíkar plöntur hafa farið yfir gróið land,^{2,10,11} þær geta gjörbreytt gróðurframvindu á lítt grónum svæðum¹³ og meðal annars hindrað framvindu í átt að náttúrulegu skóg- og kjarrlendi.^{12,14}

Vísbendingar eru um að útbreiðsla lúpínu í íslenskri náttúru fari ört vaxandi.^{5,15,16} Mikilvægt er að hemja útbreiðslu ágengra tegunda til að takmarka tjón af þeirra völdum og eru aðgerðir líklegri til að bera árangur því fyrir sem gripið er til þeirra.^{17–21}

Aðgerðir gegn ágengum plöntum hér á landi hafa helst falist í slætti og eitrun. Þetta virðast einnig vera algengustu aðferðirnar erlendis. Í nýlegri yfirlitsgrein um rannsóknir á aðgerðum gegn ágengum plöntum var eitrun notað í 55% tilfella og eyðing með tólum (sláttur og trjáfelling) í 34% tilfella.²² Aðrar aðferðir voru meðal annars bruni, að reita plöntur upp með höndum, endurbætur á jarðvegi, beit, breyting vatnsfarvegjar og sáning upprunalegra tegunda.²²

Nokkur sveitarfélög hafa reynt að hamla útbreiðslu lúpínu eða ráðgera slíkar aðgerðir, þar á meðal Akureyrarkaupstaður, Garðabær, Húsavíkurbær, Ísafjarðarbær, Seltjarnarnesbær og sveitarfélagið Vogar.^{7,23,24} Stykkishólmur er það sveitarfélag á landinu sem lengst hefur gengið í slíkum aðgerðum. Komu þær til að frumkvæði íbúa sem höfðu áhyggjur af vaxandi útbreiðslu tegundarinnar og leituðu því til bæjarstjórnar árið 2007. Í kjölfarið sneri sveitarfélagið sér til Náttúrustofu Vesturlands, og gerði hún sumarið 2008 úttekt á útbreiðslu lúpínu og annarra ágengra eða mögulega ágengra plantna í landi sveitarfélagsins, þ.e. skógarkerfils (*Anthriscus sylvestris*), spánarkerfils (*Myrrhis odorata*) og risahvanna (*Heracleum* teg.). Lúpína fannst á 148 stöðum í sveitarfélaginu og þakti samtals ríflega 10 hektara eða um 1% af heildarflatarmáli sveitarfélagsins. Lagði Náttúrustofan til að sveitarfélagið reyndi að uppræta framangreindar tegundir í landi sínu með skipulegum aðgerðum.²⁵ Í framhaldi af tillögum Náttúrustofunnar hóf Stykkishólmsbær markvissar, árlegar aðgerðir til að stemma stigu við útbreiðslu fyrrgreindra plantna.

Samhliða aðgerðum Stykkishólmsbæjar var ákveðið að kanna árangur tveggja mismunandi aðferða til að eyða lúpínu; sláttur og eitrunar (1. mynd). Markmið rannsóknarinnar var að mæla áhrif árlegs sláttar og eitrunar á a) þekju og nýliðun lúpínu, b) samsetningu og þekju annars gróðurs, og c) að bera saman árangur þessara tveggja aðferða við eyðingu lúpínu.

AÐFERÐIR

Rannsóknarsvæði og skipulag tilraunar

Tilraunareitir voru lagðir út sumarið 2010 í stærstu lúpínubreiðunni á landgræðsluskógasvæði austast í landi Stykkishólmsbæjar (N65,065°; V22,726°). Árið 1998 gerðu sveitarfélagið og Skógræktarfélag Stykkishólms með sér samning um að félagið fengi 24 hektara svæði til afnota fyrir landgræðsluskóg næstu 70 árin, til viðbótar við tæplega 10 hektara aðliggjandi svæði sem tekið hafði verið undir skógrækt áratugum fyrr. Á svæðinu liggja klettaásar með norðaustur-suðvestur-stefnu og á milli þeirra eru lögðir, sumar með deiglendi. Lúpína var á litlum bletti á skógræktarsvæðinu árið 1967 og var sáð á rannsóknarsvæðinu um 30 árum síðar, þegar um einu kílóí af lúpínufraei var dreift á melabletti norðan við svokallaðan Zimsensblett (Trausti Tryggvason, munnl. upplýs.). Árið 2010 voru melablettirnir og næsta nágrenni orðnir nær alþaktir lúpínu. Krækilyngsmói var algengasta gróðurlendið utan lúpínubreiðnanna en lúpína hafði dreift sér inn í hann. Skógrækt var skammt á veg komin á rannsóknarsvæðinu.

Tilraunareitir voru alls 15, hver um sig 100 m² (5 m × 20 m). Þeir voru lagðir í fimm blokkum í einsleitri lúpínubreiðu, þrír í hverri blokk, þar sem lúpína var slegin árlega í einum reitanna, eitrað fyrir henni í öðrum en látin óhreyfð í þeim þriðja (2. mynd). Tilviljun réð röð meðferða innan blokka. Tímasetning aðgerða

réðst af blómgunarstigi lúpínu, þegar plöntur voru langt komnar í blómgun og einstaka belgir byrjaðir að myndast, en þó vel áður en frá voru fullproskuð. Lúpínan var slegin og eitrað fyrir henni 5. júlí 2010, 22. júlí 2011, 16. júlí 2012, 30. júlí 2013, 24. júlí 2014 og 9. júlí 2015. Starfsmenn Stykkishólmsbæjar slógu lúpínu með bensínknúnum handsláttuorfunum í sláttureitum, en í eitrunarreitum var lúpína meðhöndluð með plöntueitrunu *glyphosate*, sem t.d. er selt undir vörumerkjnum Roundup eða Clinic. Leiðbeiningum á umbúðum var fylgt um styrkleika eiturböndunnar (3 l á hektara). Í bæði sláttar- og eitrunarreitum voru einungis stálpaðar plöntur (stærri unglöntur og fullorðnar plöntur) meðhöndlaðar og var reynt að komast hjá því að aðgerðir hefðu áhrif á annan gróður en lúpínu innan reita. Slegin lúpína var látin liggja og rotna. Árin 2010–2012 var öll lúpína utan reita slegin. Vegna manneklu náðist það ekki árin 2013–2015 en þá var lúpína slegin á u.þ.b. 5 m breiðu belti umhverfis alla reiti til að hindra að lúpínufrae bærst inn í þá. Sumarið 2010 var skráð nákvæmlega hversu langan tíma tók að meðhöndla hvern reit.

Í Stykkishólmi eru skráðar lengstu samfelldu veðurathuganir á landinu. Á árunum 1949–2015 var meðalhiti heitasta mánaðar 10,3°C (júlí) og þess kaldasta -0,7°C (janúar). Meðalúrkoma var mest í október, nóvember, febrúar og janúar (í þessari röð) en minnst í maí, júní og júlí. Tíðarfar árin 2010–2015 var að mestu leyti gott en óvenju hlýtt var flest árin og stundum þurrt (1. tafla).

Gróðurmælingar

Gróður var mældur í öllum tilraunareitunum 7.–8. júlí 2011 og 6.–7. júlí 2015, í báðum tilvikum áður en lúpínan var slegin eða eitrað fyrir henni. Lúpína hafði því verið meðhöndluð einu sinni og fimm sinnum þegar mælingar fóru fram.

Ómeðhöndlað / Untreated



Slegið / Cut



Eitrað / Herbicide



2. mynd. Reitir á tilraunasvæðinu í Stykkishólmi í júlí 2015. Myndirnar til vinstri sýna ómeðhöndlaða reiti, í miðju eru reitir sem voru slegnir árlega frá 2010, og til hægri eru reitir þar sem eitrad var árlega frá 2010. – Experimental plots in Stykkishólmur, West Iceland, in July 2015. The photos at the left are from untreated plots, the ones in the middle show plots where lupine was cut annually for five years, and on the right are plots where herbicide was applied annually for five years. Ljósni: Photos: Róbert A. Stefánsson.

1. tafla. Tíðarfar í Stykkishólmi árin 2010–2015. Upplýsingar af vef Veðurstofu Íslands, www.vedur.is. – A summary of the weather in Stykkishólmur during the research period 2010–2015, based on information from the Icelandic Met Office (www.vedur.is).

Ár Year	Almennt um tíðarfar General description	Allt árið Year		Sumar (júní–sept.) Summer (June–Sept)		Allt árið Year		Sumar (júní–sept.) Summer (June–Sept)	
		Meðalhiti Average temperature (°C)	Röð heitustu ára Rank of warmest years	Meðalhiti Average temperature (°C)	Röð heitustu sumra ^B Rank of warmest summers	Úrkoma Precipitation (mm)	% af meðaltali % of average	Úrkoma Precipitation (mm)	% af meðaltali % of average
2010	Hlýtt, þurr og snjólétt Warm, dry, limited snow cover.	5,4	2/165 ^A	11,1	1	458	65	115	62
2011	Að mestu hagstætt. Vor kalt og þurr Mostly favourable, cold and dry spring.	4,5	20–23 /166	9,3	21	919	130	134	72
2012	Að mestu hagstætt. Vor og sumar þurr og sólrík Mostly favourable, spring and summer dry and sunny.	5,0	7/167	10,0	6	672	95	117	62
2013	Að mestu hagstætt. Minni sumarsól en síðustu ár Mostly favourable, summer less sunny than recent years.	4,4	26/168	9,2	26	766	109	338	181
2014	Að mestu hagstætt. Hlýtt en fremur sólarryt Mostly favourable, warm but cloudy.	5,3	3/169	10,6	2	679	96	228	122
2015	Óhagstætt framan af, síðbúið vor Late and unfavourable spring.	4,1	43/170	9,0	34	804	113	172	92

A: 165 vísar til N, þ.e. af hve mörgum mögulegum / The number below the slash (/), here 165, refers to N.

