

Nítur námsbakteríur og belgjurtir

HALLDÓR SVERRISSON

Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Keldnaholti, 112 Reykjavík

YFIRLIT

Fjallað er um eiginleika og flokkunarfræði nítur námsbaktería. Gera má ráð fyrir auknu mikilvægi þessara örvera í framtíðinni vegna aukinnar þýðingar belgjurta í landbúnaði og landgræðslu. Það er alls óvíst að á Íslandi sé unnt eða æskilegt að nota þá örverustofna sem eru á markaði erlendis vegna lélegrar aðlögunar þeirra að íslenskum aðstæðum, einkum hitafari. Ætla má að til séu í landinu vel aðlagaðir stofnar hnýðisbaktería fyrir innlendar tegundir. Þær erlendu belgjurtaættkvíslir sem vænlegastar þykja til notkunar hér á landi geta sumar hverjar líklega ekki nýtt sér neinar þær rótarhnýðisbakteríur sem hér eru fyrir. Má þar nefna ættkvíslirnar *Astragalus*, *Hedysarum* og *Galega*. Margar bakteríur kunna þó að hafa flust inn með garðplöntum og að finnast í skrudgördum hér og þar. Smit hefur einnig verið flutt inn með tilraunaplöntum og úr örverubönkum.

Rannsóknir hafa sýnt að marktækur munur er á nítur námsgetu ólíkra stofna af rótarhnýðisbakteríum á lúpínu. Nú er framleitt smitefni af íslenskum uppruna fyrir lúpínusáningar Landgræðslu ríkisins. Á vegum norræns vinnuhóps voru gerðar tilraunir með lágmarkshitakröfur stofna af *Rhizobium loti* og fleiri nítur námsbakteríum til vaxtar og reyndist harðgerðasti stofninn ná að vaxa við 2,7 gráður. Innan norræns verkefnis hefur verið gerð prófun hér á landi á þremur norskum stofnum af *Rhizobium leguminosarum* biovar. *trifolii* á hvítsmára, þar sem kom í ljós ávinningur af því að blanda saman stofnum. Nú standa yfir framhaldsrannsóknir innan þessa norræna verkefnis þar sem prófaðir eru bakteríustofnar á rauðsmára og fáeinum öðrum belgjurtum.

SUMMARY

Rhizobia in Iceland

The aim of this article is to give some overview of properties and taxonomy of rhizobia and to summarize what is known about their distribution in Iceland. The significance of rhizobia will probably increase with growing interest in the use of legumes in agriculture and land reclamation. Rhizobial strains which are commercially available in other countries might not be suitable for use in Iceland because they are not adapted to harsh environmental conditions. The rhizobia on roots of native legumes are probably adapted to low soil temperatures. It is not likely that some exotic legume genera, like *Astragalus*, *Hedysarum* and *Galega*, will find effective rhizobial symbionts in Icelandic soils. Import of ornamental plants of those genera could have brought some rhizobia to private or public gardens, and some strains have been imported from microbe collections in order to inoculate experimental plants.

Research on lupine rhizobia occurring in Iceland has shown variation in nitrogen fixing efficiency between different strains. Selected strains are now produced commercially by the Soil Conservation Service for inoculation of seed for land reclamation work. In Nordic research projects the ability of strains of *Rhizobium loti* and several other strains to grow at low temperatures has been measured, and the results showed that one of the strains could grow *in vitro* down to 2.7°C while others needed much higher temperatures. A Nordic project work has also been done on testing three Norwegian strains of *Rhizobium leguminosarum* biovar. *trifolii* for their effectiveness on white clover and the results

showed that a mixture of the strains gave better yields than any single strain. Similar work with red clover and a few other legumes is now being carried out.

Key words: exotic legumes, Iceland, rhizobia.

