Uppbygging vistkerfa á röskuðum svæðum

Ása L. Aradóttir[1)] og Guðmundur Halldórsson[2)]
[1)]*Landgræðslu ríkisins*; [2)]*Rannsóknastöð skógræktar, Mógilsá*

Inngangur

Gróðureyðing og jarðvegsrof hafa haft alvarlegar afleiðingar fyrir stóran hluta íslenskra vistkerfa. Í úttekt Rannsóknastofnunar landbúnaðarins og Landgræðslu ríkisins á jarðvegsrofi (Ólafur Arnalds o.fl. 1997) kemur meðal annars fram að talsvert, mikið eða mjög mikið rof sé á um 40% landsins og að auðnir þekja um 20% lands undir 400 m h.y.s. Áhrif þess á vistkerfi ná til fjölmargra þátta, svo sem plöntu- og dýrasamfélaga, frumframleiðni, vatnsbúskapar og frjósemi. Uppbygging skemmdra vistkerfa er mikilvægur liður í því að þróa og viðhalda sjálfbærri nýtingu lands (Whisenant 1999, Hobbs og Harris 2001).

Uppbygging vistkerfa er ferli sem fylgir lögmálum um framvindu. Uppgræðslu- og skógræktaraðgerðir skapa ekki fullbúin vistkerfi heldur er hlutverk þeirra að hraða framvindu vistkerfa og beina henni í ákveðinn farveg (Bradshaw 1987). Framvinduhraðinn á einhverju tilteknu svæði getur verið afar misjafn, annars vegar koma tímabil hraðra breytinga og hins vegar tímabil þar sem litlar sem engar breytingar eru sjáanlegar. Þá er stundum talað um að kerfið þurfi að komast yfir „þröskulda" og til þess að það geti gerst sé ekki nóg að aflétta því álagi sem olli skemmdunum (t.d. beit) heldur þurfi að koma til viðbótaraðgerðir til að hjálpa framvindunni (Hobbs og Norton 1996). Dæmi um slíka þröskulda eru óstöðugt jarðvegsyfirborð vegna frostlyftingar eða rofs er gerir landnám plantna erfitt, lítil frjósemi jarðvegs eða skortur á fræi tegunda sem numið geta land. Inngrip, í formi uppgræðslu- og skógræktaraðgerða, geta hjálpað vistkerfum yfir þessa þröskulda, eins og til dæmis áburðargjöf til að örva plöntuvöxt og fræframleiðslu, eða aðgerðir til stuðla að landnámi tegunda sem gegna lykilhlutverki við framvinduna (Ása L. Aradóttir 1998).

Tilgangur uppgræðslu og skógræktaraðgerða getur verið afar fjölbreytilegur eftir því hverjar eru helstu þarfir fyrir landnotkun á viðkomandi svæði og hver stendur að aðgerðunum. Sem dæmi um áherslur í landnýtingu má nefna beit, skógrækt eða útivist. Umhverfissjónarmið vega oft þungt þar sem stefnt er að því að stöðva jarðvegseyðingu og byggja upp aftur starfhæf vistkerfi á röskuðum svæðum. Til dæmis er sóst eftir ávinningi af bindingu kolefnis í gróðri og jarðvegi, endurreisn líffræðilegs fjölbreytileika og bættri vatnsmiðlun. Markmið aðgerðanna ráða miklu um val á aðferðum, en einnig þarf að taka tillit til fleiri þátta, svo sem ástandi svæðis í upphafi aðgerða, landslags, félagslegs og efnahagslegs samhengis (Whisenant 1999). Skilningur á áhrifum mismunandi aðgerða á framvindu stuðlar að markvissara vali á aðgerðum sem henta mismunandi markmiðum og aðstæðum.

