

Fosfóraburður á mýrartún á Hvanneyri

MAGNÚS ÓSKARSSON

og

RÍKHARÐ BRYNJÓLFSSON

Bændaskólanum á Hvanneyri, 311 Borgarnes

YFIRLIT

Fjallað er um tvær tilraunir með fosfór. Tilraun með fosfór og kalk var gerð árin 1957–1970 og tilraun með vaxandi skammta af fosfór árin 1958–1975. Tilraunirnar voru á túni á framræstri mýri á Hvanneyri í Borgarfirði. Í mýrarjarðvegi á Hvanneyri og víðar á Vesturlandi er fosfór það fast bundinn að við þurrkun og jarðvinnslu kemur enginn eða mjög lítil gróður upp úr flögum, nema fosfór sé borinn á. Þær plöntur sem helst vaxa við svo mikinn fosfórkort eru hundasúra (*Rumex acetosella*), geitvingull (*Festuca vivipara*) og elftingar (*Equisetum* sp.). Við minni skort verður língresi (*Agrostis* sp.) oft ráðandi. Grös sem þola fosfórkort illa eru vallarfoxgras (*Phleum pratense*), vallarsveifgras (*Poa pratensis*), varpasveifgras (*Poa annua*) og knjáliðagras (*Alopecurus geniculatus*). Kölkun losaði fosfór ekki úr torleystum samböndum í jarðvegi, nema að litlu leyti. Tilraunirnar sýndu að nauðsynlegt er að byggja upp forða af fosfór í jarðvegi til að fá viðunandi sprettu, þrátt fyrir þann fosfór sem bundinn er í jarðveginum.

Á köldu árunum, 1966–1970, mynduðust ekki stórar kalskellur í tilraununum, en gróðurinn grísjaðist og uppskera minnkaði um röskan fimmtung.

Í tilraun með fosfór og kalk var að meðaltali 0,23–0,24% P í þurrefni grasa í fyrri slætti árin 1957–1970, hvort sem kalkað var eða ekki. Í seinni slætti var 0,20% P á ókalkaða liðnum og 0,22% P á kalkaða liðnum. Meðalupptaka á fosfór á ári var 9,2 kg/ha P á ókölkuðum lið og 11,2 kg/ha P á kölkuðum.

Árið áður en tilraunin með vaxandi skammta af fosfór hófst, árið 1957, var borið á 131,1 kg/ha P. Á tilraunaliðnum sem borið var á árlega 13,1 kg/ha P árin 1958–1975 var að meðaltali 0,25% P í þurrefni grasa, 0,31% P þar sem borið var á 26,2 kg/ha P og 0,35% P þegar 39,3 kg/ha P var borið á. Í seinni slætti var magn af fosfór í grasi í sömu röð 0,27% P, 0,31% P og 0,33% P. Meðalupptaka af fosfór á ári var 5,9 kg/ha P þegar fosfór var ekki borinn á, 13,7 kg/ha P þegar 13,1 kg/ha P var borið á árlega, 16,9 kg/ha P þegar 26,2 kg/ha P var árlega borið á og 18,8 kg/ha P eftir 39,3 kg/ha P árlegan skammt.

SUMMARY

Trials with increasing levels of phosphorous fertilizers on peat soil at Hvanneyri, Iceland

Results from two experiments with phosphorous applications on permanent grassland, carried out at Hvanneyri in Borgarfjörður, Iceland in 1958–1975 (Exp.A with increasing levels of P) and 1957–1970 (Exp.B with P plus lime) respectively, are discussed. The experimental field was a deep previously drained peat highly responsive to P-fertilization like many other peats in West-Iceland when cultivated. Species like *Rumex acetosella*, *Festuca vivipara* and *Equisetum* sp. were most tolerant when P-fertilizer is lacking. *Agrostis* sp. were less tolerant while *Phleum pratense*, *Poa annua* and *P. pratensis* and *Alopecurus geniculatus* were most intolerant if annual P-dressings were omitted in spite of an initial dressing of 131 kg P/ha in the year prior to starting the experiments.

Repeated fertilization was needed, apparently to build up the soil phosphorous status in order to ensure acceptable levels of harvest.

In the period 1966–1970 relatively cold weather prevailed with decreasing harvest by 20% at the same time as the vegetation sward became more sparse and open.

In Exp.A phosphorous percentage in grass DM increased (0,18%–0,35% P in 1st cut and 0,20%–0,33% P in 2nd cut) with increasing levels of P applied (0–39 kg P/ha). The annual removal of P through yield was from 5,9 kg P/ha on unfertilized plots to 18,8 kg P/ha on plots receiving 39 kg/ha of fertilizer P.

The effect of lime on P concentration in grass on plots receiving annually 26 kg/ha P in fertilizer (Exp.B) was not significant. The average annual removal of P through yield was 9,2 kg/ha and 11,2 kg/ha on unlimed and limed plots respectively. At time of seeding in 1957 seeds only germinated in plots without P-application but did not survive and at harvesting yield was not a measurable.

Key words: botanical composition, grassfield on peat soil, lime and phosphorus, phosphorus content in grass, phosphorus requirement, winter killing of grass.

INNGANGUR

Talið er að tilbúinn áburður hafi fyrst verið fluttur til Ísland árið 1898. Á vegum Ræktunarfélags Norðurlands var notkun tilbúins áburðar athuguð á 40 stöðum á árunum 1904–1908. Þegar á árunum 1908 og 1910–1917 var farið að gera tilraunir með vaxandi skammta af tilbúnum áburði, þar á meðal með superfosfat (Ólafur Jónsson, 1950).

Árin 1938–1943 var gerð tilraun með vaxandi skammta af fosfór á Akureyri. Um tilraunina á Akureyri sagði Ólafur Jónsson (1950): „Fosfórskortinum virðist fullnægt með 54 kg af fosfórsýru (P_2O_5) (24 kg/ha P) á ha árlega.“

Árin 1956–1959 voru gerðar 29 tilraunir víðs vegar um Ísland, bæði með vaxandi skammta af fosfór og með að bera fosfór á árlega, annað hvert ár eða fjórða hvert ár. Það var Búnaðarfræðsla Búnaðarfélags Íslands sem gerði tilraunirnar. Agnar Guðnason og Lárus Jónsson (1961) flokkuðu niðurstöðurnar og ráðlögðu að nota 52,9 kg/ha P á tvö tún, 35,3 kg/ha P á fjögur tún, 17,6 kg/ha P á tuttugu tún og töldu óhætt að sleppa því að bera fosfór í einhver ár á þrjú tún.

Friðrik Pálmason og Magnús Óskarsson (1966) skýrðu frá tilraunum sem gerðar voru á Hvanneyri með stóra skammta af fosfór, sem duga áttu í nokkur ár án þess að bera fosfór á árlega. Niðurstaðan var sú að árleg notkun fosfór áburðar reyndist betur en stórir skammtar til margra ára.