B: N=67 öll árin / N=67 all years.

Við mælingar í reitunum var sleppt 1 m jaðarsvæði. Lögð voru 18 m löng mælisnið endilangt eftir hverjum reit og réðu tilviljunartölur staðsetningu þeirra. Þéttleiki fullorðinna (blómstrandi) lúpínuplantna var metinn með því að telja plöntur á 18 m × 0,5 m (9 m²) sniði í flestum reitanna. Þar sem þéttleiki var mjög mikill voru plöntur taldar á fjórum 2 m bilum, á 2–4 m, 6–8 m, 10–12 m og 14–16 m (samaltals 4 m²). Kímplöntur og ungar lúpínuplöntur voru taldar í fimm 0,25 m² (0,5 m × 0,5 m) römmum sem komið var fyrir með tilviljunartölum á sniðinu. Kímbloð lúpínu eru greinileg og auðþekkjanleg og voru þau notuð til að greina milli kímplantna og unglantna.

Þekja plantna var metin í fimm 0,25 m² (0,5 m × 0,5 m) römmum sem lagðir voru á 18 m snið eftir tilviljunartölum. Í hverjum ramma var þekja lifandi gróðurs, sinu og ógróins yfirborðs metin að næstu 5%, þannig að saman mynduðu þau 100% þekju. Þá voru allar tegundir æðplantna skráðar og þekja hverrar metin sjálfstætt með eftirfarandi

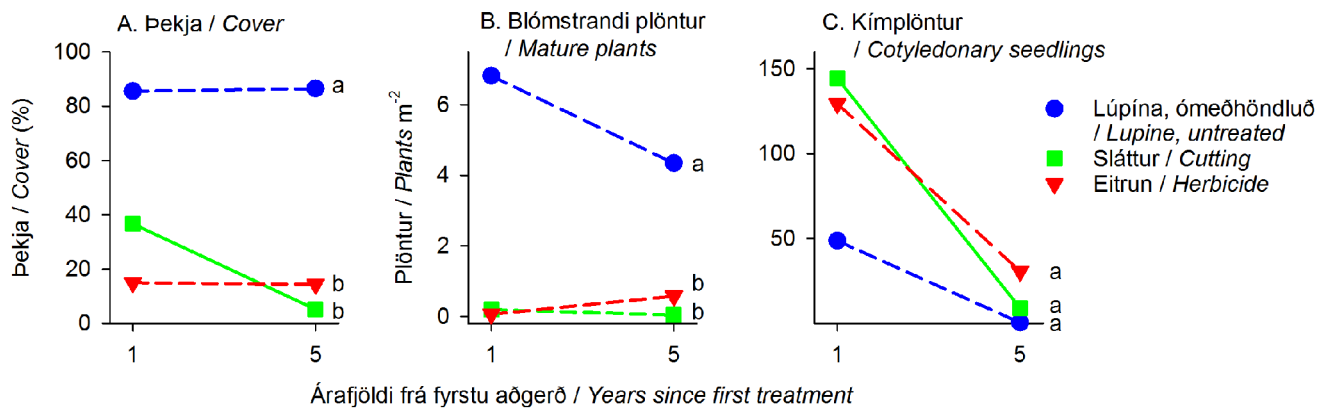
kvarða: 1 = <1%, 2 = 1–5%, 3 = 5–10%, 4 = 10–15%, 5 = 15–25%, 6 = 25–50%, 7 = 50–75% og 8 = 75–100%. Heildarþekja mosa og fléttna var metin eftir sama kvarða og að auki þekja valdra mosategunda, þ.e. engjaskrauts (*Rhytidadelphus squarrosus*), runnaskrauts (*R. triquetrus*) og hraungambra (*Racomitrium lanuginosum*). Tegundir æðplantna sem fundust í reitnum en utan mældra ramma voru skráðar.

Úrvinnsla

Talningar á fjölda lúpínuplantna voru umreiknaðar yfir í þéttleika plantna á fermetra fyrir hvern reit. Miðgildi einkunna í þekjukvarðanum var notað við útreikninga á þekju tegunda og var tegundum sem fundust í reit utan mæliramma gefin 0,1% þekja. Lögð var saman þekja mismunandi plöntuhópa, þ.e. grasa, sefs og hæra, tvíkímblaða jurta (annarra en lúpínu) og smárunna. Meðaltöl fyrir hvern reit voru notuð við alla greiningu og samanburð.

Fervikagreining á endurteknum mælingum var notuð til að meta áhrif meðferðar (sláttur, eitrun, ómeðhöndlað) og tíma (2011 og 2015) á þéttleika og þekju lúpínu, tegundaauði, heildarþekju gróðurs og þekju mismunandi tegundahópa. Meðaltöl voru borin saman með aðlögun Tukeys ($\alpha=0,05$). Til að uppfylla skilyrði um jafna dreifni (e. *variance*) og normaldreifingu leifa (e. *residuals*) var tekin kvaðratrót af þéttleikagögnum áður en gerðar voru fervikagreiningar á þeim. Samanburður á meðaltölum var gerður á umreiknuðum þéttleikagögnum en í niðurstöðukafla eru sýnd bakreiknuð meðaltöl (sett í annað veldi). Fervikagreiningar voru gerðar með forritinu SAS Enterprise Guide útg. 6.1 (SAS Institute Inc., Cary; NC, USA).

Tegundasamsetning æðplantna í reitunum árin 2011 og 2015 var greind með hnitunargreiningu (e. *Detrended Correspondence Analysis* = DCA) sem notast einungis við tegundagögn. Tegundaauði, heildarþekja gróðurs og gróðurhópa



3. mynd. Meðalþekja (A), meðalþéttleiki blómstrandi lúpínuplantna (B) og kímplantna (C) í tilraunareitum í Stykkishólmi, einu og fimm árum eftir að aðgerðir til að eyða lúpínu hófust. Heil lína á milli punkta táknar að marktæk breyting hafi orðið á meðaltali einstakra meðferða frá 2011 til 2015 en ekki var marktækur munur árið 2015 á þeim meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf ($P > 0,05$). – Average cover (A), density of mature plants (B) and density of cotyledonary seedlings (C) of lupine in experimental plots in Stykkishólmur, West Iceland, one and five years after initiation of annual removal of lupine treatments. Significant change between 2011 and 2015 is indicated with a solid line, and treatments not significantly different in 2015 are given the same letter ($P > 0,05$).

og þéttleiki lúpínu voru notaðar sem skýringarbreytur í greiningunni. Tegundum sem komu aðeins fyrir einu sinni eða tvisvar í gagnasafninu var sleppt til að takmarka áhrif mjög sjaldgæfra tegunda á niðurstöðurnar og byggðist hnitunargreiningin því á 47 tegundum æðplantna. Gögnunum var umbreytt með náttúrulegum lógaritma ($\ln(Ay + B)$). Hnitunargreiningin var gerð með forritinu Canoco fyrir Windows, útg. 4.5.

NIÐURSTÖÐUR

Árið 2010 tóku aðgerðir gegn lúpínu í hverjum 100 m² reit að jafnaði 9–10 mínútur og var ekki munur á því hvort slegið var eða eitruð fyrir lúpínu.