Árið 1999 hófst rannsóknaverkefnið Landbót, sem hefur það markmið að kanna áhrif mismunandi uppgræðslu- og skógræktaraðgerða á framvindu og „þjónustu" vistkerfa (Guðmundur Halldórsson o.fl. 2001). Rannsóknaverkefnið er samstarfsverkefni Landgræðslu ríkisins, Rannsóknastöðvar skógræktar á Mógilsá, Rannsóknastofnunar landbúnaðarins, Háskóla Íslands og Suðurlandsskóga. Einn meginþáttur verkefnisins eru tilraunir með mismunandi lausnir við uppbyggingu vistkerfa á röskuðum svæðum og áhrifum þeirra á framvindu og starfsemi vistkerfa. Um er að ræða tilraun sem miðast við mjög breytileg markmið, allt frá því að stöðva rof og koma af stað gróðurframvindu með lágmarksinngripum og yfir í það að samþætta landgræðslu- og

skógræktaraðgerðir til kolefnisbindingar og fleiri nytja. Langtímarannsóknir þar sem fylgst er með framvindu í föstum reitum veita innsýn í þá ferla sem liggja að baki framvindu og þróun vistkerfa (Rebele & Lehmann 2002) og með því að prófa mismunandi inngrip og meðferðir er einnig hægt að læra nokkuð um hvernig hægt sé að stýra framvindunni.

Hér á eftir munum við greina frá uppsetningu og skipulagi verkefnisins og gefa nokkur dæmi um niðurstöður.

Rannsóknasvæði og -aðferðir

Rannsóknunum var valinn staður á Geitasandi á Rangárvöllum vegna þess að þar var að finna stórt samfellt svæði sem var fremur gróðurlítið og virtist vera nokkuð einsleitt. Yfirborðsgerð svæðisins er sandmelur með rofeinkunn 3 á norðausturhluta svæðisins og 4 á suðvesturhlutanum (Ólafur Arnalds, pers. uppl.). Gróðurfarið einkennist af strjálum melagróðri. Landinu hallar til suðvesturs og er hæðarmunur hæsta og lægsta hluta svæðisins um 30 m (Sölvi Þór Bergsveinsson 2000). Móhella er undir öllu svæðinu og er dýptin niður á hana breytileg, einkum þar sem eru ójöfnur í landslagi. Á norðausturhluta svæðisins, sem er fremur flatt, var móhellan yfirleitt á 30-50 cm dýpi en á suðvestanverðu svæðinu var dýpi niður á móhelluna 0-90 cm (Sölvi Þór Bergsveinsson 2000).

Alls voru lagðir út 40 ferningslaga tilraunareitir á svæðinu og var hver reitur 1 ha eða 100 m á kant. Tilraunareitirnir voru hafðir svona stórir til að líkja eftir raunverulegum aðstæðum á uppgræðslusvæðum og til að draga úr jaðaráhrifum. Fjarlægð á milli reita var að lágmarki 50-100 m til að draga úr hugsanlegum áhrifum meðferða hvor á aðra og við staðsetningu reita var sneitt hjá miklum ójöfnum í landslagi. Reitirnir ná yfir svæði sem er tæplega 3 km langt frá norðausturs til suðvesturs og er rúmlega 1 km breitt.

Tilraunameðferðir voru tíu og er þar um að ræða mismunandi samþættingu algengra uppgræðsluaðgerða og gróðursetningar trjáa, runna og belgjurta (sjá 1. töflu). Hver meðferð var endurtekin fjórum sinnum og var meðferðum dreift tilviljanakennt á reiti innan hverrar endurtekningar. Meðferðir 2-5 eru dæmi um algengar aðferðir við uppgræðslu lands, sem eru þó gjarnan notaðar í mismunandi tilgangi. Meðferðir 6-8 prófa mismunandi líkön fyrir hlutverk fræuppsprettna af lykiltegundum við myndun birki og víðikjarrs á röskuðu landi og meðferðir 9-10 prófa líkön af samþættingu uppgræðslu- og skógræktaraðgerða með heilgróðursetningu.