Björn Jóhannesson (1961) birti niðurstöður úr pottatilraunum sem hann gerði á jarðvegi

frá nokkrum stöðum. Um jarðveg frá Hvanneyri sagði hann: „Mýrin frá Hvanneyri lætur af hendi meiri fosfór en hinar jarðvegstegundirnar og mestan þar sem kalki er bætt í.“ Björn fjallar einnig um tilraunir með vaxandi skammta af fosfór sem gerðar voru á Akureyri, Reykhólum, Sámsstöðum og Skriðuklaustri. Höfundur segir um niðurstöðurnar að „.... tiltölulega lítill árlegur fosfórskammtur, eða nálægt 30 kg P_2O_5 á ha (13,1 kg/ha P), nægir nokkurn veginn á umræddum tilraunaspildum til hámarksuppskeru.“ Um fosfórmagn grasa segir að þar sem enginn fosfór var borinn á sé nálægt 0,20% P í þurrefni og þar sem borið er á 30,6 kg/ha P sé að jafnaði nálægt 60% meiri fosfór í grösnum en á fosfórlausum reitum. Þess má geta að sumum þessara tilrauna er ekki enn lokið.

Jóhannes Sigvaldason (1992) skýrði frá rannsóknnum sínum á magni nýtanlegra næringarefna í óræktuðu landi og samskonar ræktuðu landi við hliðina. Rannsóknirnar voru gerðar á 38 stöðum á Norðurlandi. Að meðaltali var mun meira af nýtanlegum fosfór á ræktuðu landi á öllum jarðvegsgerðum.

Í umfjöllun Magnúsar Óskarssonar (1998) um dreifðar áburðartilraunir á Vesturlandi er bent á að fosfór sé mjög fast bundinn í mýrarjarðvegi á Hvanneyri og sennilega á öllu Faxaflóaundirlendinu norðan Skarðsheiðar. Til marks um fosfórskortinn er nefnt að það taki nýja skurðruðninga mörg ár að gróa upp vegna skorts á nýtanlegum fosfór. Í niðurstöðum segir að á öllu Vesturlandi virðist nóg að bera á 13–20

kg/ha P á tún. Að meðaltali var 0,27% P í þurr-efni grassins þegar borið var á 13,1–19,7 kg/ha P og 0,30% P í þurrrefni ef borið var á 26,2–36,6 kg/ha P.

Það kom fram hjá Árna Snæbjörnssyni og Jóhannesi Sigvaldasyni (1997), í yfirliti um fosfórtilraunir á Íslandi, að 20 kg/ha P gefi lítinn uppskeruauka fram yfir 10–13 kg/ha P. Það sem fjarlæggt er af fosfór árlega er 10–18 kg/ha P. Þeir segja að ráðunautahjónustan hafi ráðlagt um 25 kg/ha P á tún síðan um miðja 20. öld. Minnsta magn sem ráðlagt er samkvæmt niðurstöðum jarðvegsefnagreininga er 15 kg/ha P. Þeim félögum reiknast til að meðalnotkun af fosfór á tún sé um 15–17 kg/ha P úr tilbúnum áburði og 5–10 kg/ha P úr búfjáraðurði, samtals 20–30 kg/ha P.

Ríkharð Brynjólfsson (1990) skrifaði um áburðartilraunir í Dalasýslu. Þörf fyrir fosfór-áburð var fremur lítil á þeim fimm túnum sem tilraunir voru gerðar á. Niðurstöður tilraunanna voru bornar saman við efnagreiningu á jarðvegi og gróðri. Um það segir höfundur: „Það er ljóst að hvorki efnagreining jarðvegs né uppskeru eru nákvæmir mælikvarðar á nauðsynlegt áburðarmagn til hámarksuppskeru í þessum tilraunum.“

Á Hvanneyri voru gerðar tilraunir með vaxandi skammta af fosfór á nýræktaða mýri. Í umfjöllun um tilraunirnar segir Magnús Óskarsson (1969) að grasspretta sé örúst um mánaðarmótin júní-júlí. Upptaka af fosfór virðist ekki aukast að sama skapi. Þegar 26 kg/ha P var borið á túnið þá skili sér um það bil þriðjungur af fosfórnum aftur í uppskeru. Í annarri ritgerð kemur fram að á þessu tímabili minnkaði fosfór í vallarfoxgrasi um 0,03% á viku (Magnús Óskarsson og Bjarni Guðmundsson, 1971).

Á síðari árum hafa víða komið fram þær skoðanir að nauðsynlegt sé að draga úr notkun fosfórs.

- Í fyrsta lagi eru námur sem fosfórgrýti er unnið úr ekki óþrjótandi. Eftir fáa mannsaldra gæti orðið alvarlegur skortur á fosfór-áburði.
- Í öðru lagi hefur komið í ljós að vatn sem rennur af stórum ræktunarsvæðum er

mengað af fosfór. Ásamt annarri fosfór-mengun hefur þetta valdið miklum vexti á gróðri, einkum þörungagróðri, í ám, vötnum og innhöfum. Við rotnun gróðursins eyðist súrefni vatnsins í þeim mæli að fiskar og önnur dýr þrífast ekki.

- Í þriðja lagi er meira eða minna af kadmíum í öllum fosfóráburði, mismikið eftir því úr hvaða námum hráefnið er. Kadmíum safnast fyrir í jarðvegi og er smám saman tekið upp af plöntum. Efnið getur valdið heilsutjóni hjá mönnum og dýrum. Þetta er lítið alvarlegum augum í nálægum löndum, t.d. má nefna að Oskarsson (1997) frá Svíþjóð telur að aukist kadmíum í gördum og ökrum eins mikið hér eftir og gert hefur á síðustu áratugum þá megi í framtíðinni búast við alvarlegu heilsutjóni hjá neytendum jarðar-gróðurs.
- Í fjórða lagi er talið að mikið magn af fosfór-áburði dragi úr virkni sveppróta (mycorrhiza) sem talið er að séu á flestum nytjajurtum (Jakobsen, 1997). Svepprætur hjálpa jurtunum að taka upp næringu, ekki síst fosfór.

Á Íslandi hefur Jóhannes Sigvaldason (1991) kynnt áðurnefnd sjónarmið. Hann hefur m.a. sagt: „Það er ekki tilgangur með áburðargjöf að áburðarefni safnist fyrir í jarðvegi án nokkurra nytja eða, sem verra væri, skolist í grunnvatn og valdi mengun.“ Jóhannes bendir á að fosfór-áburður sé dýr og það sem einu sinni bindist í jarðvegi verði ekki aðgengilegt fyrir plöntur að nýju nema að hluta. Í lokaorðum segir hann: „Á tún í þokkalegri rækt – u.þ.b. öll tún á Íslandi eldri en fimm ára – á ekki að bera meira á af fosfór en það sem uppskeran fjarlægir, en það er í grasrækt sem næst 15 kg P/ha.“

LÝSING Á TILRAUNUM

Fjallað er um niðurstöður tveggja tilrauna á Hvanneyri, tilraun nr 35-57 með áhrif kalks á fosfóráburð, sem gerð var 1957–1970, og tilraun nr 3-58 með vaxandi skammta af fosfór-áburði, sem gerð var 1958–1975. Tilraunirnar voru á sama túni, á framræstri mýri fyrir austan

Grænhól, þar sem elstu skjólbeltin eru. Mýrin var ræst fram 1953. Skurðir voru síðan hreinsaðir árið 1970.