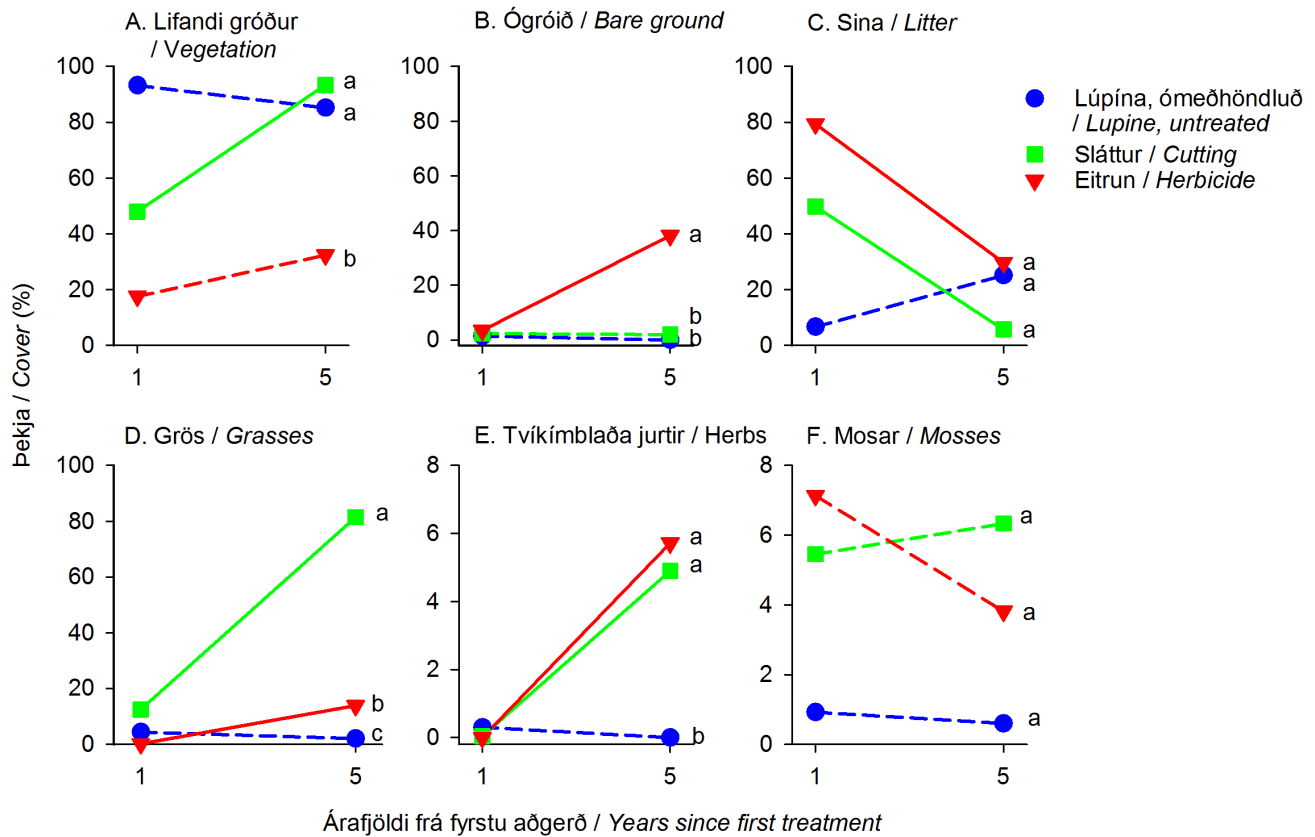
Þekja lúpínu í ómeðhöndluðum reitum var um 85%, sem er nálægt mögulegri hámarksþekju vegna þekjukvarðans sem notaður var (87,5%, miðgildi einkunnar 8). Lúpína hafði hins vegar gefið verulega eftir bæði í slegnum og

eitruðum reitum ári eftir upphaf aðgerða (2011) og eftir fimm ár var þekja hennar marktækt minni en í ómeðhöndluðu reitunum (2. mynd og 3. mynd A). Þekja lúpínu var svipuð í eitruðu reitunum 2011 og 2015 en var minni í seinni mælingunni í slegnum reitunum. Samspil á milli tíma og meðferða var marktækt (2. tafla).

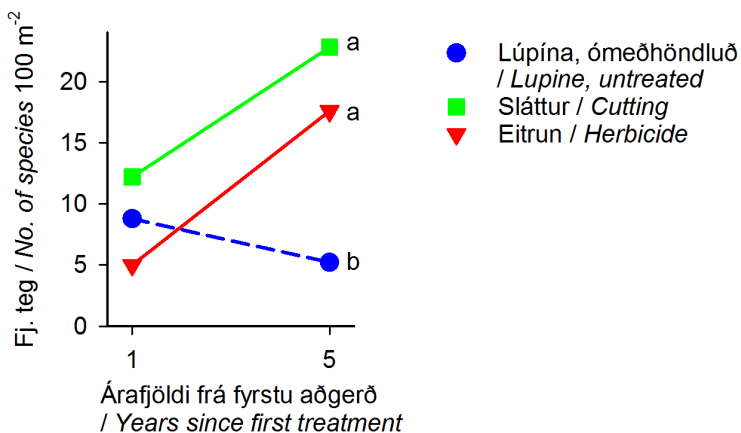
Þéttleiki blómstrandi lúpínuplantna fylgdi svipuðu mynstri og þekjan (3. mynd B, 2. tafla). Ári eftir fyrstu aðgerðir var þéttleiki minni

2. tafla. Niðurstöður fervika-greininga á áhrif meðferða (slegin, eitruð eða ómeðhöndluð lúpínubreiða) á mismunandi breytur 2011 og 2015 (endurteknaðar mælingar). Hver blokk inniheldur þrjá reiti, einn af hverri gerð; slegið, eitruð og ómeðhöndlað. Fritölur fyrir F-próf eru gefnar innan sviga. ***: $P \leq 0,001$; **: $0,001 < P \leq 0,01$ og *: $0,01 < P \leq 0,05$. – Results of ANOVA for the effects of treatments (cut, herbicide and untreated) on various vegetation parameters 2011 and 2015 (repeated measures). Each block contains three plots; cut, herbicide and untreated. Degrees of freedom for F-tests are shown in parentheses. ***: $P \leq 0,001$; **: $0,001 < P \leq 0,01$ og *: $0,01 < P \leq 0,05$.

	Blokk Block F(4, 8)	Meðferð (M) Treatment F(2, 8)	Tími (T) Time F(1, 12)	M × T F(2, 12)
Þéttleiki lúpínuplantna / Lupine density				
Blómstrandi / Flowering	0,9	82,5***	0,4	4,7*
Ungplöntur / Young plants	0,9	1,5	0,1	2,1
Kímplöntur / Seedlings	1,6	6,2*	39,1***	0,8
Tegundaaúði / Species richness				
Í ramma (0,25 m ²) / Quadrat scale (0.25 m ²)	1,3	15,1**	33,5***	16,3***
Í reit (100 m ²) / Plot scale (100 m ²)	1,1	27,5***	31,6***	19,2***
Þekja / % Cover				
Lifandi gróður / Vegetation	1,6	95,6***	19,9***	15,7***
Sina / Litter	1,0	17,2**	20,8***	15,7***
Ógróið yfirborð / Bare ground	1,3	16,6**	11,9**	13,9***
Mosar / Mosses	7,5**	4,6*	0,4	0,7
Lúpína / Lupine	2,2	147,7***	7,7*	7,9**
Aðrar tvíkímblaða jurtir / Herbs other than lupine	2,0	5,7*	23,4***	7,0**
Grös / Grasses	3,5	224,2***	204,6***	133,1***
Hæfur og sef / Rushes and sedges	0,7	1,8	0,8	1,3

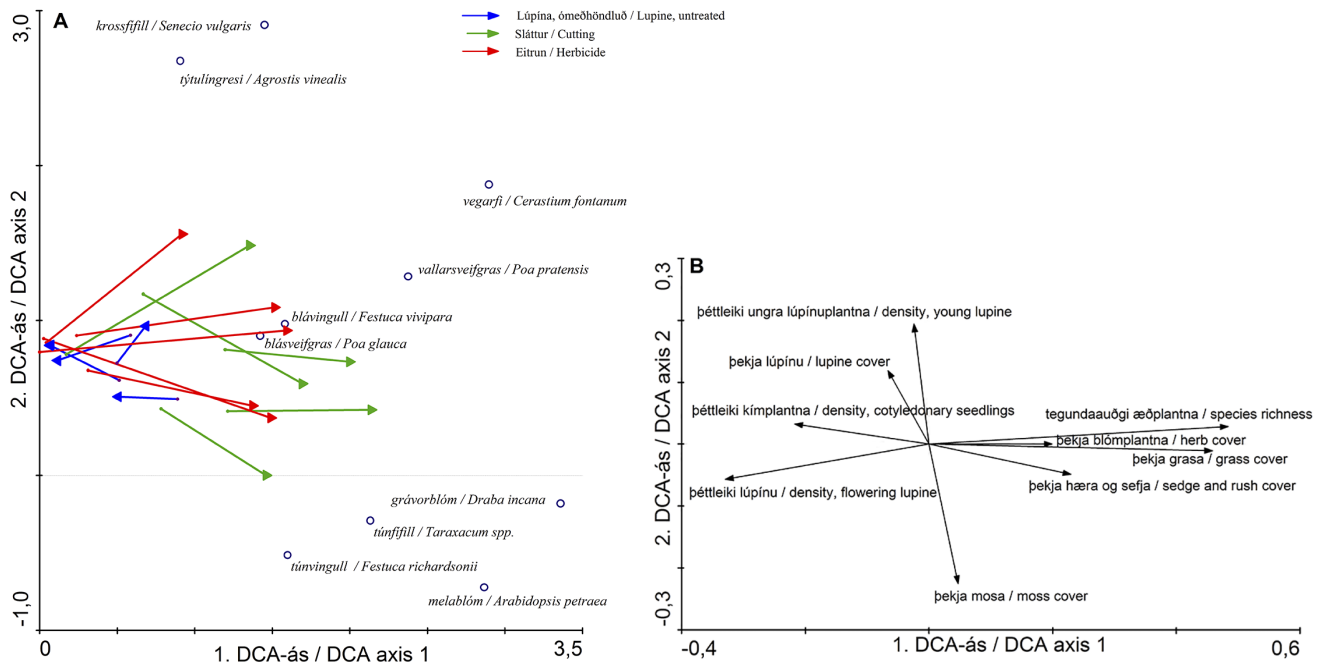


4. mynd. Meðalþekja lifandi gróðurs (A), hlutfall ógróins yfirborðs (B), og meðalþekja sinu (C), grasa (D), tvíkímblaða jurtar annarra en lúpínu (E) og mosa (F) í tilraunareitum í Stykkishólmi einu og fimm árum eftir að aðgerðir hófust. Marktæk breyting varð á meðaltali einstakra meðferða milli 2011 og 2015, sem tengdar eru með heilli línu, en ekki var marktækur munur árið 2015 á þeim meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf ($P>0,05$). Athugið að kvarði á myndum E og F er annar en á myndum A–D. – Average vegetation cover (A), bare ground (B), litter (C), grasses (D), herbs others than lupine (E), and mosses (F) in experimental plots in Stykkishólmur in West Iceland one and five years after initiation of annual lupine removal treatments. Significant change between 2011 and 2015 is indicated with a solid line, and treatments not significantly different in 2015 are given the same letter ($P>0,05$).