Til mælinga á gróðurfari voru lagðir út fimm ferningslaga 100m^2 mælireitir innan hvers 1 ha stórreits. Staðsetning mælireitanna var ákvörðuð með tilviljanatölum en þeir máttu ekki vera nær jaðri stórreits en 5 m. Innan hvers mælireits voru lagðir út sex 0,5 x 0,5 m smáreitir, einnig eftir tilviljanatölum. Tvö horn hvers smáreits voru merkt með hælum þannig að hægt væri að mæla sömu smáreitina aftur og aftur. Gróðurmælingar hafa verið gerðar í síðari hluta ágúst og fram í byrjun september ár hvert en ekki hafa allar meðferðir verið mældar öll árin. Í smáreitunum hefur þekja mismunandi tegundahópa og yfirborðsgerða verið metin, auk þekju einstakra háplöntutegunda, mosa og skánar. Einnig hafa háplöntutegundir sem ekki komu fyrir í smáreitum verið skráðar í mælireit (100m^2) og stórreit (1 ha).

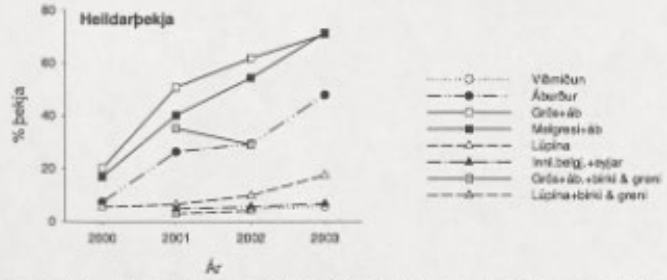
1. tafla. Yfirlit yfir tilraunameðferðir á Geitasandi. Frekari upplýsingar um sáðmagn, stofna, áburðarmagn og áburðargerðir er að finna í ritgerð Garðars Þorfinnssonar (2001).

Meðferð	*Lýsing*	*Meðhöndlunartími*
1: Viðmiðun	Ómeðhöndlaðir viðmiðunarreitir.	
2: Áburður	Uppgræðsla með áburðargjöf[1)], án sáninga.	Áb. 2000, 2001, 2003.
3: Grös og áburður	Sáning túnvinguls (*Festuca rubra*) og vallarsveifgrass (*Poa pratensis*) af stofnum sem mikið hafa verið notaðir í uppgræðslu. Áburðargjöf við sáningu og a.m.k. tvisvar eftir það.	Sáning nóv. 1999 Áb. við sáningu, 2001 og 2003.
4: Melgresi og áburður	Sáning melgresis (*Leymus arenarius*) og áburðargjöf.	Sáning nóv. 1999 Áb. við sáningu, 2001 og 2003.
5: Lúpína	Sáning lúpínu.	Maí 2000.
6: Grös og áburður, birki- og víðieyjar	Sáning túnvinguls og vallarsveifgrass af stofnum sem ekki eru taldir eins langlíf þeir sem notaðir voru í (3), auk rýgresis (*Lolium multiflorum*). Einnig voru gróðursettar í hvern reit fjórar þyrpingar (eyjar) af birki (*Betula pubescens)* tvær þyrpingar með stiklingum af gulvíði (*Salix phylicifolia*) og loðvíði (*S. lanata*).	Sáning nóv. 1999 Áb. við sáningu, 2001 og 2003. Birki og víðistiklingar gróðursett 2002, víðistiklingum bætt inn 2003.
7: Grös (sk) og áburður, birki- og víðieyjar	Sama og (3), auk birki og víðieyja eins og í (6).	Sama og (6).
8: Innlendar belgjurtir	Birki- og víðieyjar eins og í (6) og (7). Auk þess voru torfur með innlendum belgjurtunum smára (*Trifolium repens*), baunagrasi (*Lathyrus japonicus*) og umfeðmingi (*Vicia cracca*) gróðursettar í og við eyjarnar.	Birki, víðir og belgjurtir gróðursett 2002, víði bætt inn 2003.
9: Grös og áburður, birki og greni	Sama og (3); birki og sitkagreni gróðursett í plógrásir og borið á samtímis (sjá Arnór Snorrason 2004).	Sama og (3). Birki og greni gróðursett 2001 og 2002.
10: Lúpína, birki og greni	Sama og (5); birki og sitkagreni gróðursett í plógrásir og borið á samtímis (sjá Arnór Snorrason 2004)..	Sama og (5). Birki og greni gróðursett 2001 og 2002.