Mýrin var 1,5–2 m djúp fyrir framræslu. Undirlagið er sandlag á klöpp, um ½ m að þykkt. Á ísöld var þarna sjávarbotn. Árið 1964 rannsakaði Óttar Geirsson fjögur jarðvegsýni úr ókalkaða liðnum sem fékk fosfóraburð í tilraun nr 35-57. Þá reyndist rúmþyngd jarðvegsins vera 0,25 (0,23–0,26) g/cm³, glæðitapið var 68,6% (64,2–69,5), eðlisþyngd 1,78 (1,76–1,81) og holurými 86,0% (85,3–86,9). Árið 1975 var sýrustig mælt í tilraun nr 3-58 og reyndist það vera pH 4,4 mælt í CaCl₂. Þegar landið var brotið var það unnið með jarðtætara.

Sáð var í landið í byrjun júní 1957. Notuð var almenn blanda S.Í.S. 1957 í tilraun nr 35-57. Í henni var hlutdeild grasa þessi:

Háliðagras, finnskt	10%
Vallarfoxgras, ½Grindstad, ½dantskt	40%
Hávingull, Ötofte	5%
Túnvingull, Roskilde	20%
Hásveifgras, Ötofte	5%
Vallarsveifgras, kanadískt	20%

Í tilraun nr 3-58 var notuð MR-grasfræblanda, sem var svipuð SÍS-blöndunni. Tilraunareitum var raðað eftir ferskipan (*latin square*) í báðum tilraunum. Stærð reita var 6×6= 36 m². Stærð uppskerureita var breytileg, 22–25 m².

Fosfór í grasi var ákvarðaður með molybdatvanadat aðferð og kalsíum með permanganat títreringu til 1961, en eftir það með komplexon títreringu.

Í tilraun nr 35-57 var tilraunakerfið þannig:

- Enginn fosfór, ekkert kalk, 74,7 kg/ha K og 80 kg/ha N.
- Enginn fosfór, 10 tonn/ha áburðarkalk, 74,7 kg/ha K og 80 kg/ha N.
- 26,2 kg/ha P, ekkert kalk, 74,7 kg/ha K og 80 kg/ha N.
- 26,2 kg/ha P, 10 tonn/ha áburðarkalk, 74,7 kg/ha K og 80 kg/ha N.

Í tilraun nr 3-58 var tilraunakerfið þannig:

- 120 kg/ha N, 79,7 kg/ha K og enginn fosfór.
- 120 kg/ha N, 79,7 kg/ha K og 13,1 kg/ha P.
- 120 kg/ha N, 79,7 kg/ha K og 26,2 kg/ha P.
- 120 kg/ha N, 79,7 kg/ha K og 39,3 kg/ha P.

Tilraun nr 3-58 var á sama stað og tilraun með dreifingu á köfnunarefni hafði staðið árið áður. Þá fengu allir liðir sem svaraði 131,1 kg/ha P, 80 kg/ha N og 83 kg/ha K.

Árferði var í heildina sæmilegt árin 1957–1965. Árin 1960, 1964 og 1965 voru góð sprettuár, en árin 1962 og 1963 voru léleg. Hafís lagðist að landinu 1965, en það kom ekki niður á sprettu það ár. Árið 1966 voru mikil frost í febrúar og vorkuldar. Árin 1967–1970 voru hafísár. Árið 1967 var kaldur vetur og vorkuldar, þó að það kæmu nokkrir hlýir dagar í apríl. Árið 1968 voru tún ekki orðin græn fyrr en síðast í maí. Árið 1969 kom sunnanátt 18. maí og þá fóru tún að grænka. Árið 1970 voru tún ekki orðin algræn fyrr en í byrjun júní. Árin 1966–1970 hafa verið nefnd kalár vegna þess að tún kól víða á Íslandi. Veðurfar og spretta batnaði árin 1971–1975, ef miðað er við kalárin, og segja má að árin 1974 og 1975 hafi verið góð. Tilraun nr 3-58 eyðilagðist vegna vegagerðar um tilraunalandið árið 1975 og var aðeins sleginn einn sláttur.

Tilraun nr 35-57 stóð í 14 ár og tilraun nr 3-58 stóð í 18 ár og eru áburðar- og sláttutímar sýndir á 1. töflu. Aldrei munaði nema örfáum dögum á dreifingu áburðar eða slætti á þessum tveimur tilraunum.

NIÐURSTÖÐUR

Tveir liðir í tilraun nr 35-57 fengu engan fosfór á tilraunatímanum. Árið 1957 var grasfræi sáð í tilraunina, spíraði það vel í öllum reitunum, en flestar plönturnar dóu fljótlega í reitum sem ekki fengu fosfór og uppskeran var ekki mælanleg. Aldrei kom það mikill gróður á fosfórlausu reitina, hvort sem þeir voru kalkaðir eða ókalkaðir, að unnt væri að ná uppskeru með sláttuvél. Hinir tveir liðirnir fengu árlega 26,2 kg/ha af fosfór, en annar þeirra var kalkaður með 10 tonn/ha af kalki árið 1957. Niðurstaða uppskerumælinga af þeim liðum kemur fram í 2. töflu.

Kalkið jók uppskeru og kom aukningin fram í fyrri slætti. Grösín á kölkudum reitum voru grænni og öflugri í byrjun gróanda.

Uppskeran minnkaði á köldu árunum 1966–1970 og uppskeruauki vegna kölkunar virtist

1. tafla. Áburðar- og sláttutími í tilraunum nr 35-57 og 3-58, meðaltal.

Table 1. Application and cutting dates in experiment no. 35-57, P-application with and without liming, and experiment no. 3-58 with increasing levels of phosphorus.

Árabil Years	Áburðartími Application dates	1. sláttur 1 st cut	2. sláttur 2 nd cut	3. sláttur 3 rd cut
Tilraun nr 35-57— <i>Experiment, P with and without liming</i>				
1957–1965	2.–19. maí	29. júní (21/6–5/7)	25. ágúst (31/7–15/9)	
1966–1970	15.–30. maí	19. júlí (5/7–26/7)	9. september (7/9–11/9) ^{a)}	
Tilraun nr 3-58— <i>Experiment with increasing levels of P</i>				
1958–1965	3.–20. maí	30. júní (21/6–5/7)	26. ágúst (31/7–15/9)	23. september
1966–1970	15.–30. maí	21. júlí (6/7–31/7)	9. september (8/9–11/9) ^{b)}	
1971–1975	14.–22. maí	10. júlí (30/6–22/7)	31. ágúst (27/8–7/9) ^{b)}	

a) Annar sláttur var ekki sleginn 1967 og 1970—*No 2nd cut in the years 1967 and 1970.*

b) Annar sláttur var ekki sleginn 1967, 1970, 1972 og 1975—*No 2nd cut in the years 1967, '70, '72 and '75.*

2. tafla. Tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57. Uppspera, hkg/ha af þurrefni.

Table 2. Yield, dry matter hkg/ha, with and without liming and P-application to cultivated grass field. Treatments without P-application gave no yield irrespective of liming.