5. mynd. Meðalfjöldi tegunda í tilraunareitum (100 m²) í Stykkishólmi einu og fimm árum eftir að aðgerðir hófust. Marktæk breyting varð á meðaltali einstakra meðferða milli 2011 og 2015, sem tengdar eru með heilli línu, en ekki var marktækur munur árið 2015 á þeim meðferðum sem merktar eru með sama bókstaf ($P>0,05$). – Mean species richness in experimental plots (100 m²) in Stykkishólmur, West Iceland one and five years after initiation of annual lupine removal treatments. Significant change between 2011 and 2015 is indicated with a solid line, and treatments not significantly different in 2015 are given the same letter ($P>0,05$).

en 0,2 plöntur á fermetra, bæði í eitruðum og slegnum reitum, og var enn lágur fjórum árum síðar þótt hann ykist aðeins í eitruðum reitum. Í ómeðhöndluðum reitum var þéttleiki blómstrandi lúpínuplantna hins vegar tæplega 7 plöntur á fermetra 2011 en lækkaði um þriðjung til 2015. Þéttleiki ungplantna var að meðaltali um 5 plöntur á fermetra árið 2011 og um 4 plöntur á fermetra árið 2015 (ekki sýnt) en ekki urðu marktæk áhrif af meðferðum né tíma á þéttleika ungplantna (2. tafla). Kímplöntum fækkaði í öllum meðferðum milli 2011 og 2015, þó breytingin væri aðeins marktæk í slegnu reitunum (3. mynd C). Ekki var marktækur munur á fjölda kímplantna eftir meðferðum 2015, en mikill breytileiki var í gögnunum.



6. mynd. Niðurstöður hnitunargreiningar (DCA) á tegundasamsetningu æðplantna í reitum á tilraunasvæðinu í Stykkishólmi árin 2011 og 2015, einu og fimm árum eftir fyrstu aðgerðir (A). Örvor sýna breytingar í tegundasamsetningu einstakra reita frá 2011 til 2015 og vísar oddurinn á 2015. Einn ómeðhöndluðu reitanna breyttist svo lítið milli mælinga að hann sést ekki á myndinni. Tegundir eru sýndar með bláum hring. Einungis eru sýndar 10 af þeim 47 tegundum sem voru með í greiningunni, notuð var sía í grafiska forritinu og þær tegundir sem mest áhrif höfðu á niðurstöðuna sýndar. Fylgni skýringarbreytna við hnitunargreiningarársana er sýnd í B. Lengd örva gefur til kynna hversu sterk fylgnin er við ásana og stefna þeirra sýnir hvort um jákvæða eða neikvæða fylgni við ásana er að ræða. Í reitum vinstra megin á grafinu er því mikil lúpína en reitir til hægri hafa hlutfallslega meiri tegundaaugi, meiri þekju grasa og breiðbláða tvíkimplantna annarra en lúpínu, og mjög lítið af lúpínu. – Ordination (Detrended Correspondence Analysis=DCA) results of vascular plant species composition in a lupine removal experiment in Stykkishólmur, West Iceland (A). The change in species composition in individual plots is shown with an arrow, starting in 2011 (a year after the first treatment) with the arrowhead at 2015. Due to small changes in one of the untreated plots, it is not seen in the biplot. Species are shown with blue circles. The correlation of the explanatory variables and the DCA axes are shown in B. The length of the axes indicate the strength of the correlation and their directions show whether there is a positive or a negative correlation. Thus, plots at the left of the biplot consist of dense and high lupine cover while plots towards the right have higher species richness, more cover of grasses and herbs other than lupine, and only a few flowering lupines and seedlings.

Árið 2011 var þekja alls lifandi gróðurs í ómeðhöndluðum reitum yfir 90%, sem var tvöfalt meiri þekja en í slegnum reitum og fimmfalt meiri en í eitruðum reitum (4. mynd A). Fjórum árum síðar hafði þekja sleginna reita aukist marktækt og orðin jafnmikil og í ómeðhöndluðu reitunum en gróðurþekja eitraðra reita var aðeins rúmlega 30%. Hlutdeild ógróins yfirborðs jókst marktækt í eitruðum reitum frá 2011 til 2015 og var þá komin í tæp 40%, á meðan lítið sem ekkert ógróid yfirborð mældist í ómeðhöndluðum og slegnum reitum (4. mynd B). Mikil sina var bæði í slegnum og eitruðum reitum árið 2011 en minnkaði marktækt við báðar þessar meðferðir til 2015, þegar þekja sinu í þeim var ekki marktækt frábrugðin

þekju sinu í ómeðhöndluðum reitum (4. mynd C). Þekja grasa jókst mikið á milli mælinga í slegnum reitum og voru grösín ríkjandi tegundahópur í þeim árið 2015 (4. mynd D). Þekja grasa jókst einnig marktækt á milli mælinga í eitruðum reitum og var orðin marktækt meiri í þeim en í lúpínureitum árið 2015. Tvíkímblaða jurtir aðrar en lúpína höfðu afar litla (<0,5%) þekju í öllum reitum sumarið 2011 en þekja þeirra jókst marktækt fram til 2015 í slegnum og eitruðum reitum (4. mynd E) og var þá marktækt meiri en í ómeðhöndluðum reitum. Áhrif voru hvorki marktæk eftir meðferð né tíma á þekju annarra tegundahópa æðplantna (ekki sýnd); þekja þeirra var að meðaltali afar lítil ($\leq 0,1\%$), en þekja sefs

(*Juncus* teg.) og hæra (*Luzula* teg.) náði 0,7% í slegnum lúpínureitum 2015. Mosar höfðu mjög litla þekju í ómeðhöndluðum reitum en nokkuð meiri í slegnum og eitruðum reitum (4. mynd F). Þrátt fyrir að áhrif meðferða á þekju mosa væru marktæk (2. tafla) var ekki marktækur munur á meðalþekju einstakra meðferða 2015.

Tegundaaugi æðplantna jókst marktækt milli mælinga í slegnum og eitruðum reitum og var marktækt meiri en í ómeðhöndluðum reitum 2015 (5. mynd, 2. tafla). Meira en fjórfalt fleiri tegundir fundust árið 2015 í slegnum reitunum en í þeim ómeðhöndluðu. Alls voru 54 tegundir æðplantna skráðar í slegnum reitum, 43 tegundir í eitruðum og 20 í ómeðhöndluðum

reitum (1. viðauki). Um helmingur þeirra fannst aðeins í einum meðhöndluðum reit. Auk lúpínu voru algengustu tegundirnar grösín túnvingull (*Festuca rubra* var. *richardsonii*) og blávingull (*F. vivipara*) (1. viðauki).

Tegundasamsetning sleginna og eittraðra reita breyttist mikið milli 2011 og 2015, og sést það vel á staðsetningu þessara meðferðarreita í hnitunargreiningargrafi (6. mynd A). Staðsetning reits í hnitunargrafi endurspeglar tegundasamsetningu hans á þeim tíma sem gróður var mældur. Með því að tengja mælingarnar tvær fyrir hvern reit saman með ör má sjá breytingarnar sem urðu milli mælinga. Tegundasamsetning ómeðhöndlaðra lúpínu-reita breyttist hlutfallslega minnst frá 2011 til 2015. Reyndar voru gildi þriggja af fimm reitum á fyrsta ásnum lægri 2015 en 2011 sem sýnir að tegundasamsetning ómeðhöndlaðra reita þróaðist í aðra átt en aðrir reitir og munurinn jókst með tímanum. Eigingildi hnitunargreiningarása er á bilinu 0 til 1 og því hærri sem talan er, þeim mun meiri breytileika í gögnunum útskýrir ásin. Eigingildi fyrsta (lárétta) ássins var 0,37 og annars (lóðrétta) ássins 0,16, og útskýrði fyrsti ásin því best breytileikann í gögnunum. Fyrsti ásin endurspeglar breytingar með tíma í meðhöndluðum reitum sem sést á því að þeir flytjast til hægri á grafinu milli 2011 og 2015. Á 6. mynd B sést að fyrsti ásin hefur jákvæða fylgni við tegundaauðgi, þekju grasa og blómplantna og neikvæða fylgni við þéttleika blómstrandi lúpínu og kímplantna hennar. Fyrsti ásin sýnir því breytingu frá gróðri með ríkjandi lúpínu til vinstri á grafinu til fjölbreyttari gróðurs hægra megin (6. mynd). Slegnir reitir árið 2015 voru að jafnaði lengst til hægri á fyrsta ás og ómeðhöndluðu reitirnir lengst til vinstri. Slegnu reitirnir höfðu í samanburði við eittraða reiti og ómeðhöndlaða reiti flestar æðplöntur, mesta þekju grasa og tvíkímblaða jurta annarra en lúpínu

og minnstan þéttleika lúpínu (6. mynd B).