[1)] Áburður var í öllum tilfellum tilbúinn áburður með nítri og fosfór.

Á árinu 2002 var safnað dýrum af yfirborði í fallgildrur í öllum reitum á Geitasandi. Í miðju hvers reits var komið fyrir 2 fallgildrum af hefðbundinni gerð með um það bil 10 metra millibili. Í gildrurnar var sett sápublandað glycerol. Gildrur voru settar niður 24. apríl og síðan tæmdar með um það bil tveggja vikna millibili fram til 11. október, þegar söfnun var hætt. Alls var safnað 527 sýnum og er búið að flokka og telja stökkmor og mítla í þeim öllum. Stökkmor var greint til ætta en mítlarnir til yfirætta. Búið er að tegundagreina björllur, köngulær og langfætlur í 389 sýnum eða 74% sýna.

Einhliða t-próf Dunnett var notað til að kanna hvort tegundafjöldi háplantna í meðferðareitum væri marktækt hærri en í viðmiðunarreitum. Stikalaus fylgnistuðull (Spearmans r_s) var reiknaður til að sjá hvort fylgni væri á milli heildarþekju gróðurs og veiði smádýra í gildrur. Tölfræðipróf voru gerð í forritinu SPSS®, útgáfu 11.5.



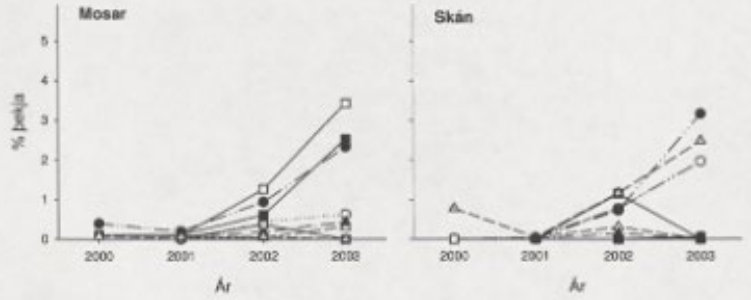
1. mynd. Heildarþekja gróðurs (háplöntur, mosar, lífræn jarðvegsskán og sina) í tilraunareitum á Geitasandi 2000-2003.

Niðurstöður

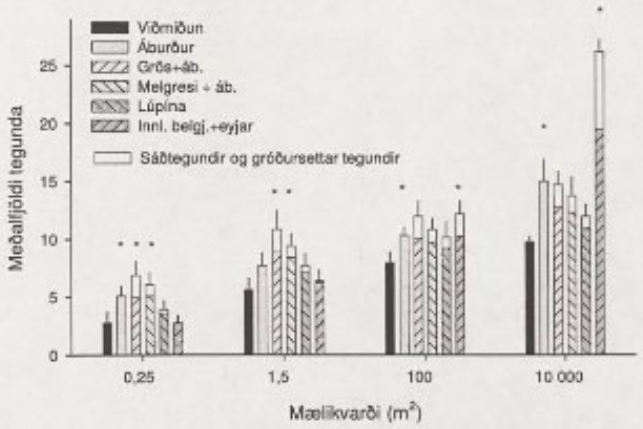
Hér verður aðeins stiklað á stóru um helstu niðurstöður úr mælingum á gróðurfari 2000-2003 og mælingum á smádýralífi árið 2002.