Ár Year	26,2 kg/ha P árlega, ekkert kalk 26.2 kg/ha P yearly, no lime	26,2 kg/ha P árlega, 10 tonn/ha kalk 1957 26.2 kg/ha P yearly, 10 tons/ha lime 1957	Mismunur Difference
1957	5,1	4,1	-1,0
1958	46,4	49,3	2,9
1959	41,2	47,0	5,8
1960	53,1	60,1	7,0
1961	46,3	55,8	9,5
1962	36,2	48,8	12,6
1963	37,8	49,9	12,1
1964	56,6	68,3	11,7
1965	63,5	73,4	9,9
1966	33,2	32,7	-0,5
1967	38,7	47,3	8,6
1968	55,4	66,1	10,7
1969	40,1	43,2	3,1
1970	28,9	33,7	4,8
Meðaltal 1958–1965— <i>Mean</i>	47,6	56,6	9,0
1. sláttur 1958–1965— <i>1st cut</i>	30,0	35,9	5,9
2. sláttur 1958–1965— <i>2nd cut</i>	17,6	20,7	3,1
Meðaltal 1966–1970— <i>Mean</i>	39,3	44,6	5,3
1. sláttur 1966–1970— <i>1st cut</i>	27,5	31,8	4,3
2. sláttur 1966–1970— <i>2nd cut</i>	11,8	12,8	1,0
Meðaltal 1957–1970— <i>Mean</i>	41,6	48,6	7,0
1. sláttur 1957–1970— <i>1st cut</i>	29,0	34,0	5,0
2. sláttur 1957–1970— <i>2nd cut</i>	12,6	14,6	2,0

Uppskerumunur á milli liðanna er marktækur, $P < 0,01$ —*The yield difference between treatments is significant, $P < 0.01$.*

3. tafla. Tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58. Uppskera, hkg/ha af þurrefni.

Table 3. Yield, dry matter hkg/ha, at increasing levels of annual P-application.

Ár Year	Enginn fosfór 0 P	13,1 kg/ha P 13.1 kg/ha P	26,2 kg/ha P 26.2 kg/ha P	39,3 kg/ha P 39.3 kg/ha P
1958	48,3	55,2	52,5	52,6
1959	39,6	46,8	48,3	44,8
1960	48,4	56,6	60,9	62,6
1961	42,7	49,7	53,6	53,3
1962	31,5	46,1	53,0	49,7
1963	23,9	35,7	42,1	38,7
1964	46,7	64,6	66,2	67,7
1965	43,4	63,5	67,1	68,0
1966	19,8	44,8	47,8	46,8
1967	11,4	39,9	41,2	46,5
1968	29,6	51,8	51,5	55,4
1969	14,4	40,3	40,1	42,5
1970	8,8	28,7	29,4	25,1
1971	37,8	69,5	68,1	69,7
1972	18,6	46,5	51,2	52,8
1973	45,9	71,9	76,3	78,9
1974	20,4	57,5	54,7	60,5
1975	22,9	62,7	65,0	62,0
Meðaltal—Mean	30,8	51,8	53,8	54,3
1. sláttur—1 st cut	17,5	36,8	39,0	40,0
2. sláttur—2 nd cut	13,3	15,0	14,8	14,3

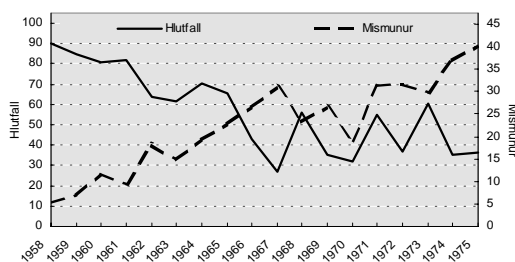
Staðalskekkja yfir ár 1,80—SE for mean of years 1.80.

Uppskerumunur á milli liða er marktækur ($P < 0,01$), sem skýrist af mun fosfórlausa liðsins og annarra liða ($22,5 \pm 2,0$)—Yield difference between levels is significant ($P < 0.01$), mainly due to the difference between treatments with and without annual P-application (22.5 ± 2.0).

minnka. Niðurstöður þessarar tilraunar voru einnig notaðar í ritgerð Áslaugar Helgadóttur (1977) um tilraunir með kalk, sem gerðar voru á Hvanneyri og víðar um Vesturland.

Eins og áður segir fengu allir liðir tilraunar nr 3-58 131,1 kg/ha P árið 1957. Þess vegna höfðu allir reitir úr nokkrum fosfórforða að möða strax í upphafi. Uppskera af þeim reitum sem ekki fengu fosfór eftir 1957 minnkaði með árunum, ef miðað er við aðra tilraunaliði, eins og sjá má í 3. töflu. Á köldu árunum 1966–1970 dró úr uppskeru og 1967, 1970, 1972 og 1975 var aðeins slegið einu sinni. Áhrif fosfórs á sprettu komu fyrst og fremst fram í fyrri slætti, en uppskera í öðrum slætti var svipuð á öllum liðum.

Á 1. mynd er fosfórsvörun sýnd sem hlutfall uppskeru liðarins sem ekki fékk fosfór af



1. mynd. Árleg uppskerusvörun 1958–1975 við fosfór í tilraun nr 3-58 sýnd sem uppskera af óábornu í hlutfalli af meðaltali áborinna liða og sem meðaluppskeruauki, þ.e. hkg/ha, umfram áborið.

Figure 1. Annual yield 1958–1975 on plots receiving 131 kg/ha P 1957 and none after that in percent of yield of plots receiving P-application (Hlutfall) and yield response for P-fertilization, DM hkg/ha, mean of all P-levels minus the plots without annual fertilization.

4. tafla. Tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57. Fosfór- og kalsíummagn í þurrefni grasa, meðaltal (og spönn) árána 1957–1965 og kaláranna 1966–1970.

Table 4. Phosphorus and calcium concentration in grass, mean (and range) of the years 1957–1965 and the cold period 1966–1970.

	Fjöldi efnagreininga No.	Fosfór, %—P, % in DM		Kalsíum, %—Ca, % in DM	
		Ókalkað No lime	10 t/ha kalk '57 10 t/ha lime '57	Ókalkað No lime	10 t/ha kalk '57 10 t/ha lime '57
Árin 1957–1965—Years 1957–1965					
1. sláttur—1 st cut	9	0,23 (0,15–0,30)	0,24 (0,16–0,31)	0,29 (0,22–0,46)	0,43 (0,33–0,49)
2. sláttur—2 nd cut	8	0,17 (0,14–0,21)	0,19 (0,14–0,23)	0,35 (0,27–0,46)	0,58 (0,50–0,68)
Kalárin 1966–1970—Cold period 1966–1970					
1. sláttur—1 st cut	5	0,24 (0,19–0,28)	0,24 (0,19–0,27)	0,29 (0,26–0,33)	0,43 (0,38–0,47)
2. sláttur—2 nd cut	3	0,28 (0,25–0,35)	0,29 (0,23–0,38)	0,36 (0,34–0,39)	0,60 (0,56–0,68)

5. tafla. Tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57. Árlegt magn af fosfór- og kalsíum í uppskeru, meðaltal árána 1957–1965 og kaláranna, 1966–1970.

Table 5. Phosphorus and calcium uptake in grass, mean of the years 1958–1965 and the cold period 1966–1970.

	Fosfór, kg/ha—P, kg/ha		Kalsíum, kg/ha—Ca, kg/ha	
	Ókalkað No lime	10 t/ha kalk '57 10 t/ha lime '57	Ókalkað No lime	10 t/ha kalk '57 10 t/ha lime '57
Árin 1957–1965—Years 1957–1965				
Meðaltal—Mean	9,8	12,4	14,8	26,7
1. sláttur—1 st cut	7,2	8,5	8,8	15,4
2. sláttur—2 nd cut	2,6	3,9	6,0	11,3
Kalárin 1966–1970—Cold period 1966–1970				
Meðaltal—Mean	10,1	11,4	12,3	21,6
1. sláttur—1 st cut	8,1	9,2	9,7	18,0

meðaltali hinna og einnig sem munur á uppskeru. Þróun beggja mælistærða með árunum er regluleg til ársins 1966, en þá minnkar uppskeruauki fyrir fosfór töluvert en tekur sig upp aftur þegar hlýnaði 1971.