UMRÆÐA

Á síðari árum hefur færst í vöxt að einstaklingar, félagasamtök og sveitarfélög vinna að því að eyða lúpínu þar sem hún hefur dreift sér inn í gróid land. Þær tvær aðferðir sem fjallað er um í þessari grein, sláttur og eitrun, hafa helst verið notaðar og því er mikilvægt að fá mat á gagnsemi þeirra. Rannsókn okkar er sú fyrsta þar sem borinn er saman með beinum hætti árangur af aðferðunum tveimur. Í fyrri rannsóknum hér á landi hafa aðeins verið skoðuð áhrif stakra aðgerða^{26–28} en okkar rannsókn hefur þá sérstöðu að fylgst var með áhrifum aðgerða sem endurteknar voru árlega yfir fimm ára samfelld tímabil. Tímalengd rannsóknarinnar sker sig einnig nokkuð úr þegar litið er til erlendra rannsókna á aðgerðum gegn ágengum plöntum, því í meirihluta slíkra rannsókna (61%) var aðgerðum beitt í eitt ár eða skemur og í aðeins 7% rannsókna var aðgerðum beitt í meira en fimm ár.²²

Niðurstöður okkar sýna að unnt er að ganga verulega á lúpínubreiður með árlegum aðgerðum á réttum tíma, hvort heldur er með slætti eða með notkun plöntueiturs (2. og 3. mynd). Strax ári eftir að aðgerðir hófust hafði þekja og þéttleiki lúpínu minnkað mikið í samanburði við ómeðhöndlaða reiti í lúpínubreiðu og helst sá munur út rannsóknartímann. Þetta er í samræmi við aðrar hérlandar rannsóknir, sem ná þó til skemmri tíma.^{26,28} Fyrri rannsóknir höfðu sýnt að sláttutími skipti öllu um hvort lúpína næði að vaxa aftur upp sama sumarið²⁶ og að eitrun hefði mest eyðingaráhrif á blómgunartíma lúpíunnar eða eftir blómgun.²⁸ Miðað við árangur af fimm ára aðgerðum verður að teljast líklegt að hægt sé að eyða lúpínu staðbundið séu aðgerðir viðvarandi þar til fræforði í jarðvegi klárast. Ekki er vitað hversu langan tíma

það tekur. Það fer eftir aðstæðum og ræðst m.a. af fjölda fræja og líftíma, og hvort fræ berst inn á svæðið frá nálægum lúpínubreiðum.

Lúpína hefur afgerandi áhrif á gróðurfar og þar sem hún hefur þétt mótur hún gróðurframvinduna.² Fáar tegundir vaxa með lúpínu þegar hún er í breiðum, en þá einna helst skuggþolnar tegundir, s.s. grös, hávaxnar jurtir, elftingar og mosar.² Innan við 10 tegundir æðplantna uxu með lúpíunni í ómeðhöndluðum reitum í Stykkishólmi (5. mynd). Ómeðhöndluðu reitirnir gáfu til kynna að einstakar lúpínuplöntur í breiðunni væru enn að stækka þar sem þéttleiki plantna minnkaði á fjögurra ára tímabili en þekja lúpínu hélst óbreytt (3. mynd). Umfang einstakra lúpínuplantna hefur því að öllum líkindum aukist og plöntur bætt við sig stönglum.¹

Ómeðhöndlaðir og slegnir reitir áttu það sameiginlegt að gróðurþekja árið 2015 var mikil (4. mynd A). Tegundasamsetningin var hins vegar mjög ólík sem sést best á því að lengst er á milli þessara gerða reita í hnitunargreiningargrafinu (6. mynd A). Á rannsóknartímabilinu fjölgaði tegundum æðplantna í slegnum reitum úr 12 í 20 og þekja tvíkímblaða jurta annarra en lúpínu jókst mikið, þó hún væri enn aðeins 6% í lok rannsóknarinnar. Það voru þó grösín sem einkenndu gróður sleginna reita og voru þau orðin ríkjandi árið 2015 með yfir 80% þekju (7. mynd). Þessi mikla aukning grasa skýrist væntanlega einkum af því að þau geta nýtt sér niturforða sem safnast hefur upp í jarðvegi vegna niturbindingar örvera sem lifa í sambýli við lúpínuna,^{29,30} auk niturs og annarra næringarefna sem losna við niðurbrot lúpínuleifanna. Gróðurframvinda var því hröð þar sem lúpína var slegin árlega.

Í reitum þar sem lúpínu var eytt árlega með plöntueitri þróaðist gróður í sömu átt og í slegnu reitunum en framvindan var komin mun styttra á veg sumarið 2015 og mikið af yfirborði þeirra ógróid (4. mynd B). Nokkrir þættir gætu skýrt muninn á milli sleginna og eittraðra



7. mynd. Gróðurmælingar í slegnum reit sumarið 2015. Innan reitsins eru grös ríkjandi en umhverfis hann vex þétt lúpína. – Vegetation measurements in 2015 within a plot that had been annually cut. Grasses dominate the plot whereas lupine dominates the untreated surroundings. Ljósni./Photo: Menja von Schmalensee.

reita: 1) Í reitum þar sem eitnað var gætu aðrar tegundir en lúpína hafa orðið fyrir neikvæðum áhrifum af eitrunu, sérstaklega eftir fyrsta árið þegar lúpínan óx ekki lengur í breiðu. Þótt leitast hafi verið við að eitur bærist ekki á aðrar plöntur gæti það hafa gerst við úðunina eða eitur skolast af lúpínunni í næstu rigningu og borist þannig á aðrar plöntur, sjá t.d. Wiseman o.fl.³¹ 2) Við slátt tættist lúpínan og myndaði lífrænt lag sem dreifðist nokkuð jafnt um reitina. Vegna þessa er líklegt að frostlyfting, sem getur takmarkað landnám plantna á lítt grónu landi,^{32,33} hafi verið minni í slegnum reitum en þeim sem voru eitnaðir. 3) Með því að lúpínan tættist niður við sláttinn hafa næringarefni sem bundin voru í plöntunum sennilega skilað sér fyrr í jarðveginn en í reitum sem voru eitnaðir. Aðrar plöntur gætu því hafa átt greiðari aðgang að þeim næringarefnum sem voru í lúpínunni.^{30,34} Við teljum líklegt að allar þrjár skýringar geti átt hér við.

Af niðurstöðum eyðingar-tilraunarinnar í Stykkishólmi ályktum við að sláttur sé æskilegri leið en eitrun við að eyða lúpínu eða hamla útbreiðslu hennar. Fyrir því eru nokkrar ástæður. Þótt ekki hafi verið mikill munur á áhrifum aðgerðanna tveggja á lúpínuna sjálfa var annar gróður öflugri í slegnum reitum en eitruðum. Þessi niðurstaða ætti að vega þungt við val á aðferð þar sem tilgangur með því að eyða lúpínu er væntanlega að flýta fyrir landnámi annars gróðurs. Einnig ber að hafa í huga að takmörkuð gróðurþekja í eitruðum reitum eykur hættu á jarðvegsrofi og frostlyftingu, sem getur enn hægt á framvindu. Loks var ekki munur á þeim tíma sem fór í að slá og eitna fyrir lúpínunni fyrsta árið þegar lúpínan var sem þéttust. Hins vegar getur eitrið haft heilsuspillandi áhrif á þá starfsmenn sem sjá um dreifingu þess^{35,36} og skekkt samkeppnisstöðu einstakra plöntutegunda.³⁷ Almennt er einnig óæskilegt að dreifa eitri í vistkerfum.³⁸ Fátt mælir því með

notkun eiturs við aðstæður eins og hér.