ALMENNT UM NÍTURNÁMS- BAKTERÍUR

Hæfileikinn til þess að tillífa nítur andrúmsloftsins finnst eingöngu hjá dreifkjörnungum. Tegundir innan margra ættkvísla baktería og blágrænna þörunga sem lifa frjálst í náttúrunni geta bundið nítur. Þær örverur sem binda nítur í samlífi með æðri plöntum eru mun færri. Þar er um að ræða (i) bakteríur af ættinni Rhizobiaceae sem mynda rótarhnýði á belgjurtum og einni ættkvísl að auki, (ii) geislasveppi sem mynda rótarhnýði á ýmsum trjákenndum plöntutegundum og (iii) blágræna þörunga sem mynda hnýði í blaðöxlum nokkurra burkna og æðri plantna. Í þessari grein verður eingöngu fjallað um belgjurtabakteríurnar.

Níturnámsbakteríur af ættinni Rhizobiaceae er nú skipt í tvær ættkvíslir, *Rhizobium* og *Bradyrhizobium*. Þetta eru Gram-neikvæðir stafir, 0,5–0,9 µm á breidd og 1,2–3,0 µm á lengd, sem mynda ekki gró. Bakteríurnar hreyfa sig með einni endastæðri svipu eða tveimur til sex hliðarsvipum. Þær eru yfirleitt loftháðar og auðveldar í ræktun, en þær binda ekki nítur í ræktun nema í undantekningartilfellum. Í vatni verða þær ekki langlífar, nema einstaka stofnar af *Bradyrhizobium* sem geta lifað meira en ár í vatni. Kjörhitastig er 25–30°C og kjörsýrustig er pH 6–7 (Somasegaran og Hoben, 1994).

Þegar þessar bakteríur eru ekki í samlífi með belgjurtum, þ.e. í rótarhnýðum, lifa þær rotlífi, einkum í rótarhveli hýsilplantna og annarra plantna þar sem þær nýta sér lífræn efni sem rótin gefur frá sér. Fjöldi þeirra getur orðið allt að milljón í hverju grammi jarðvegs. Sérhæfðar veirur (bakteríuætur) leggjast á bakteríurnar og geta líklega takmarkað fjölda þeirra undir vissum kringumstæðum.

Þegar níturnámsbakteríur taka upp samlífi með belgjurtum hefst það með því að baktería fer inn í rótarhár, sem bognar við

það og verður króklaga. Frumhimnan myndar pípu sem lengist uns hún nær inn í barklag rótarinnar, en þar greinist hún og vex inn í frymi barklagsfrumnanna. Á meðan fjölga bakteríurnar sér ört og jafnframt taka plöntufrumurnar að skipta sér. Úr smitunarpípunni losna bakteríur út í umfrymi plöntufrumnanna, en þær eru innan í litlum blöðrum sem gerðar eru úr frumhimnu (peribacteroid membrane). Jafnframt missa bakteríurnar frumvegginn og taka á sig ýmsa lögun eftir tegundum. Á þessu stigi nefnast þær bakteríóíðar. Þegar hnýði tekur að myndast hefst framleiðsla á rauðu litarefni (leghemoglóbíni), en við framleiðslu þess þarf upplýsingar bæði frá erfðaeefni hýsils og bakteríu. Ensímið sem stýrir umbreytingu níturs í andrúmslofti yfir í nítur á formi ammóníumjónar nefnist nítrógenasi og er framleitt í frymi bakteríunnar. Það er samsett úr tveimur próteinum, Fe-próteini og Fe og Mo-próteini. Þetta síðarnefnda skýrir hvers vegna lífrænt níturnám er viðkvæmt fyrir mólýbdenskort.