Heildarþekja gróðurs í uppgræðslureitum með melgresi og öðrum grösum jókst stöðugt fyrstu fjögur árin (1. mynd). Í reitum sem eingöngu hafði verið borið á, en ekki sáð í, var þekjuaukningin ekki eins jöfn og var heildarþekjan tæplega 50% haustið 2003. Í lúpínureitunum jókst þekjan hins vegar mun hægar til að byrja með (1. mynd). Í reitum með birki og grenigróðursetningum (meðferðir 9 og 10) varð allmikið rask vegna plógrásanna sem gerðar voru fyrir gróðursetningarnar. Þar af leiðandi var heildarþekja gróðurs í þessum reitum mun lægri en í samsvarandi uppgræðslum án plógrása og lækkaði á milli áranna 2001 og 2002 (1. mynd). Til að einfalda framsetningu er ekki sýnd þekja í reitum með grassáningum og gróðursettum birki- og víðieyjum (meðferðir 6 og 7).

Mosar og lífræn jarðvegsskán höfðu nær enga þekju árið 2000 (2. mynd) en næstu þrjú árin jókst þekja þessara flokka í öllum meðferðum sem voru ábornar (með eða án sáninga).

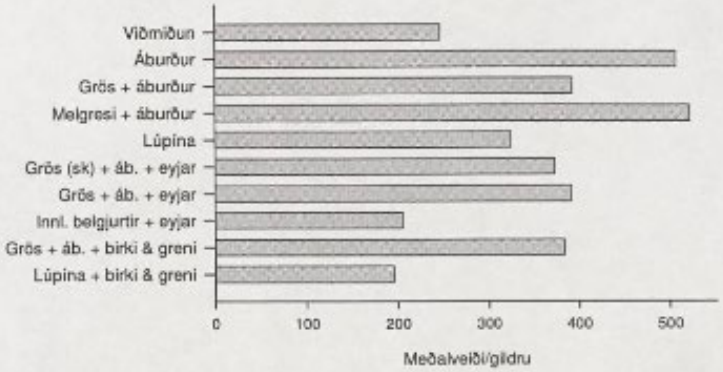


2. mynd. Þekja mosa (til vinstri) og lífrænnar jarðvegsskánar (til hægri) í tilraunreitum á Geitasandi 2000-2003. Útskýringar á táknum og línum eru þær sömu og fyrir 1. mynd.



3. mynd. Fjöldi tegunda í tilraunareitunum á Geitasandi 2003 miðað við mismunandi mælikvarða (meðaltal og staðalskekkja). Mælikvarðinn 0,25 vísar til meðalfjölda tegunda í hverjum smáreit, 1,5 á við um meðalfjölda tegunda samanlagt í öllum smáreitum í hverjum mælireit, 100 á við um allar tegundir í einstökum mælireitunum og 10 000 á við um allar tegundir sem fundust í stórreitunum. Súlur fyrir meðferðir þar sem fjöldi tegunda (annarra en sáðtegunda og gróðursettra tegunda) var marktækt hærri en í viðmiðunarreitunum eru merktar með stjörnum.

Meðalfjöldi háplöntutegunda í smáreitum (0,25 m^2) var mestur í þeim meðferðum sem borið var á, hvort sem um var að ræða sáningar eða eingöngu áburðargjöf (3. mynd). Þær meðferðir (2-4) voru allar með marktækt fleiri tegundum en viðmiðunarreitir þó að sáðtegundir væru ekki teknar með. Þegar komið er upp í stærri mælikvarða, í 100 m^2 mælireiti og 1 ha stórreiti, voru marktækt fleiri tegundir í reitum með áburðargjöf eingöngu og í reitum með innlendum belgjurtum en í



4. mynd Veiði smádýra í fallgildrur. Súlurnar sýna meðalveiði í gildru yfir veiðitímabil (18,9 dagar).

viðmiðunarreitum (3. mynd). Í síðastnefndu reitunum teljast hins vegar með nokkrar tegundir er komu með belgjurtunum, sem fluttar voru í litlum gróðurtorfum af svæðum með miklum þéttleika af viðkomandi tegund og gróðursettar í tilraunareitunum.