Einkennandi fyrir hlutfallstölurnar eftir 1966 eru þrjár toppar, 1968, 1971 og 1973, en þessi ár eiga það sameiginlegt að einslegið var árið áður. Skýring þessa getur verið að upptaka fosfórs seinni hluta sumars nýtist næsta vor. Þetta kemur þó ekki fram í áburðarsvörun, enda var lítil uppskerumunur á liðum í seinni slætti að jafnaði.

Annar sláttur var aðeins sleginn þrjú ár af kalárunum fimm, 1966–1970. Þegar 2. sláttur var sleginn kom 59% af uppteknum fosfór í

fyrri slætti af bæði ókalkaða liðnum og kalkaða liðnum. Samsvarandi tölur fyrir upptekið kalsíum í fyrri slætti voru 74% af ókalkaða og 72% af kalkaða liðnum

Í tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57, var rannsakað hve mikið af fosfór og kalsíum var í uppskerunni. Í 4. töflu má sjá að það var lítil munur á fosfór í þurrefni grasa eftir því hvort landið var kalkað eða ókalkað, en munur á kalsíummagni var mikill eins og vænta mátti. Í 5. töflu er sýnt hve mikið var tekið upp árlega af fosfór og kalsíum. Upptaka á fosfór var meiri þar sem kalkað var, aðallega vegna þess að uppskeran var meiri.

Í tilraun nr 3-58 með vaxandi skammta af fosfór

6. tafla. Tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58. Fosfórmagn, P % í þurrefni grasa.
Table 6. Phosphorus concentration in grass, % P in dry matter.

	Fjöldi efnagreininga <i>No. of years</i>	Enginn fosfór <i>0 P</i>	13,1 kg/ha P <i>13.1 kg/ha P</i>	26,2 kg/ha P <i>26.2 kg/ha P</i>	39,3 kg/ha P <i>39.3 kg/ha P</i>
Árin 1958–1965—Years 1958–1965					
1. sláttur <i>1st cut</i>	8	0,18 (0,14–0,25)	0,23 (0,20–0,29)	0,28 (0,24–0,35)	0,30 (0,25–0,35)
2. sláttur <i>2nd cut</i>	7	0,19 (0,16–0,22)	0,22 (0,18–0,29)	0,25 (0,20–0,29)	0,26 (0,21–0,33)
Kalárin 1966–1970—Cold period 1966–1970					
1. sláttur <i>1st cut</i>	5	0,18 (0,14–0,23)	0,24 (0,21–0,29)	0,29 (0,26–0,34)	0,37 (0,28–0,37)
2. sláttur <i>2nd cut</i>	3	0,22 (0,20–0,24)	0,33 (0,25–0,44)	0,35 (0,30–0,38)	0,38 (0,31–0,45)
Árin 1971–1975—Years 1971–1975					
1. sláttur <i>1st cut</i>	5	0,18 (0,14–0,22)	0,30 (0,24–0,36)	0,37 (0,33–0,41)	0,41 (0,35–0,48)
2. sláttur <i>2nd cut</i>	4	0,20 (0,18–0,24)	0,31 (0,25–0,36)	0,37 (0,31–0,41)	0,40 (0,32–0,45)

7. tafla. Tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58. Árlegt fosfórmagn í uppskeru.
Table 7. Phosphorus yield, P kg/ha in grass.

	Enginn fosfór <i>0 P</i>	13,1 kg/ha P <i>13.1 kg/ha P</i>	26,2 kg/ha P <i>26.2 kg/ha P</i>	39,3 kg/ha P <i>39.3 kg/ha P</i>
Árin 1958–1965—Years 1958–1965				
Meðaltal— <i>Mean</i>	7,6	12,2	15,1	15,8
1. sláttur— <i>1st cut</i>	3,7	7,6	10,1	11,0
2. sláttur— <i>2nd cut</i>	3,9	4,6	5,0	4,8
Kalárin 1966–1970—Cold period 1966–1970				
	3,6	11,2	13,8	15,4
Árin 1971–1975—Years 1971–1975				
	5,4	18,5	22,9	26,5

var aðeins efnagreindur fosfór. Í 6. töflu eru niðurstöðurnar flokkaðar eftir árferði.

Á árunum 1966–1975 var aðeins slegið einu sinni sumrin 1967, 1970 og 1972. Þegar slegið var tvisvar á þessu árabili kom 55% af fosfór- uppskerunni í 1. slætti á liðnum sem ekki fékk fosfór. Á liðunum sem fengu árlega 13,1 og 26,2 kg/ha P kom 67% fosfór- uppskerunnar í 1. slætti og liðnum 39,3 kg/ha P kom 71% af

fosfórnum í 1. slætti. Fosfórmagn í gróðri jókst með árunum, en þó einkum eftir 1970 eins og sýnt er í 6. og 7. töflu. Árið 1970 voru skurðir í kringum tilraunalandið hreinsaðir og hefur það hugsanlega orðið til þess að fosfór hafi losnað úr jarðvegi. Í 7. töflu má sjá að minna var tekið upp af fosfór á köldu árunum 1966–1970 en á árunum bæði fyrir og eftir kalárin, enda var uppskeran þá minni.

8. tafla. Tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58. Áborinn og upptekinn fosfór.
Table 8. Phosphorus application and uptake in plants.

	Enginn fosfór <i>0 P</i>	13,1 kg/ha P <i>13.1 kg/ha P</i>	26,2 kg/ha P <i>26.2 kg/ha P</i>	39,3 kg/ha P <i>39.3 kg/ha P</i>
P borinn á 1957 ^{a)} , kg/ha <i>P-application 1957^{a)}, kg/ha</i>	131,1	131,1	131,1	131,1
P borinn á árlega 1958–1975, alls kg/ha <i>Yearly application 1958–1975, P kg/ha</i>	0	235,8	471,6	707,4
P borinn á alls 1957–1975, kg/ha <i>Total application 1957–1975, P kg/ha</i>	131,1	366,9	602,7	838,5
Upptekið P, kg/ha <i>Uptake of P, kg/ha</i>	106	246	304	336
Upptekið P, % af ábornu <i>Uptake of P, % of applied</i>	81	67	50	40

a) Ári áður en tilraun hófst—*One year before the beginning of experiment.*

Nýræktarskammturinn, 131,1 kg/ha P, skýrir allmikla upptöku á fosfór fyrstu árin á reitum sem ekki fengu fosfór. Á reitum sem ekki fengu fosfór í 18 ár (1958–1975) var upptaka á fosfór sem svaraði röskum 80% þess sem á var borið, eins og sjá má á 8. töflu.