Flokkunarfræði níturnámsbaktería er sífellt í endurskoðun. Nýlega hefur ættkvíslinni *Rhizobium* verið skipt upp þannig að hraðvaxta bakteríurnar eru áfram í ættkvíslinni *Rhizobium*, en tvöföldunartími þeirra er 2–4 klst. Hægvaxta bakteríur falla undir ættkvíslina *Bradyrhizobium*, en þær skipta sér helmingi hægar. Þær aðskilja sig einnig frá *Rhizobium* að því er varðar svipugerð og næringarþarfir í ræktun. Almennt má segja að belgjurtir í tempruðu loftslagi nýti sér *Rhizobium*, en á heitari svæðum eru bakteríur af *Bradyrhizobium* algengar. Aðrar ættkvíslir í Rhizobiaceae eru *Agrobacterium* og *Phyllobacterium*, en þær binda ekki nítur í samlífi með belgjurtum.

Til þess að flokka níturnámsbakteríur til tegunda hefur verið stuðst við hýsilval bakteríanna. Ákveðin baktería sem einangruð er

1. tafla. Tegundir nítur-námsbaktería í ættkvíslunum *Rhizobium* og *Bradyrhizobium*, ásamt víxl-smitunarhópum belgjurta sem þessar tegundir mynda hnýði á. (Byggt á: Somasegaran og Hoben, 1994; Anonymous, 1984).

Table 1. *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species and their legume cross inoculation groups.

Bakteríutegund <i>Rhizobium</i> species	Heiti víxlsmítunarhóps <i>Cross inoculation group</i>	Belgjurtategundir <i>Legume species</i>
<i>Rhizobium</i>		
<i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar. <i>viciae</i>	Ertuhópur <i>Pea</i>	Ertur (<i>Pisum</i> spp.), flækjur (<i>Vicia</i> spp.), villiertur (<i>Lathyrus</i> spp.), linsubaunir (<i>Lens</i> spp.)
<i>R. leguminosarum</i> biovar. <i>trifolii</i>	Smárahópur <i>Clover</i>	Smárar (<i>Trifolium</i> spp.)
<i>R. leguminosarum</i> biovar. <i>phaseoli</i>	Baunahópur <i>Bean</i>	Baunir (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
<i>R. meliloti</i>	Lúsernuhópur <i>Alfalfa</i>	Lúserna o.fl. (<i>Medicago</i> spp.), stein-smárar (<i>Melilotus</i> spp.), <i>Trigonella</i> spp.
<i>R. loti</i>	Maríuskóhópur <i>Lotus</i>	Maríuskór (<i>Lotus</i> spp.), lúpínur (a.m.k. sumar tegundir) (<i>Lupinus</i> spp.), gullkollur (<i>Anthyllis vulneraria</i>), <i>Ornithopus sativus</i>
<i>R. galegae</i>		Skriðla (<i>Galega orientalis</i>)
<i>R. fredii</i>	Sojabaunahópur <i>Soybean</i>	Sojabaunir (<i>Glycine max</i>)
<i>Rhizobium</i> spp.		<i>Leucaena</i> spp., <i>Acacia</i> spp., <i>Robinia</i> spp., ásamt fleiri hitakærum tegundum.
<i>Rhizobium</i> sp.	Chickpea-hópur <i>Chickpea</i>	<i>Cicer arietinum</i>
<i>Bradyrhizobium</i>		
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Sojabaunahópur <i>Soybean</i>	Sojabaunir (<i>Glycine max</i>)
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	Kúabaunahópur <i>Cowpea</i>	Jarðhnetur (<i>Arachis hypogaea</i>), kúabaunir (<i>Vigna</i> spp.), límabaunir (<i>Phaseolus lunatus</i>) og margar hitakærar tegundir
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	Lúpínuhópur <i>Lupine</i>	Lúpínur (<i>Lupinus</i> spp.), <i>Lotus pedunculatus</i>

frá einni tegund belgjurta er prófuð á fjölmörgum öðrum. Allar tegundir belgjurta sem mynda hnýði með þessari bakteríu eru taldar í sama víxlsmítunarhópi (cross inoculation group) og bakterían er talin ein tegund (eða afbrigði) og fær tegundar- eða afbrigðisheiti eftir einhverri lykilplöntu í hópnum. Sem dæmi má nefna *Rhizobium loti*, sem kennd er við ættkvíslina *Lotus* sem bakterían myndar hnýði á, en hún getur þar að auki myndað hnýði á *Lupinus densiflorus*, *Ornithopus sativus* og