Meðalveiði smádýra í gildru yfir veiðitímann 2002 (4. mynd) var mest í melgresis- og áburðarreitum en minnst í þeim reitum þar sem lúpínu hafði verið sáð og trjáplöntur síðan gróðursettar. Einnig í reitum með „eyjum" af innlendum belgjurtum og trjáplöntum og í viðmiðunarreitum þar sem engar landgræðslu eða skógræktaraðgerðir höfðu átt sér stað. Aðrir meðferðarliðir liggja þarna á milli. Jákvæð marktæk fylgni var á milli heildarþekju gróðurs 2002 og meðalveiði í gildru yfir veiðitímann (Spearmans r_s=0,66, P<0,001).

Umræða

Endurteknar mælingar á föstum reitum yfir langt tímabil eru taldar vera ein besta leiðin við að rannsaka framvindu (Walker og del Moral 2003). Sú leið hefur þann kost að hægt er að fylgjast náið með framvindunni sem ætti að auðvelda skilning á því hvaða ferlar eru í gangi og hvaða þættir stýra þeim. Hins vegar er frumframvinda eins og hér er um að ræða yfirleitt hægfara og því getur tekið langan tíma þangað til öll kurl eru komin til grafar. Önnur leið, mun vinsælli, er að bera saman svæði sem eru sambærileg að öllu öðru leyti en því að framvindan á sér mislanga sögu. Slíkar rannsóknir hafa einnig verið unnar í tengslum við Landbótarverkefnið og hafa þær fjallað um gróðurfar (Grétarsdóttir 2002), landnám háplöntutegunda (Elmarsdóttir o.fl. 2003) og smádýralíf (Edda Sigurdís Oddsdóttir 2002). Kostur við þá nálgun er að tiltölulega fljótlegt er að afla upplýsinga um mismunandi framvindustig. Helsti ókosturinn er hins vegar sá að erfitt getur verið að finna svæði þar sem bæði er að finna sambærilegar umhverfisaðstæður og sambærilegar aðgerðir, auk þess sem skortur á raunverulegum endurtekningum getur einnig verið vandamál. Með því að leggja þessar tvær leiðir saman í Landbótarverkefninu er hins vegar reynt að sameina kosti beggja.

Gróðurþekja í tilraunareitunum á Geitasandi hefur farið vaxandi frá fyrstu mælingum og var í lok fjórða sumarsins (2003) komin í rúmlega 70% í reitum með grassáningum en tæplega 50% í reitum með áburðargjöf án sáninga (1. mynd). Í síðastnefndu meðferðinni jókst þekjan að vísu lítið árið 2002 en það ár var ekki borið á tilraunareitina. Lúpínureitirnir fóru hægt af stað en þar tvöfaldaðist þekjan á milli 2002 og 2003. Plæging samfara gróðursetningu leiddi til þess að þekja í reitum með gróðursettum plöntum var aðeins um helmingur af þekju í samsvarandi ógróðursettum reitum (1. mynd). Þá var þekja í lúpínusáningum aðeins brot af þekju grassáninganna bæði gróðursetningarárin, sem hefur eflaust haft sitt að segja um að lífun gróðursettra trjáplantna var mun betri í grassáningunum (Arnór Snorrason 2004). Gróðursett var í reiti með innlendum belgjurtum sumarið 2002 og fram til 2003 voru þeir reitir nokkuð sambærilegir við viðmiðunarreitina. Í þessum reitum var þekjan 5-6% og breyttist hægt. Í gömlum (16-44 ára) grassáningum við líkar umhverfisaðstæður, 3-4 km norðvestan við tilraunina á Geitasandi, var heildarþekja gróðurs yfirleitt komin í 100% meðan þekja óuppgræddra viðmiðunarsvæða við hlið uppgræðslureitanna var aðeins um 5% (Grétarsdóttir 2002). Þetta bendir til þess að við þessar aðstæður sé um að ræða „þröskuld" er tefji gróðurframvinduna og að einhverskonar inngrip í formi áburðar með eða án sáninga þurfi til að hjálpa framvindunni af stað og hraða henni.