Gróðurfar

Í tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57, virtist gróður á kölluðum reitum vera gróskumeiri á vorin en á ókolluðum reitum, enda kom munur á uppskeru liða fyrst og fremst fram í fyrri slætti. Á vorin var þess alloft getið í dagbók að grasið á kalkaða liðnum hafi verið ljósara en á ókalkaða liðnum. Árið 1963 var getið um að fjólublár litur, vorblámi, væri á grösnum ókalkaða liðsins, sem gæti verið merki um að plönturnar hefðu ekki náð upp nógu miklum fosfór.

Eins og áður segir voru reitir sem ekki fengu fosfór í tilraun nr 35-57 lengst af gróðurlausir. Árið 1970, síðasta ár tilraunarinnar, var þó kominn svolitill hjýjungur af geitvingli (*F. vivipara*) og öðrum úthagaplöntum á reitina sem ekki höfðu fengið fosfór. Þar voru einnig örfáar plöntur af túnvingli (*F. rubra*).

Eftir slátt árið 1970 var landið með tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57, plægt. Þá hrundu plógstrengirnir í sundur á reitunum sem ekki höfðu fengið fosfór, enda engar rætur sem

bundu þá saman. Plógstrengir voru hins vegar heillegir þar sem fosfór hafði verið borinn á, enda öflugt rótarnet í jarðveginum. Kalkköggjar sáu enn í plógstrengjunum, fjórtán árum eftir að kalkið var unnið niður í jarðvegin.

Eins og fyrr segir var 131,1 kg/ha P borið á alla liði í tilraun nr 3-58 árið 1957. Eftir það var fosfór ekki borinn á einn liðinn. Sáð var í tilraunina árið 1958, en strax árið 1960 var gróður farinn að breytast á reitum sem ekki fengu fosfór. Grasið varð fjólublátt á vorin og mikið bar á hundasúru (*R. acetosella*). Árið 1962 var hundasúra mjög áberandi á reitunum sem ekki fengu fosfór og grösín sýndu einkenni um fosfórkort. Árið eftir fór hundasúrum að fækka. Þá var komið töluvert af knjáliðgrasi (*A. geniculatus*) í alla liði nema þann fosfórlausu.

Árið 1973 var gerð gróðurathugun með odda-mælingu á tilraun nr 3-58. Í 9. töflu má sjá að vallarfoxgras (*P. pratense*) var alveg horfið á tilraunaliðnum sem ekki fékk fosfór og lítið var af vallarsveifgrasi (*P. pratensis*). Hins vegar var mikið af língresi (*Agrostis* sp.) og vinglum (*Festuca* sp.), einkum geitvingli (*F. vivipara*), en vinglar á öðrum reitum voru nær eingöngu túnvingull (*F. rubra*).

Kal

Á kalárunum 1966–1970 minnkaði uppskeran,

9. tafla. Tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58. Hundraðshlutar af gróðri 1973.

Table 9. Botanical composition of grass sward, percent of point counts.

Grastegund <i>Gras species</i>	Enginn fosfór <i>0 P</i>	13,1 kg/ha P <i>13.1 kg/ha P</i>	26,2 kg/ha P <i>26.2 kg/ha P</i>	39,3 kg/ha P <i>39.3 kg/ha P</i>
Vallarfoxgras (<i>Phleum pratense</i>)	0	14	11	16
Háliðagras (<i>Alopecurus pratensis</i>)	0	1	3	4
Vallarsveifgras (<i>Poa pratensis</i>)	3	41	37	40
Vinglar (<i>Festuca</i> sp.)	45	22	21	17
Língresi (<i>Agrostis</i> sp.)	40	11	15	12
Snarrót (<i>Deschampsia caespitosa</i>)	10	11	9	8
Varpasveifgras (<i>Poa annua</i>)	1	0	0	1
Knjáliðagras (<i>Alopecurus geniculatus</i>)	0	0	4	2
Starir (<i>Carex</i> sp.)	1	0	0	0

10. tafla. Tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58. Áhrif fosfóraburðar á kal.

Table 10. The extent of winter killing of grasses estimated visually.

	Enginn fosfór <i>0 P</i>	13,1 kg/ha P <i>13.1 kg/ha P</i>	26,2 kg/ha P <i>26.2 kg/ha P</i>	39,3 kg/ha P <i>39.3 kg/ha P</i>
Skemmdir af kali, %— <i>Winter kill, %</i>	62	28	38	41

kalblettir komu í tilraunareitina og breyting varð á gróðurfari. Þann 28. júní árið 1968 voru skemmdir af völdum kals metnar í báðum tilraunum. Talið var að gróður hefði grisjast um 5–10%. Það var ekki sjáanlegur munur á kölkudum og ókölkudum reitum í tilraun nr 35-57.

Árið 1969, þann 28. maí, var kal metið í tilraun nr 35-57 og talið að kalskellur þektu um 19% af ókölkudu reitunum, en um 12% af þeim kölkudu. Árið eftir var haugarfi (*S. media*) kominn þar sem gróðurinn hafði gisnað. Það bar meira á honum í kölkudu reitunum en þeim ókölkudu.

Í tilraun nr 3-58 var kal metið með sjónmati þann 24. júlí 1969 og kemur niðurstaðan fram í 10. töflu. Þegar leið á sumarið gréru kalskellurnar. Árið 1970 var uppskeran mjög léleg, hvort sem kali var um að kenna eða lélegri spreptutíð.

UMRÆÐA OG ÁLYKTANIR

Í mýrunum á Hvanneyri og annars staðar á Faxaflóaundirlendinu norðan Skarðsheiðar er fosfór fastbundinn. Þorsteinn Guðmundsson (1998) hefur rannsakað jarðveginn á Hvan-

eyri, m.a. ákvarðað fosfórmagn í efstu 10 cm jarðvegsins. Hann skiptir fosfórnum í fastbundinn, veðranlegan og skiptanlegan fosfór. Veðranlegan fosfór skilgreinir hann þannig: „Með veðranlegum næringarefnum er átt við þann hluta sem yfir höfuð getur losnað við veðrun og rotnun. Miðað er við magn efna sem leysist í sterkri sýru.“ Skiptanlegur fosfór er sá fosfór sem mælist við venjulega þjónustuefnagreiningu og líklegt er talið að gróðurinn geti nýtt sér þegar jarðvegssýnin voru tekin. Niðurstöður úr rannsókn Þorsteins á Hvanneyri voru sem hér segir:

	Veðranlegur fosfór, kg/ha	Skiptanlegur fosfór, kg/ha
- Óframræst mýri	400	4
- Tún		
á framræstri mýri	800	40
- Aldagamalt tún		
á Ásgarðshóli	1900	50

Í rannsóknnum Bjarna Helgasonar (1997) kom fram að mikið magn var af lífrænt bundnum fosfór í túnnum á Vesturlandi. Þetta er í sam-

ræmi við það að fosfór losnar þegar jarðvegur, t.d. frá Hvanneyri, rotnar í hlýju umhverfi. Þetta kom fram í kertilaun sem Björn Jóhannesson (1961) gerði í Reykjavík með mýrarjarðveg frá Hvanneyri og í sams konar tilraun sem gerðar voru í Danmörku með sama jarðveg (Jóhannes Sigvaldason, persónulegar upplýsingar).

Í rannsókn á efnamagni mýrargróðurs í Grásteinsmýrinni á Hvanneyri (Þorsteinn Þorsteinson o.fl., 1968) kom fram að fosfórmagn, bæði í hálfgrösum og heilgrösum, var lítið, einkum þegar líða tók á sumarið. Í blautri mýri voru nær eingöngu hálfgrös og þar var fosfórmagn í gróðri í kringum 0,10% P. Þetta sýnir að fosfór liggur ekki á lausu, jafnvel ekki fyrir náttúrulegan gróður mýrana.