gullkollu (*Anthyllis vulneraria*). Önnur baktería sem myndar hnýði á smára (*Trifolium*) er kennd við hann, en er nú flokkuð sem afbrigði og ber heitið *Rhizobium leguminosarum* biovar. *trifolii*. Þó að flokkunarfræði nítur-námsbaktería á helstu ræktunarplöntum sé orðin nokkuð vel þróuð er flokkunarfræðileg staða baktería sem mynda hnýði á minna þekktum belgjurtum mjög á reiki. Í 1. töflu má sjá lista yfir þekktar og síður þekktar rótárhnyðisbakteríur og hýsilplöntur þeirra.

Taflan sýnir nokkrar mikilvægar tegundir og ættkvíslir belgjurtu sem geta myndað hnýði með ákveðnum *Rhizobium*- eða *Bradyrhizobium*-tegundum. Málið er þó ekki alveg svo einfalt vegna þess að hægt er að flokka belgjurtategundirnar enn frekar niður í svonefnda virknihópa (effectivity groups), en sú flokkun segir til um hvaða plöntutegundir bregðast eins við smitun með ákveðnum bakteríustofni. Þannig nýtist tiltekinn stofn sem er vel virkur á hvítmára (*Trifolium repens*) einnig vel á rauðsmára (*Trifolium pratense*), *T. hybridum*, *T. fragiferum*, *T. procumbens*, *T. nigrescens* og *T. glomeratum*, en síður á *T. incarnatum*, *T. subterraneum*, *T. alexandrinum*, *T. hirtum*, *T. arvense* og *T. angustifolium* sem mynda annan virknihóp. Einnig má nefna að *Lupinus polyphyllus* er í öðrum virknihópi gagnvart *Bradyrhizobium lupini* en einæru lúpínurnar *L. angustifolius* og *L. luteus*.

Á milli bakteríustofna (einstaklinga) sem eru innan sama virknihóps er samt töluverður breytileiki eins og lýst er síðar í þessari grein.

Röðun villtra belgjurtategunda í virknihópa er lítið þekkt og veldur það erfiðleikum þegar taka á slíkar tegundir til ræktunar. Öruggst er þá að einangra bakteríur frá hnýðum á náttúrulegum vaxtarstöðum þeirra og nota þá bakteríustofna til smitunar.

NÍTURNÁMSBAKTERÍUR OG ÍSLENSKAR AÐSTÆÐUR

Markviss nýting belgjurtu hefur ekki verið mikil í landbúnaði eða landgræðslu hér á landi. Snemma á öldinni var þó nokkur áhugi á smára og fleiri belgjurtum í landbúnaði, en með tilkomu ódýrs níturáburðar dvínaði áhuginn. Á síðustu tveimur áratugum hefur þó orðið viss hugarfarsbreyting í þessu efni og hefur árangur af notkun lúpínu í landgræðslu einkum ýtt undir áhuga á því að nota belgjurtir á ýmsum sviðum ræktunarstarfsins. Sjálfbærar ræktunaraðferðir í landgræðslu og landbúnaði njóta vaxandi hylli og þar hljóta plöntur sem geta nýtt sér níturbindandi bakteríur að gegna miklu hlutverki.

Forsenda þess að unnt sé að nýta belg-

jurtir er að til staðar séu rótarhnýðisbakteríur sem eru virkar í níturnámi. Þegar um er að ræða plöntuættkvíslir sem eru nýjar í landinu er ástæða til að óttast að vöntun á réttum bakteríum geti staðið þeim fyrir þrifum. Í sumum tilfellum er hægt að fá *Rhizobium*- eða *Bradyrhizobium*-stofna úr örverubönkum erlendis, en þá er undir hælinn lagt hvort þeir hafa nægilegt kuldaþol til þess að vera verulega virkir í níturnámi hér eða hvort slíkir stofnar eru aðlagðir að þeim belgjurtategundum sem ætlunin er að rækta.