Vegna mikils og langlífs fræforða lúpínu í jarðvegi³⁹ koma fljótt upp kímplöntur þar sem henni hefur verið eytt af yfirborði en einnig getur fræ borist úr umhverfinu ef lúpína vex á nálægum svæðum. Í rannsókn Ástu Eyþórsdóttur o.fl.²⁷ var fræforði lúpínu í jarðvegi þar sem henni var eytt með eitri aðeins 20% fræforðans í ómeðhöndluðum lúpínureitum en engu að síður var svo mikið af fræi enn til staðar í eitruðum reitum að það gat viðhaldið lúpínu ef ekki var gripið til frekari aðgerða. Í tilraun á Korpu í Reykjavík voru flestar kímplöntur í reitum þar sem lúpína hafði verið slegin um mitt sumar árið áður vegna þess að sláttur á þeim tíma hafði neikvæðustu áhrifin á fullorðnar lúpínuplöntur.²⁶ Aðeins var slegið einu sinni í þeim tilraunareitum og plöntur mældar síðast einu eða tveimur árum seinna. Fimm árum síðar var lúpínubreiðan aftur orðin samfelld að sjá.²⁶ Þetta er í samræmi við reynsluna í Stykkishólmi. Þar

AÐGERÐIR GEGN ALASKALÚPÍNU

Við aðgerðir gegn lúpínu er mikilvægt að hafa eftirfarandi í huga:

- Því fyrr sem ráðist er í aðgerðir gegn ágengum lífverum, þeim mun ódýrari eru þær og þeim mun líklegra að þær skili árangri.¹⁷
- Sláttur er æskilegri en eitrun, en þess verður að gæta að slá á réttum tíma. Slegið skal á tímabili sem hefst þegar blómgunartími lúpínu er í hámarki²⁶ og ljúka slætti áður en öll blóm falla (Kristín Svavarsdóttir og Guðmundur Ingi Guðbrandsson, óbirt gögn). Á flestum landsvæðum er þetta í fyrri hluta júlímánaðar en er breytilegt milli ára. Mikilvægt er að fræ nái ekki að þroskast og dreifast.
- Sláttur verður að fara fram árlega til að koma í veg fyrir að plöntur sem hafa lifað af myndi

- lífvænleg fræ og endurnýi þannig fræforða í jarðvegi.
- Í flestum tilfellum er líklega óþarft að fjarlægja slegna lúpínu ef hún er slegin áður en fræ verða spírunarhæf. Undantekning gæti helst verið á friðlýstum svæðum og þar sem náttúrulegur gróður – staðargróðurinn – er viðkvæmur fyrir auknu nitri í jarðvegi.
- Aðgerðir gegn lúpínu eru langtímaskuldbinding. Nauðsynlegt er að endurtaka aðgerðir þar til lúpína hættir að vaxa á svæðinu. Við hvern slátt drepst aðeins hluti fullorðnu plantnanna og einnig er fræforði í jarðvegi yfirleitt ríkulegur. Eftir að lúpína virðist horfin þarf að hafa eftirlit með því hvort nýjar plöntur koma upp og fjarlægja þær jafnóðum.

var lúpína á svæðinu í kringum tilraunina slegin fyrstu árin en því var síðan hætt vegna manneklu og sumarið 2015 sást ekki munur á því svæði og þeim hluta sem aldrei var sleginn. Þetta sýnir mikilvægi þess að slá árlega og sýnir vel að aðgerðir til að hamla útbreiðslu lúpínu þarf að skilgreina sem langtímaverkefni.

Hér hefur verið fjallað um eyðingu lúpínu á svæði þar sem hún vex í stórrí breiðu. Við höfum sýnt fram á að árlegur sláttur er árangursrík leið til að eyða henni og það gildir einnig þegar hún vex í minni blettum. Æskilegt er að hefja aðgerðir áður en stórar lúpínubreiður myndast og hún nær að mynda mikinn fræbanka í jarðvegi. Það gildir um lúpínu jafnt og aðrar ágengar tegundir að því fyrr sem farið er í aðgerðir, þeim mun meiri líkur eru á því að eyðing takist, með minni vinnu og kostnaði en ella.^{17,18,20} Þegar eyðing lúpínu er skipulögð er mikilvægt að gleyma ekki að eyða stökum plöntum og litlum lúpínublettum áður eða meðfram því að unnið er á lúpínubreiðum^{20,40,41} því þar er fræuppspretta sem getur á skömmum tíma myndað stærri bletti og þróast í nýja lúpínubreiðu. Til að skila árangri þurfa aðgerðir gegn útbreiðslu lúpínu að vera markvissar og byggjast á bestu

mögulegri þekkingu (sjá ramma hér að ofan). Mikilvægt er að gera ráð fyrir nægilegu fjármagni til að ljúka slíku verkefni, þar með talið til vöktunar eftir aðgerðir.²⁰

Hafa skal í huga að lúpína breytir gróðurfari² og í einhverjum tilvikum kann að þurfa frekari aðgerðir til að endurheimta ákveðna gerð vistkerfis,²² t.d. að sá birki eða gróðursetja það.⁴² Mikilvægt er að fylgjast áfram með tilraunareitunum í Stykkishólmi til að meta þróun gróðurs til lengri tíma, m.a. hversu lengi grös verða ríkjandi í gróðurfari svæðisins. Í fæstum rannsóknum á ágengum aðfluttum tegundum er fjallað um kostnað við verkefni þótt þar sé lögð áhersla á mikilvægi langtímaskuldbindinga.²² Við gerðum ekki tilraun til að meta kostnað en reynslan frá Stykkishólmi sýnir að mestur tími fer í aðgerðir þar sem lúpína vex í breiðum. Miðað við tímann sem tók að slá reitina í þessari rannsókn gæti þurft að gera ráð fyrir um tveimur manndögum árlega til að eyða lúpínu á einum hektara í lúpínubreiðu.

Stykkishólmsbær hefur með aðgerðum sínum gegn ágengum plöntum innan marka sveitarfélagsins sýnt mikilvægt fordæmi fyrir önnur sveitarfélög. Þótt færri ágengar plöntutegundir sé að finna á Íslandi en annars staðar

á Norðurlöndum,^{7,8} geta þær tegundir sem hér þrífast valdið miklum breytingum á náttúrulegum vistkerfum landsins ef ekkert er að gert.^{7,18} Það er því full ástæða til að huga betur að aðgerðum gegn ágengum plöntum, sérstaklega þar sem þær ógna upprunalegum tegundum, fágætum búsvæðum eða mikilvægum náttúruminum. Hér má einnig geta þess að skógarkerfill (*Anthriscus sylvestris*) virðist sækja mjög í lúpínubreiður og leggur þær jafnvel undir sig.^{2,43} Þetta er dæmi um gjörbreytt vistkerfi sem rekja má til aukinnar útbreiðslu einnar ágengrar tegundar sem breytir aðstæðum og vinnur í hagin fyrir aðra ágenga tegund (e. *invasional meltdown*).^{44,45} Reynslan hefur sýnt að skógarkerfill getur jafnvel reynst erfiðari viðureignar en lúpína⁴⁶ og því er enn mikilvægara að hamla útbreiðslu lúpínu.

ENGLISH SUMMARY

A comparison of two eradication methods for the invasive species *Lupinus nootkatensis* in Iceland

Nootka lupine, *Lupinus nootkatensis*, was introduced to Iceland for revegetation and afforestation purposes in 1945. Due to its spread and impact on native vegetation, it has been classified as an invasive species. In 2010, the Stykkishólmur

municipality in West Iceland began a project of lupine eradication within its boundaries. Simultaneously, an experiment was established to compare the impact of two eradication methods on lupine and other vegetation, cutting and application of herbicide (glyphosate). Hence, the experiment included three treatments; cutting, herbicide application and untreated lupine, a total of 15 plots (each 100 m²) in five replicates. The treatments were applied annually and

vegetation measured after one (2011) and five years (2015). In 2015, the cover and density of flowering lupine were significantly lower in treated than untreated plots, but species richness was significantly higher in the treated plots in 2015. Species composition of treated plots changed greatly from 2011 to 2015 while changes in untreated plots were small and more erratic. The cut plots had the highest species richness, the greatest cover of grasses and herbs other

than lupine, and the least cover and density of lupine. The herbicide plots had higher proportion of bare ground and much less grass cover than the cut plots. Results from this five-year study suggest that both cutting and application of herbicide can be used to control lupine, but annual cutting gives better results as it interferes less with other vegetation. It should, however, be emphasised that the control of lupine requires a long-term commitment.

ÞAKKIR

Stykkishólmsbær, Náttúrustofa Vesturlands, Landbúnaðarháskóli Íslands og Landgræðsla ríkisins kostuðu rannsóknina. Starfsmenn í áhaldahúsi Stykkishólmsbæjar sáu um slátt og eitrun á tilraunareitunum og Trausti Tryggvason formaður Skógræktarfélags Stykkishólms veitti leyfi til að nota lúpínubreiðu á landgræðsluskógasvæðinu fyrir tilraunina. Árið 2011 tók Inga Vala Gísladóttir þátt í þekjumælingum og Brian Slater í lúpínúmælingum. Borgþór Magnússon ásamt ónefndum ritrýni lásu greinina yfir, auk ritstjóra og ritstjórnar Náttúrufræðingsins. Við þökkum öllum veitta aðstoð.