Ef mýrlendi á Hvanneyri og víðar á Faxaflóaundirlendi norðan Skarðsheiðar er þurrkað, unnið og grasfræi sáð í það spírar fræið en deyr síðan af fosfórskort. Þetta gerðist í tilrauninni með fosfór og kalk, nr 35-57, og hefur áður komið fram á Hvanneyri og víðar (Friðrik Pálmason og Magnús Óskarsson, 1966)

Mýrar í öðrum löndum, sem búa við svipað veðurfar, eru annarrar gerðar en íslenskar mýrar vegna jarðfræðilegs munar. Þó má benda á að Saarela (1995) segir að á ræktað mýrlendi í Finnlandi sé mikið borið á af fosfór, vegna þess að hann sé fastbundinn í jarðvegi og plönturnar verða að ná miklum þroska á stuttu sumri við langan birtutíma. Í síðari grein Saarela (1997) bendir hann á að það er meiri uppskeruauki fyrir fosfór í Norður-Finnlandi en í Suður-Finnlandi.

Í tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58, sem hér er fjallað um, var fosfór borinn á umfram það sem tekið var með uppskeru. Eftir að tilraunin hafði staðið í 18 ár hafði sem svaraði helmingi af ábornum fosfór komið með uppskerunni og um 300 kg/ha af fosfór orðið eftir í jarðveginum, þegar borið var á 131,1 kg/ha P í upphafi tilraunarinnar og síðan 26,2 kg/ha P árlega. Ætla má að hluti af þessum fosfór sé auðleystur, hluti hans hafi bundist sem veðranlegur fosfór og trúlega eitthvað sem fastbundinn fosfór. Í tilrauninni virðist ekki fjarri lagi að þegar í jörðina var komið í kringum 150 kg/ha

af fosfór að frádrögnum því sem fjarlægt var með uppskeru hafi fosfór í þurrefni uppskeru verið um 0,25% P í fyrri slætti.

Niðurstöður úr tilraun með vaxandi skammt af fosfór, nr 3-58, styðja þá ályktun Árna Snæbjörnssonar og Jóhannesar Sigvaldasonar (1997) að nauðsynlegt sé að bera á allstóra skammta af fosfór í nýrækt og á nýræktuð tún, að minnsta kosti í sumum héruðum. Síðar, þegar búið er að byggja upp forða af veðranlegum og skiptanlegum fosfór, dugi minni árlegir skammtar af fosfór.

Fosfór í uppskeru í tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58, jókst með árunum, eins og sjá má á 6. töflu. Þar sem 13,1 kg/ha P var borið á árlega var 0,23% P í þurrefni grasa 1958–1965, 0,24% P á köldu árunum 1966–1970 og 0,30% P árin 1971–1975 og varð upptakan meiri en borið var á þessi ár (7. tafla). Samsvarandi aukning var í uppskeru af hinum liðunum sem fengu meiri fosfór árlega. Þetta er vafalaust vegna þess að nýtanlegur fosfór safnaðist upp í jarðveginum.

Í tilraun nr 35-57 með kalk og fosfór var minni fosfór borinn á í upphafi en í nr 3-58 og fosfór í þurrefni var töluvert minni við sama áburðarskammt. Árið 1961 fór fosfór í þurrefni í tilrauninni upp í 0,31% P. Lengst af eftir það var fosfór í þurrefni grasa 0,20–0,26% P. Í lok tilraunarinnar, árið 1970, var eftir í jörðu af því sem borið hafði verið á 237 kg/ha P á ókölkuðu landi og 209 kg/ha á kólkuðu, miðað við að ekkert hefði skolast úr jarðveginum.

Friðrik Pálmason (1972) gerði úttekt á uppskeru og efnamagni á niðurstöðum tilrauna á túnnum á fjórum tilraunastöðvum. Um fosfór var niðurstaðan sú að „hámarkssprettan reyndist í meðalári vera við 0,30–0,35% P í þurrefni í grasi. Sprettan er um 20% minni við 0,20% P í þurrefni grasa en mest getur orðið á hverjum stað og tíma.“ Algengt er að finna lágt P-hlutfall í tilraunum, þannig segja Hólmgeir Björnsson og Friðrik Pálmason (1994) frá tilraunum á Korpu þar sem P-hlutfallið er á bilinu 0,21–0,26 og jafnvel enn lægra.

Í tilraunum í Dalasýslu fann Ríkhart Brynjólfsson (1990) að þrátt fyrir að fosfórhlutfall í

uppskeru væri nokkuð mismunandi (0,26–0,38 við stærsta P-skammt) var munur á P-hlutfalli í uppskeru fosfórlausra reita og þeirra sem fengu stærsta skammt (45 kg P/ha) mjög svipaður, eða 0,12%. Fosfórhlutfall í uppskeru reita sem fengu 30 kg P/ha var 0,26–0,35%.

Í samanburði nokkurra grastegunda fann Ríkharð Brynjólfsson (1996) að hlutfall P var svipað í tegundunum, þó ívið lægst í vallarfoxgrasi. Um miðjan júlí var innhaldið á bilinu 0,23–0,30 og fall þess var á bilinu 0,013–0,033 á viku í júlímánuði. Mest var fallið í vallarfoxgrasi. Síðslegið vallarfoxgras er þannig afar snaukt af fosfór, eins og raunar öðrum steinefnum.

Fræðimenn eru ekki á einu máli um hve mikill fosfór sé æskilegur í fódri grasbíta. Í viðmiðunartölum vegna þjónustuefnagreininga á heyi á vegum Rannsóknastofnunar landbúnaðarins og Bændaskólans á Hvanneyri er gert ráð fyrir að í góðu heyi sé 0,30% P í þurrefni. Magnið er háð fjölda þátta, en mestu skiptir sláttutími, auk áburðarskammta. Heildaruppskera fosfórs er nær því hin sama hvort sem slegið er seint eða snemma, þannig að hann virðist tekinn upp mjög fljótt eftir áburðargjöf og „þynnist“ svo út eftir því sem uppskera þurrefnis vex. Í þeim heysýnum sem bændur senda til efnagreininga á Hvanneyri er m.a. mældur fosfór og er meðalgildi hans yfirleitt um 0,35% P.

Erlendar rannsóknir á áhrifum kalks á nýtingu fosfórs hafa gefið mismunandi niðurstöðu, líklega eftir því í hvaða samböndum fosfórin er bundinn í jarðveginum. Á Hvanneyri og víðast á Vesturlandi eykur kalk uppskeru (Áslaug Helgadóttir, 1977). Niðurstöður úr tilraun með fosfór og kalk, nr 35-57, sýna að meiri uppskera vegna kölkunar leiðir til að meira er fjarlæggt af fosfór úr jarðvegi, eins og eðlilegt er. Vegna þess hve fosfór er fastbundinn í jarðvegi er leysanleikinn háður hita og fosfórskorts getur gætt í kulda þótt fosfór sé að öðru leyti nægur. Í tilraun á Skriðuklaustri var uppskeruauki fyrir fosfór meiri eftir því sem veturinn var kaldari (des.–feb.), einkum ef úrkoma var jafnframt lítil seinni hluta vetrar (mars–apríl) (Hólmgeir Björnsson, 1978).