Í tilraunum á Rannsóknastofnun landbúnaðarins hefur komið í ljós að auk belgjurtategunda og ættkvísla sem fyrir voru hér eru það einkum plöntur af ættkvíslunum *Astragalus* (mjöltur, belgkollar), *Hedysarum* (lykkjur), *Lotus* (maríuskór) og *Galega* (skriðlur, strábelgir) sem lofa góðu með tilliti til notkunar í landbúnaði og landgræðslu. Ætla má að einhverjar tegundir af þessum ættkvíslum verði teknar til fjölgunar á næstu árum. Mikilvægt er að til séu vel aðlagðir og mikilvirkir bakteríustofnar fyrir þessar tegundir þegar til þess kemur. Þó að hér hafi ekki vaxið tegundir af þessum ættkvíslum fyrr er þó ekki óhugsandi að í íslenskum jarðvegi finnist rótarhnýðisbakteríur sem geti myndað hnýði á þeim. Þar getur verið um að ræða stofna sem mynda hnýði á íslenskum belgjurtum og einnig getur verið að til séu stofnar sem geta lifað rotlífi (saprófýtskt) í jarðvegi þegar samlífisplöntur eru ekki til staðar. Slíkir innlendir stofnar geta hugsanlega verið kuldaþolnari og endingarbetri en innfluttir stofnar.

Oft er ekki auðvelt að komast að því hvar hnýðisbakteríur þeirra belgjurtættkvísla sem fluttar hafa verið inn á síðustu árum eru upprunnar. Stundum hafa plöntur með rót verið fluttar inn og er þá tryggt að bakteríur fylgja með. Í öðrum tilvikum hefur aðeins fræ verið flutt inn í fyrstu en hreinræktað smit síðan flutt inn úr erlendum örverubönkum eða plöntur með hnýðum fluttar inn síðar. Ómögulegt er að komast að því hvað almenningur hefur flutt í garða sína erlendis frá og litlar heimildir eru til um innflutning gróðrarstöðva.

2. tafla. Uppruni rótarnýðisbaktería á innfluttum belgjurtum.

Table 2. The origin of exotic legume rhizobia.

Plöntuættkvísl <i>Plant genus</i>	Til Íslands <i>To Iceland</i>	Komuleið smits <i>Origin of inoculum</i>
<i>Astragalus</i>	Á þessari öld	Með garðplöntum frá Danmörku o.fl. löndum. Hreint smit frá Ultuna 1991; plöntur úr Noregssöfnun 1992 og Pasvik 1992
<i>Galega</i>	1983	Hreint smit frá Finnlandi
<i>Hedysarum</i>	1980–90?	E.t.v. smitaðir fræbelgir 1985; Hreint smit frá USDA, Beltsville 1991
<i>Lotus</i>	Slæðingur á þessari öld	Með innfluttum garðplöntum, Noregssöfnun 1992; hreint smit frá Ultuna 1991
<i>Lupinus</i>	Í gördum á þessari öld	Á rótum frá Alaska 1945. Hreint smit frá Svíþjóð og Rothamsted 1977 og frá Svíþjóð 1983
<i>Oxytropis</i>	Í gördum nýlega	Með mold frá Noregi 1992
<i>Thermopsis</i>	Í gördum nýlega	Plöntur með rótum frá Kyrrahafsströnd Rússlands 1993

Jafnvel þó að belgjurtirnar sjálfar hafi ekki verið fluttar inn má telja víst að smitefni hafi borist með jarðvegi sem fylgdi öðrum plöntum úr erlendum gördum eða gróðrarstöðvum. Það er svo aftur á móti erfitt að segja til um það hversu mikil dreifing þessara baktería hefur orðið út fyrir garðana sem þær bárust í, en óvíst er að þær hafi orðið langlífir nema að fyrir væru hýsilplöntur sem gátu tekið við þeim. Í 2. töflu er reynt að draga saman það sem vitað er um uppruna ýmissa stofna af *Rhizobium* og *Bradyrhizobium*.