Þekja mosa og lífrænnar jarðvegsskánar var afar lítil í viðmiðunarreitum og í öðrum meðferðum til að byrja með en var sumarið 2003 komin í 2-3% í þeim meðferðum sem borið hafði verið á (2. mynd). Yfirborð með skán eða þunnum mosa er hagstætt fyrir landnám birkis, víðis, og ýmissa annarra tegunda á uppgræðslusvæðum (t.d. Aradóttir 1991, Ása L. Aradóttir o.fl. 1999, Elmarsdóttir o.fl. 2003). Því má búast við að í meðferðum þar sem þunnur mosi og skán hafa náð að myndast hafi skilyrði fyrir landnám ýmissa háplöntutegunda batnað. Meiri tegundafjölda í meðferðum í meðferðum sem borið hafði verið á en í viðmiðunarreitum (3. mynd) bendir til þess að sú sé raunin. Þessi munur er einkum áberandi þegar litið er á minnsta mælikvarðann (0,25 m^2 smáreiti) en áhrifin komu ekki eins skýrt fram við mat á tegundafjölbreytileika á stærri mælikvarða (3. mynd). Það má hugsanlega skýra með því að Geitasandur er stórt svæði með tiltölulega fábreyttu gróðurfari og því sé dreifing nýrra háplöntutegunda inn í stórreitina takmörkuð. Hins vegar má búast við því að áhrif aðgerða á fjölda tegunda þegar litið er á smærri mælikvarða séu fyrst og fremst vegna landnáms tegunda sem fyrir voru í stórreitunum.

Reitir með innlendum belgjurtum höfðu talsverða sérstöðu hvað varðar tegundafjölda, vegna þess að í þeim voru nokkrar háplöntutegundir sem komu með belgjurtunum. Belgjurtirnar voru hnappdreifðar þar sem þær voru eingöngu gróðursettar í og við birki- og víðieyjar (sex þyrpingar í hverjum reit) og voru ekki farnar að dreifa sér neitt þaðan. Því komu áhrif þessara aukategunda á meðaltegundafjölda aðeins fram á stærsta mælikvarðanum (1 ha).

Veiði smádýra var mest í reitum sem höfðu fengið áburðargjöf og í meðferðum með sáningum melgresis og annarra grastegunda (4. mynd). Jákvæð fylgni á milli fjölda veiddra smádýra og gróðurþekju bendir til þess að heildarfjöldi smádýra fylgi gróðrinum að einhverju leyti eftir, sem má eflaust rekja til þess að í þeim reitum sé meira um fæðu en í verr grónum reitum. Nokkur munur virðist hinsvegar vera á því hvaða hópar eru ríkjandi í mismunandi uppgræðslumeðferðum. Þannig voru t.d. mítlar mjög áberandi í melgresis- og áburðarreitum. Tegundagreiningum smádýra eru hinsvegar ekki að fullu lokið og því er á þessu stigi ekki unnt að segja til um hvernig tegundir dreifast á mismunandi búsvæði.

Lokaorð

Þegar eru komin fram allmikil áhrif af uppgræðslu- og skógræktaraðgerðum í tilrauninni á Geitasandi. Hins vegar er hér um að ræða langtímaverkefni sem er rétt að hefjast. Mælingar sem hingað til hafa verið gerðar á tilraunareitunum gefa vísbendingar um fyrstu áhrif aðgerðanna á plöntur og smádýralíf en einnig er fylgst með jarðvegi svæðisins. Á næstu árum er fyrirhugað að leggja aukna áherslu á að rannsaka vistfræðilega virkni og „þjónustu" í tilraunareitunum, svo sem í tengslum við hringrás næringarefna, vatnsbúskap og kolefnisbindingu.