Þegar tún á Vesturlandi lenda í fosfórsveldi sýnir túngróðurinn ákveðin einkenni. Þetta kom fram í tilraun með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58, í reitunum sem fengu 131,1 kg/ha P í upphafi tilraunar og síðan engan fosfór. Á vorin eru grösin oft með fjólubláum blæ, einkum í hörðu árferði (vorblámi eða kuldablámi). Í fyrstu bar mikið á hundasúru (*R. acetosella*), sem þó hvarf þegar túnið eltist, en smám saman fór hlutdeild língresis (*Agrostis* sp.) að aukast og síðan fór að bera mikið á geitvingli (*F. vivipara*) og elftingum (*Equisetum* sp.). Plöntur sem voru sjaldgæfar eða alls ekki á reitum sem skortir fosfór voru; vallarfoxgras (*P. pratense*), háliðagras (*A. pratensis*), vallarsveifgras (*P. pratensis*), varpasveifgras (*P. annua*) og knjáliðagras (*A. geniculatus*). Hjá Áslaugu Helgadóttur (1977) kemur fram að í kalktilraunum á Vesturlandi hafi vallarsveifgras verið kalksækið og því „ágengara sem kalkskammtarnir urðu stærri. Língresi var aftur á móti kalkfælið.“

Í tilrauninni með vaxandi skammta af fosfór, nr 3-58, kom fram að reitir sem fengið höfðu ríkulagt magn af fosfór í upphafi tilraunar og síðan ekki fosfór í 12 ár voru viðkvæmir fyrir kali í köldu árunum. Það verður að hafa í huga að túnræktartilraunir lúta sömu lögmálum og önnur tún í köldum árum miðað við meðferð í „venjulegu“ árferði. Það er borið seinna á en venjulega, slegið seinna og oft aðeins slegið einu sinni. Þess vegna eru langtímatilraunir mikils virði til að átta sig á því hvaða munur verður á búskaparháttum í góðu og slæmu árferði.

ÞAKKARORÐ

Höfundar þakka Bændaskólanum á Hvanneyri og yfirmönnum hans, skólastjórunum, Guðmundi Jónssyni og Magnúsi B. Jónssyni, sem veittu skólanum forstöðu, annars vegar þegar tilraunirnar voru gerðar og hins vegar þegar ritgerð þessi var í smíðum. Þá er öllu því fólki sem vann við tilraunirnar og á rannsóknastofu þökkuð góð störf. Bjarna Helgasyni, Friðrik Pálmasyni, Hólmgeiri Björnssyni, Jóhannesi Sigvaldasyni, Sigtryggi Björnssyni og Tryggva Gunnarssyni er þakkaður yfirlestur á greininni og góðar ábendingar.

HEIMILDIR

- Agnar **Guðnason** & Lárus **Jónsson**, 1961. Áburðartilraunir – sýnisreitir. *Fræðslurit Búnaðarfélags Íslands nr 37*: 48 s.
- Árni **Snæbjörnsson** & Jóhannes **Sigvaldason**, 1997. Use and recommendations of phosphorus fertilizers in Iceland. *Nordisk jordbrugsforskning 79(3)*: 17–18.
- Áslaug **Helgadóttir**, 1977. Kalktilraunir á Hvanneyri, í Borgarfirði og á Snæfellsnesi. *Fjölrit RALA nr 20*: 37 s.
- Bjarni **Helgason**, 1997. Organic phosphorous in Icelandic soils. *Nordisk jordbrugsforskning 79(3)*: 22.
- Björn **Jóhannesson**, 1961. Um nýtingu fosfór-áburðar við grasrækt. *Rit Landbúnaðardeildar Atvinnudeildar Háskólans B16*: 3–35.
- Friðrik **Pálmason**, 1972. Fosfór og kalíum í túngrösom og grassprettu. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir 4(2)*: 15–31.
- Friðrik **Pálmason** & Magnús **Óskarsson**, 1966. Tilraunir með fosfór-áburð á mýrarjarðvegi á Hvanneyri. *Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 63*: 20–46.
- Hólmgeir **Björnsson**, 1978. Analysis of responses to long-term P-fertilizer application when the errors are autoregressive. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir 10(1)*: 22–23.
- Hólmgeir **Björnsson** & Friðrik **Pálmason**, 1994. Áhrif áburðar- og sláttutíma á efnainnihald í grasi. Í: *Ráðunautafundur 1994*. Búnaðarfélag Íslands og Rannsóknastofnun landbúnaðarins: 193–205 (leiðréttingar á 4 s. fást hjá höfundum).
- Jakobsen**, I., 1997. Mycorrhizal fungi – a biological resource in plant nutrition. *Nordisk jordbrugsforskning 79(3)*: 34.
- Jóhannes **Sigvaldason**, 1991. Fosfórþörf íslenskra túna. Í: *Ráðunautafundur 1991*. Búnaðarfélag Íslands og Rannsóknastofnun landbúnaðarins: 8–10.
- Jóhannes **Sigvaldason**, 1992. Samanburður á efnamagni í rækt og órækt. *Freyr 88(1)*: 15–17.
- Magnús **Óskarsson**, 1969. Vaxandi skammtar af fosfór-áburði á nýræktaða mýri. *Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 66(2)*: 7–30.
- Magnús **Óskarsson**, 1998. Dreifðar áburðar- og kalktilraunir á Vesturlandi. *Rit Búvísindadeildar á Hvanneyri nr 21*: 108 s.
- Magnús **Óskarsson** & Bjarni **Guðmundsson**, 1971. Rannsóknir á vallarfoxgrasi (Engmo). *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir 3(2)*: 40–73
- Óskarsson**, Agneta, 1997. Kadmium – toxikologiska effekter och riskbedömning. *Nordisk jordbrugsforskning 79(2)*: 37.
- Ólafur **Jónsson**, 1950. *Árangur gróðurtílauna*. Ræktunarfélag Norðurlands, Akureyri: 126 s.
- Ríkharð **Brynjólfsson**, 1990. Áburðartilraunir í Dalasýslu. *Búvísindi 4*: 77–85.
- Ríkharð **Brynjólfsson**, 1996. Áhrif áburðartíma, áburðarmagns og sláttutíma á uppskeru og efnamagn túngrasa. Í: *Ráðunautafundur 1996*. Búnaðarfélag Íslands og Rannsóknastofnun landbúnaðarins: 113–123.
- Saarela**, Into, 1995. Phosphorus balances – consequences of reduced fertilization. *Nordisk jordbrugsforskning 77(2)*: 74.
- Saarela**, Into, 1997. Problem soils in Finland require more phosphorus. *Nordisk jordbrugsforskning 79(3)*: 19.
- Þorsteinn **Guðmundsson**, 1998. Næringarefni í jarðvegi. I. Binding, ferli og forði. *Freyr 94(9)*: 20–23.
- Þorsteinn **Þorsteinsson**, Jón **Snæbjörnsson** & Magnús **Óskarsson**, 1968. Rannsóknir á jurtum í úthaga og engi. II. *Ársrit Ræktunarfélags Norðurlands 65*: 62–79.

Handrit móttekið 17. febrúar 1999,
samþykkt 9. apríl 2000.