Einstakar plöntur sem fluttar hafa verið í heimilisgarða eða grasagarða hafa líklega ekki stuðlað að mikilli dreifingu á smitefni. Öðru máli gegnir um plöntur sem fjölgað er í gróðrarstöðvum og seldar um land allt. Í þeim hópi eru líklega engar plöntur sem tilheyra ofangreindum ættkvíslum, nema ef vera skyldi garðalúpína (*Lupinus polyphyllus*).

Oxytropis er eina ættkvíslin sem ekki hefur fengist smit af, en *O. lapponica* myndaði hnýði þegar fræi var sáð í mold sem fylgdi *Astragalus* plöntum frá Noregi. Einnig mynduðust hnýði á *O. maydelliana* í gróðurhúsi á Korpu, þrátt fyrir að ekki hefði verið reynt að smita plönturnar. Sama er að segja um *Hedysarum-*

plöntur sem sáð var til eftir Alaskasöfnunina árið 1985. Óli Valur Hansson (munnleg heimild) telur líklegt að smit hafi borist með jarðvegsryki á fræbelgjum.

RANNSÓKNIR

Segja má að alaskalúpínan sé eina belgjurtin sem nú er ræktuð í svo miklum mæli að nauðsyn sé að framleiða bakteríusmit í einhverju magni. Vökvasmit var fyrst framleitt á Iðntæknistofnun Íslands, en nú er smit framleitt í Gunnarsholti eftir aðferð sem þróuð var í samstarfi ITÍ, RALA og Landgræðslunnar með styrk frá Rannsóknasjóði (Sigurbjörn Einarsson o.fl., 1993). Er þar notast við vikur sem burðaræfni fyrir bakteríuræktina í stað mómoldar eins og víðast tíðkast.

Árið 1994 voru hafnar rannsóknir á vegum RALA og samstarfshóps innan Nordisk Forskarutbildnings Akakademi (NorFA) með smitun hvítsmára með ólíkum *Rhizobium*-stofnum, þar sem fylgst er með afdrifum stofnanna með aðstoð DNA-greiningar. Fyrstu niðurstöður úr uppskerumælingum fengust haustið 1995. Þessar tilraunir, sem unnar eru í samstarfi við Háskólann í Tromsø, eru nú hluti af norræna NKJ-verkefninu „Vistfræði *Rhizobium*

– Samlífi með belgjurtum – Nálgun með margvíslegum aðferðum“. Niðurstöðurnar sem fengust í uppskerumælingunni 1995 eru mjög athyglisverðar, þar sem uppskera varð að meðaltali 75% meiri í reitum sem smitaðir voru með blöndu þriggja stofna af *Rhizobium* en þar sem smitað var með þeim af stofnunum sem mest gaf einn sér. Niðurstaðan bendir til þess að fremur ætti að smita belgjurtir með blöndu af stofnum en einum stofni. Nýjustu niðurstöður DNA-greiningar á hnýðisbakteríunum í tilrauninni virðast þó sýna að sá stofnanna sem afkastamestur var einn sér er að ná yfirhöndinni í reitunum sem smitaðir voru með blöndunni (Mette Svenning o.fl., óbirtar niðurstöður). Framhald verður á þessum tilraunum, en nú verða bakteríustofnar prófaðir á rauðsmára og innfluttum belgjurtategundum.