Rannsóknir sem þessar, þar sem prófaðar eru á svo stórum skala mismunandi uppgræðslu- og skógræktaraðgerðir í hefðbundnu tilraunaskipulagi með endurtekningum, eru einsdæmi hér á landi og þótt víðar væri leitað. Búast má við að gildi svæðisins vaxi með tímanum og að það nýtist bæði til að svara þeim spurningum sem lagt var upp með í upphafi rannsóknanna og sem vettvangur fyrir fjölbreyttar aðrar rannsóknir.

Þakkarorð

Allmargir starfsmenn Landgræðslu ríkisins, Rannsóknastöðvar skógræktar á Mógilsá og Rannsóknastofnunar landbúnaðarins hafa komið að þessum rannsóknum á mismunandi stigum og þökkum við þeirra framlag. Verkefnið var styrkt af Markáætlun Rannís um umhverfisrannsóknir og upplýsingatækni og Landsvirkjun.

Heimildir

Aradóttir, Á. L. 1991. Population biology and stand development of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) on disturbed sites in Iceland. Ph.D. dissertation. Texas A&M University, College Station, Texas.

Arnór Snorrason, 2004. Vöxtur og viðgangur trjáplantna á tilraun Landbótar á Geitasandi. Fræðaþing landbúnaðarins 2004.

Ása L. Aradóttir. 1998. Ástand og uppbygging vistkerfa, bls. 83-94, *Í:* Úlfur Björnsson & Andrés Arnalds, ritstj. Græðum Ísland. Landgræðslan 1995-1997. Árbók VI. Landgræðsla ríkisins.

Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir, Sigurður H. Magnússon, Jón Guðmundsson, Aðalsteinn Sigurgeirsson, & Andrés Arnalds. 1999. Notkun innlendra víðitegunda til uppgræðslu og landbóta. Áfangaskýrsla 1997-1998. Fjölrit Landgræðslunnar 1.

Bradshaw, A. 1987. Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research. Cambrige University Press, Cambridge.

Edda Sigurdís Oddsdóttir. 2002. Áhrif skógræktar og landgræðslu á jarðvegslíf. M.S. ritgerð, Háskóli Íslands, Reykjavík.

Elmarsdottir, A., A. L. Aradottir & M. J. Trlica. 2003. Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites. *Journal of Applied Ecology* 40: 815-823.

Garðar Þorfinnson. 2001. Mat á mismunandi uppgræðsluaðferðum. Aðalritgerð við búvísindadeild, Landbúnaðarháskólinn á Hvanneyri.

Guðmundur Halldórsson, Ása L. Aradóttir, Ólafur Arnalds, Edda S. Oddsdóttir & Þóra E. Þórhallsdóuir. 2001. Landbót- uppbygging vistkerfa á röskuðum svæðum. *Ráðunautafundur* 2001: 242-245.

Grétarsdóttir, J.. 2002. Long term effects of reclamation treatments on plant succession at two localities in Iceland. Cand. Scient. thesis. University of Bergen, Norway.

Hobbs, R.J., & J.A. Harris. 2001. Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millenium. *Restoration Ecology* 9: 239-246.

Hobbs, R.J., & D.A. Norton. 1996 Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4: 93-110.

Ólafur Arnalds, Elín F. Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson & Arnór Árnason. 1997. *Jarðvegsrof á Íslandi*. Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins.

Rebele, F., & C. Lehmann. 2002. Restoration of a landfill site in Berlin, Germany by spontaneous and direct succession. *Restoration Ecology* 10: 340-347.

Sölvi Þór Bergsveinsson. 2000. Hönnun hæðarlíkans fyrir landgræðslutilraunir á Geitasandi á Rangárvöllum. B.S. ritgerð, Háskóli Íslands, Reykjavík.

Walker, L.R., & R. del Moral. 2003. *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Whisenant, S.G.. 1999. *Repairing Damaged Wildlands*. Cambridge University Press, Cambridge.