HEIMILDIR

- Borgþór Magnússon, Bjarni Diðrik Sigurðsson, Sigurður H. Magnússon & Snorri Baldursson 1995. Vöxtur og uppskera alaskalúpínu. Bls. 9–27 í: Líffræði alaskalúpínu (*Lupinus nootkatensis*). Vöxtur, fræmyndun, efnainnihald og áhrif sláttar (ritstj. Borgþór Magnússon). Fjölrit Rala nr. 178. Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Reykjavík.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon & Bjarni D. Sigurðsson 2003. Áhrif alaskalúpínu á gróðurfar. Náttúrufræðingurinn 71. 98–111.
- Sigurður Arnarson 2009. Belgjurtir í skógrækt á Íslandi: I. hluti. Skógræktarritið 2009. 14–23.
- Andrés Arnalds 1988. Lúpínan og landgræðslan. Bls. 193–196 í: Græðum Ísland – Landgræðslan 1907–1987 (ritstj. Andrés Arnalds). Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholti.
- Náttúrufræðistofnun Íslands & Landgræðsla ríkisins 2010. Alaskalúpína og skógarkerfill á Íslandi. Útbreiðsla, varnir og nýting. Skýrsla til umhverfisráðherra. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins, Reykjavík. 30 bls.
- Flóra Íslands 2015. Alaskalúpína (*Lupinus nootkatensis*). Skoðað 30. september 2015 á <http://www.floraislands.is/lupinnoo.html>
- Menja von Schmalensee 2010. Vágstir í vistkerfum – seinni hluti. Framandi og ágengar tegundir á Íslandi. Náttúrufræðingurinn 80. 84–102.
- NOBANIS – European network on invasive alien species 2015. Skoðað 13. nóvember 2015 á <http://www.nobanis.org>
- Borgþór Magnússon 2010. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet. *Lupinus nootkatensis*. Á vefsetri NOBANIS. Skoðað 13. nóvember 2015 á https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/1/lupinus-nootkatensis/lupinus_nootkatensis.pdf
- Raizada, P., Raghubanshi, A.S. & Singh, J.S. 2008. Impact of invasive alien plant species on soil processes: A review. Proceedings of the National Academy of Sciences. India. Section B, Biological Sciences 78. 288–298.
- Scherer-Lorenzen, M., Venterink, H.O. & Buschmann, H. 2008. Nitrogen enrichment and plant invasions: The importance of nitrogen-fixing plants and anthropogenic eutrophication. Bls. 163–180 í: Biological Invasions (ritstj. Nentwig, W.). Springer, Berlin.
- Hiltbrunner, E., Aerts, R., Buhlmann, T., Huss-Danell, K., Benedikt Magnússon, Myrold, D.D., Reed, S.C., Bjarni D. Sigurðsson & Korner, C. 2014. Ecological consequences of the expansion of N₂-fixing plants in cold biomes. *Oecologia* 176. 11–24.
- Þórunn Pétursdóttir, Ása L. Aradóttir & Karl Benediktsson 2013. An evaluation of the short-term progress of restoration combining ecological assessment and public perception. *Restoration Ecology* 21. 75–85.
- Ása L. Aradóttir 2004. Does the nootka lupin facilitate or impede colonization and growth of native birch in Iceland? Í: (Ritstj. van Santen, E. & Hill, G.D.) Wild and cultivated lupins from the tropics to the poles. Proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002. International Lupin Association, Canterbury í Nýja-Sjálandi. 184–190.
- Kristín Svavarsdóttir, Þórunn Pétursdóttir & Guðrún Gísladóttir 2004. Distribution Dynamics of Exotic Nootka Lupin (*Lupinus nootkatensis*) on a Braided River Plain in Skaffafell National Park, Iceland. Í: (Ritstj. van Santen, E. & Hill, G.D.) Wild and Cultivated Lupins from the tropics to the poles. Proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002. International Lupin Association, Canterbury í Nýja-Sjálandi. 199–202.
- Árna Björk Þorsteinsdóttir & Magnús H. Jóhannsson 2015. Útbreiðsla alaskalúpínu og skógarkerfils í Mosfellsbæ. Skýrsla unnin fyrir Mosfellsbæ, Lr 2015/12. Landgræðsla ríkisins, Gunnarsholti. 7 bls.
- Hobbs, R.J. & Humphries, S.E. 1995. An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. *Conservation Biology* 9. 761–770.
- Menja von Schmalensee 2010. Vágstir í vistkerfum – fyrri hluti. Stíkláð á stóru um framandi ágengar tegundir. Náttúrufræðingurinn 80. 15–26.
- Genovesi, P. 2008. Limits and potentialities of eradication as a tool for addressing biological invasions. Bls. 385–402 í: Biological Invasions (ritstj. Nentwig, W.). Springer, Berlin.
- Simberloff, D. 2009. We can eliminate invasions or live with them. Successful management projects. *Biological Invasions* 11. 149–157.
- IUCN 2000. IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. The SSC Invasive Species Specialist Group. 24 bls.
- Kettenring, K.M. & Adams, C.R. 2011. Lessons learned from invasive plant control experiments: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 48. 970–979.
- Þorvaldur Örn Árnason 2011. Að hemja alaskalúpínu á Íslandi. Náttúrufræðingurinn 81. 108–114.
- RÚV. 2012. Lúpínu eytt á Húsavík. Frétt á vefsetri Ríkisútvarpsins 20. júní 2012. Skoðað 30. september 2015 á www.ruv.is/frett/lupinu-eytt-a-husavik
- Menja von Schmalensee & Róbert A. Stefánsson. 2009. Ágengar plöntur í Stykkishólmi. Útbreiðsla alaskalúpínu, skógarkerfils, spánarkerfils og bjarnarklóar og tillögur um mótvægisáðgerðir. Fjölrit Náttúrustofu Vesturlands nr. 15. 32 bls.
- Bjarni D. Sigurðsson, Borgþór Magnússon & Sigurður H. Magnússon 1995. Áhrif sláttar á vöxt alaskalúpínu. Bls. 28–37 í: Líffræði alaskalúpínu (*Lupinus nootkatensis*). Vöxtur, fræmyndun, efnainnihald og áhrif sláttar (ritstj. Borgþór Magnússon). Fjölrit Rala nr. 178. Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Reykjavík.
- Ásta Eyþórsdóttir, Kristín Svavarsdóttir & Magnús H. Jóhannsson 2009. Eyðing alaskalúpínu með plöntueitri – áhrif á fræforða. Fræðaping landbúnaðarins 6. 397–401.
- Magnús H. Jóhannsson & Anne Bau 2009. Eyðing alaskalúpínu með plöntueitri – þéttleiki lúpínu. Fræðaping landbúnaðarins 6. 402–406.
- Borgþór Magnússon & Bjarni D. Sigurðsson 1995. Efnasamsetning alaskalúpínu. Bls. 44–65 í: Líffræði alaskalúpínu (*Lupinus nootkatensis*). Vöxtur, fræmyndun, efnainnihald og áhrif sláttar (ritstj. Borgþór Magnússon). Fjölrit Rala nr. 178. Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Reykjavík.
- Fríðrik Pálmason, Jón Guðmundsson & Halldór Sverrisson 2009. Niturnám úr lofti í belgjurtum og tveimur trjategundum. Fræðaping landbúnaðarins 6. 213–220.
- Wiseman, R., Morris, C.D. & Granger, J.E. 2002. Effects of pre-planting treatments on the initial establishment success of indigenous grass seedlings planted into a degraded *Aristida juncea*-dominated grassland. *South African Journal of Botany* 68. 362–369.
- Sigurður H. Magnússon & Borgþór Magnússon 1990. Birkisáningar til landgræðslu og skógræktar. Ársrit Skógræktarfélags Íslands 1990. 9–18.
- Ólafur Arnalds 2015. The soils of Iceland. Springer, Dordrecht. 183 bls.
- Fustec, J., Lesuffleur, F., Mahieu, S. & Cliquet, J.-B. 2010. Nitrogen rhizodeposition of legumes. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30. 57–66.
- Guyton, K.Z., Loomis, D., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Scoccianti, C., Mattock, H. & Straif, K. 2015. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology* 16. 490–491.
- Gress, S., Lemoine, S., Seralini, G.-E. & Puddu, P.E. 2015. Glyphosate-based herbicides potentially affect cardiovascular system in mammals:

- Review of the literature. Cardiovascular Toxicology 15: 117–126.
37. Damgaard, C., Strandberg, B., Mathiassen, S.K. & Kudsk, P. 2014. The effect of glyphosate on the growth and competitive effect of perennial grass species in semi-natural grasslands. Journal of Environmental Science and Health. Part B. Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes 49: 897–908.
 38. Walker, C.H., Sibly, R.M., Hopkin, S.P. & Peakall, D.B. 2012. Principles of Ecotoxicology. 4. útg. CRC Press, London. 309 bls.
 39. Bjarni D. Sigurðsson & Borgþór Magnússon 2004. Frævistfræði alaskalúpínu. Náttúrufræðingurinn 72: 110–116.
 40. Mack, R.N. & Lonsdale, W.M. 2002. Eradication invasive plants: Hard-won lessons on islands. Bls. 164–172 í: Turning the tide: The eradication of invasive species. Proceedings of the International conference on the eradication of island invasives. (ritstj. Veitch, C.R. & Clout, M.N.). IUCN, Gland í Sviss & Cambridge í Bretlandi.
 41. Simberloff, D. 2009. The role of propagule pressure in biological invasions. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 40: 81–102.
 42. Ása L. Aradóttir & Guðmundur Halldórsson 2004. Uppbygging vistkerfa á röskuðum svæðum. Fræðaping landbúnaðarins 2004: 86–93.
 43. Sigurður H. Magnússon 2011. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Anthriscus sylvestris*. Á vefsetri NOBANIS. Skoðað 16. nóvember 2015 á https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/a/anthriscus-sylvestris/anthriscus_sylvestris.pdf
 44. Simberloff, D. 2006. Invasional meltdown 6 years later: Important phenomenon, unfortunate metaphor, or both? Ecology Letters 9: 912–919.
 45. Simberloff, D. & Holle, B.V. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: Invasional meltdown? Biological Invasions 1: 21–32.
 46. Róbert A. Stefánsson & Menja von Schmalensee 2015. Aðgerðir gegn ágengum plöntum. Útdráttur erindis á Líffræðiráðstefnunni 5.–7. nóvember 2015. Skoðað 16. nóvember 2015 á http://biologia.is/files/agrip_2015/E16.html

PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA/AUTHORS' ADDRESSES

Kristín Svavarsdóttir
Landgræðslu ríkisins
Árleyni 22
IS-112 Reykjavík
kristin.svavarsdottir@land.is

Menja von Schmalensee
Náttúrustofu Vesturlands
Hafnargötu 3
IS-340 Stykkishólmi
menja@nsv.is

Ása L. Aradóttir
Landbúnaðarháskóla Íslands
Hvanneyri
IS-311 Borgarnesi
asa@lbhi.is

Anne Bau
Landgræðslu ríkisins
Gunnarsholti
IS-851 Hellu
anne@land.is

Róbert A. Stefánsson
Náttúrustofu Vesturlands
Hafnargötu 3
IS-340 Stykkishólmi
robert@nsv.is

UM HÖFUNDANA



Kristín Svavarsdóttir (f. 1959) lauk B.Ed.-prófi frá Kennaraháskóla Íslands 1982, B.Sc.-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1987 og Ph.D.-prófi í plöntuvistfræði frá Lincoln University í Nýja-Sjálandi 1995. Kristín starfaði sem plöntuvistfræðingur í Nýja-Sjálandi 1995–1999 og hefur starfað sem sérfræðingur í vistfræði hjá Landgræðslu ríkisins frá 1999.



Menja von Schmalensee (f. 1972) lauk B.Sc.-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1997 og stundar nú nám til Ph.D.-prófs við sama skóla. Menja starfar sem sviðsstjóri á Náttúrustofu Vesturlands og hefur gegnt þeirri stöðu síðan 2003.



Ása L. Aradóttir (f. 1959) lauk B.Sc.-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1981, M.Sc.-prófi í líffræði frá Montana State University 1984 og Ph.D.-prófi í vistfræði og stjórnum úthaga (Rangeland Ecology and Management) frá Texas A&M University í Bandaríkjunum 1991. Ása var sérfræðingur á Rannsóknastöð Skógræktar ríkisins á Mógilsá 1990–1998, sviðsstjóri rannsóknasviðs Landgræðslu ríkisins 1998–2006 og hefur verið prófessor við Landbúnaðarháskóla Íslands frá 2006.



Anne Bau (f. 1966) lauk cand scient.-prófi í líffræði frá Kaupmannahafnarháskóla 1995. Hún hefur starfað sem sérfræðingur hjá Landgræðslu ríkisins frá 2000.



Róbert Arnar Stefánsson (f. 1972) lauk B.Sc.-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1996 og M.Sc.-prófi frá sama skóla 2000. Hann hefur starfað sem forstöðumaður Náttúrustofu Vesturlands síðan 2000.

1. viðauki. Appendix 1. Tegundir sem skráðar voru í reitum á tilraunasvæðinu í Stykkishólmi 2011 og 2015, flokkaðar eftir tegundahópum. Sýndur er fjöldi reita (af fimm mögulegum) sem hver tegund kom fyrir í. Tegundum er raðað eftir tíðni innan hvers tegundahóps. – Species recorded in 2011 and 2015 in the experimental plots in Stykkishólmur, West Iceland. The species are classified by functional groups and the number of plots in which a species was recorded is shown (max. 5). Species are ordered by frequency within a functional group.

Nafn plöntu <i>Common name</i>	Latneskt heiti <i>Scientific name</i>	Ómeðhöndluð lúpína <i>Untreated</i>		Sláttur <i>Cut</i>		Eitrun <i>Herbicide</i>	
		2011	2015	2011	2015	2011	2015
GRÖS / <i>Grasses</i>							
Túnvingull	<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>richardsonii</i>	5	5	5	5	2	5
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>	5	2	5	5	4	5
Blásveifgras	<i>Poa glauca</i>	3	2	2	3	1	4
Bugðupuntur	<i>Avenella flexuosa</i>	2	2	4	3		2
Vallarsveifgras	<i>Poa pratensis</i>	1	2	3	4		2
Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>	4	1	3	1		2
Skríðlíngresi	<i>Agrostis stolonifera</i>			1	1	1	1
Snarrótarpuntur	<i>Deschampsia caespitosa</i>	1		1	2		
Háliðagras	<i>Alopecurus pratensis</i>				1		
HÆRUR og SEF / <i>Rushes and sedges</i>							
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>	1		2	4		1
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>			1		1	2
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>				5		1
TVÍKÍMBLAÐA JURTIR / <i>Herbs</i>							
Lúpína	<i>Lupinus nootkatensis</i>	5	5	5	5	5	5
Brennisóley	<i>Ranunculus acris</i>	1	3	1	1	1	2
Túnfífill	<i>Taraxacum</i> spp.	2	2	3	4		4
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>	2	2	1	3		4
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>	1		2	2	1	2
Vallhumall	<i>Achillea millefolium</i>	1		1	2	1	1
Melablóm	<i>Arabidopsis petraea</i>	1		1	4		4
Skarífífill	<i>Leontodon autumnalis</i>	2		1	3		1
Vegarfi	<i>Cerastium fontanum</i>			2	5		4
Grávörblóm	<i>Draba incana</i>			1	4		4
Gleym-mér-ei	<i>Myosotis arvensis</i>			1	3		4
Geldingahnappur	<i>Armeria maritima</i>			2	2		2
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>	1			3		2
Dagstjarna	<i>Silene dioica</i>			1	1	1	
Ólafssúra	<i>Oxyria digyna</i>			1	1		1
Vætuðúnurt	<i>Epilobium ciliatum</i>				2		4
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>			2	3		
Krossfífill	<i>Senecio vulgaris</i>				1		4
Hundasúra	<i>Rumex acetosella</i>				3		1
Kattartunga	<i>Platago maritima</i>			1	2		
Gullmura	<i>Potentilla crantzii</i>			1	1		
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>				1		1
Ljósberi	<i>Viscaria alpina</i>				1		1
Skríðnablóm	<i>Arabis alpina</i>				1		1
Týsfjola	<i>Viola canina</i>				1		1
Garðasól	<i>Papaver croceum</i>				1		1
Dúnurt	<i>Epilobium</i> spp.				2		

Framhald á næstu síðu / Continued.

1. viðauki. Framh. – Appendix 1. Cont.

Nafn plöntu Common name	Latneskt heiti Scientific name	Ómeðhöndluð lúpína Untreated		Sláttur Cut		Eitrun Herbicide	
		2011	2015	2011	2015	2011	2015
TVÍKIMBLAÐA JURTIR / Herbs – Frh. / Cont.							
Hjartarfi	Capsella bursa-pastoris						1
Hliðamariustakkur	Alchemilla filicaulis				1		
Hrafnaklukka	Cardamine pratensis subsp. angustifolia						1
Kornsúra	Bistorta vivipara				1		
Kræklurót	Corallorhiza trifida				1		
Músareyra	Cerastium alpinum				1		
Njóli	Rumex longifolius				1		
Skammkrækili	Sagina procumbens						1
Skriðsóley	Ranunculus repens						1
Toppasteinbrjótur	Saxifraga rosacea						1
Undafíll	Hieracium spp.					1	
Prenningarfjola	Viola tricolor				1		
TRÉ og RUNNAR / Trees and shrubs							
Birki	Betula pubescens					1	1
Rífsber	Ribes rubrum			1	1		
SMÁRUNNAR / Small shrubs							
Krækilyng	Empetrum nigrum	2		2	3	3	3
Blóðberg	Thymus praecox subsp. arcticus	3		2	4		
Grasviðir	Salix herbacea	1		1	2		
Bláberjalyng	Vaccinium uliginosum			1	1	1	
Holtasóley	Dryas octopetala				1	1	
MOSAR / Mosses							
Engjaskraut	Rhytidiadelphus squarrosus	2	3	3	4	5	4
Runnaskraut	Rhytidiadelphus triquetrus	1	2	1	4	1	5
Hraungambri	Racomitrium lanuginosum			2		2	1