Kuldaþolsprófanir á ýmsum *Rhizobium*-stofnum voru gerðar í Finnlandi haustið 1993. Að þeim stóð vinnuhópur á vegum Norræna genbankans (NGB). Niðurstöðurnar sýna að mikill munur er á vaxtargetu stofna úr ólíku umhverfi. Sem dæmi má nefna að stofn af *Rhizobium loti* sem upprunninn var í Jötunheimi í Noregi hætti ekki vexti fyrr en við 2,7°C, en stofn frá Ultuna óx ekki við lægra hitastig en 6,6°C. Vegna fjárskorts varð að hætta þessum tilraunum. Mikilvægt er að fá vitneskju um mögulegt samhengi á milli hæfileikans til vaxtar við lágt hitastig og nítur-námsgetu í samlífi með hýsilplöntunum við sama hitafar.

Guðni Harðarson og Gareth Jones (1977) gerðu samanburðartilraunir á *Rhizobium*-stofnum í samlífi við hvítmára við mishátt hitastig. Tilraunir þeirra benda til þess að mikill munur geti verið á stofnum með tilliti til nítur-námsgetu við lágt hitastig.

Guðni og Gareth Jones (1979) gerðu einnig smitunartilraunir með ólíka stofna *Bradyrhizobium lupini* (*Rhizobium lupini*) á alaskalúpínu. Tilraunir þeirra voru bæði gerðar í ræktunarklefa og í tilraunareitum á nokkrum stöðum hér á landi. Hanan El-Mayas (í handriti) hefur einnig fundið mun á virkni stofna af *B. lupini* í tilraunum á Haukadalsheiði og Hólasandi.

NIÐURLAG

Rannsóknnum og þekkingu á nítur-námi hefur fleygt fram á síðustu árum. Þessu veldur fyrst og fremst aukinn áhugi á nýtingu nítur-námsplantna til þess að draga úr notkun tilbúins áburðar í landbúnaði, og einnig áhugi plöntukynbótamanna á því að yfirfæra hæfileikann til nítur-náms yfir á korntegundir og aðrar mikilvægar ræktunartegundir. Mest af þessum rannsóknum miðar að því að skilja edli samlíffisins á milli hýsilplöntunnar og hinnar níturbindandi bakteríu. Margt er samt enn óljóst og á það ekki hvað síst við vistfræði þessara örvera. Mjög fáar rannsóknir hafa verið gerðar á nítur-námi við lágt hitastig og einnig skortir mjög á vitneskju um flokkunarfræði *Rhizobium*-tegunda eða stofna sem lifa á belgjurtum kaldra svæða (og belgjurta sem ekki eru nýttar í landbúnaði) og um nítur-námsafköst þeirra. Það kunna þó einmitt að vera þessar tegundir sem áhugaverðastar eru til nýtingar hér á landi, bæði til landgræðslu og í landbúnaði.

HEIMILDIR

- Anonymous, 1984. *Legume Inoculants and their Use*. Handbók útgefin af FAO í Róm: 63 s.
- Guðni Harðarson & D. Gareth Jones, 1977. The inoculation of white clover (*Trifolium repens* L.) with *Rhizobium trifolii* in Iceland. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* 9(2): 39–46.
- Guðni Harðarson & D. Gareth Jones, 1979. The inoculation of *Lupinus nootkatensis* Donn. with *Rhizobium lupini* in Iceland. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* 11(1–2): 49–54.
- Postgate, J., 1987. *Nitrogen Fixation*. 2. útg. New Studies in Biology. Edward Arnold, London: 73 s.
- Sigurbjörn Einarsson, Jón Guðmundsson, Halldór Sverrisson, Jakob Kristjánsson & Sveinn Runólfsson, 1993. Production of *Rhizobium* inoculants for *Lupinus nootkatensis* on nutrient-supplemented pumice. *Applied Environmental Microbiology* 59: 3666–3668.
- Somasegaran, P. & H.J. Hoben, 1994. *Handbook for Rhizobia. Methods in Legume-Rhizobium Technology*. Springer-Verlag, New York: 450 s.
- Handrit móttekið 26. febrúar 1997, samþykkt 10. apríl 1997.