

# Tilraunir með áburð á kartöflur 2004 og yfirlit yfir niðurstöður tilrauna 1950 - 2004

*Fertilizer experiments with potatoes 2004  
and compilation of results 1950 - 2004*





**Tilraunir með áburð á kartöflur 2004  
og  
yfirlit yfir niðurstöður tilrauna 1950 - 2004**

*Fertilizer experiments with potatoes 2004  
and compilation of results 1950 - 2004*

Hólmgeir Björnsson  
Landbúnaðarháskóla Íslands

Nóvember 2008

## Efnisyfirlit

<b>1. Inngangur</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Tilraunir með NPK og flýtiáburð á Suðurlandi 2004</b> .....	<b>5</b>
2.1. Skipulag og framkvæmd tilrauna 2004 .....	5
2.2. Uppskeyra, þurrefni og skekkja.....	8
2.3. Flokkun kartaflna.....	10
2.4. Skynmat á bragð- og útlitseiginleikum.....	11
2.5. Efnagreiningar .....	16
2.5.1. Þurrefni í sýnum.....	16
2.5.2. Niðurstöður efnamælinga.....	16
2.6. Helstu niðurstöður .....	20
<b>3. Tilraunir á Korpu 2004</b> .....	<b>23</b>
3.1. Tilraun nr. 904-04. Bil milli kartöflugrasa og staðsetning áburðar .....	23
3.1.1. Efnagreiningar.....	26
3.2.1. Efnagreiningar.....	28
3.2.2. Áhrif forræktunar í 904- og 905-04 á efni í kartöflum.....	28
3.3. Tilraun nr. 906-04. Áhrif flýtiáburðar á uppskeruferil kartaflna .....	29
3.4. Tilraun nr. 907-04. Samanburður á útsæði ræktuðu án og með gífsi 2003. Jafngildi og staðsetning áburðar.....	30
<b>4. Niðurstöður tilrauna með áburð á kartöflur</b> .....	<b>33</b>
4.1. Efni í kartöflum, yfirlit .....	33
4.2. Sterkja og prótein .....	35
4.3. Efni í jarðvegi .....	35
4.4. Flýtiáburður .....	36
4.5. P-áburður .....	38
4.6. K-áburður .....	40
4.7. Kalsíum í kartöflum.....	42
4.8. Magnésíum í kartöflum .....	43
4.9. N-áburður .....	44
4.9.1. Skipting N-áburðar og N-líkön .....	45
4.10. Áburðarmagn.....	46
4.11. Forræktun og sáðskipti .....	48
<b>5. Framtíðarverkefni</b> .....	<b>50</b>
<b>6. English summary</b> .....	<b>51</b>
6.1. Outline of the report .....	51
6.2. Experiments 2004.....	51
6.3. Experimental results .....	52
6.4. Crop rotation effects .....	54
<b>7. Heimildir</b> .....	<b>55</b>
<b>Viðauki A. Innri skemmdir og blöðrukláði</b> .....	<b>57</b>
A1. Innri skemmdir .....	57
A2. Blöðrukláði .....	59
<b>Viðauki B. Þáttatilraunir án endurtekninga</b> .....	<b>61</b>
B1. Hornréttir samanburðarliðir .....	62
B2. N × flýtiáburður .....	66
B3. Lokaorð.....	66
<b>Viðauki C. Útdráttur úr tilraunum Bjarna Helgasonar (1970) með áburð á kartöflur</b> .....	<b>67</b>
<b>Viðauki D. Veggspjald á ráðunautafundi 2004</b> .....	<b>69</b>

## 1. Inngangur

Sumarið 2004 lauk röð tilrauna sem hófust 2002 að frumkvæði frá Norsk Hydro og voru auknar sumrin 2003 og 2004. Niðurstöður hafa birst í árlegum tilraunaskýrslum (Fjölrít Rala nr. 213 og 215 og Rit LbhÍ nr. 6<sup>1</sup>). Niðurstöður frá 2002 eru einnig í óbirtri skýrslu á ensku, sem er nokkuð ítarlegri (skráð í bókasafni LbhÍ), og frá 2003 er ítarleg skýrsla í net-útgáfu (Hólmgeir Björnsson, 2004a). Haldnir voru bænda fundir á Hellu 2004 og 2005 þar sem niðurstöður voru kynntar og ræddar. Auk þess hefur tvisvar verið gerð grein fyrir niðurstöðum með grein og veggspjaldi á ráðunautafundi og fræðapingi landbúnaðarins (Hólmgeir Björnsson 2004b, 2006) og með erindi í málstofu LbhÍ 2007. Í fræðapingsgreininni eru einnig niðurstöður eldri tilrauna. Þær birtust í tilraunaskýrslum hvers tíma og í greinum eftir Bjarna Helgason (1970, 1979), Friðrik Pálmason (1991) og Hólmgeir Björnsson (1997). Magnús Óskarsson (1994, 1995) skrifaði ágætar greinar um áburð á kartöflur.

Skýrslan er tvískipt. Í 2.–3. kafla eru niðurstöður tilrauna 2004 kynntar og greindar. Í lok 2. kafla eru helstu niðurstöður tilrauna á Suðurlandi dregnar saman. Einstakar tilraunir hafa að jafnaði takmarkað gildi. Því eru 2. og 3. kafla einkum ætlaðir þeim sem vilja fara ofan í kjöllinn á niðurstöðunum, t.d. vegna frekari rannsókna á þessu sviði. Í 4. kafla eru helstu niðurstöður tilrauna með áburð á kartöflur dregnar saman og ræddar, fyrst og fremst niðurstöður tilrauna 2002–4 en einnig eldri tilrauna allt frá 1950. Kemur þar fram allt efni greinar á fræðapingi 2006, endurskoðað og með nokkrum viðbótum. Í 5. kafla er hugað að því hvaða viðfangsefni þurfi að taka fyrir í rannsóknum og í 6. kafla er útdráttur á ensku. Víða er vitnað í eldri niðurstöður án þess að heimilda sé sérstaklega getið.

Í viðaukum eru:

- A. Athuganir á innri skemmdum í kartöflum 2004
- B. Þáttatilraunir án endurtekningar
- C. Útdráttur úr tilraunum Bjarna Helgasonar (1970) með áburð á kartöflur
- D. Veggspjald á ráðunautafundi 2004

Þegar getið er um marktækan mun er í skýrslunni jafnan miðað við 5% mörkin ( $\alpha=0,05$ ), þ.e. að 5% líkur séu á að jafnmikill munur eða meiri finnist þótt áhrifin séu í raun engin. Áhrif meðferðar eru oft sýnd sem mismunur meðaltala, plús/mínus staðalskekkja hans, t.d.  $4,8 \pm 1,0$ . Áhrifin eru marktæk ef mismunurinn er u.þ.b. tvöföld staðalskekkjan eða meiri.

Tilraunirnar voru styrktar með 300.000 kr. frá Norsk Hydro 2002, 550.000 kr. úr Þróunar- og rannsóknasjóði grænmetis og 550.000 kr. úr Framleiðnisjóði 2003, og 1.100.000 kr. úr Þróunar- og rannsóknasjóði grænmetis 2004. Verkefnið var umfangsmeira en upphæð styrkja gæti bent til, einkum seinasta árið vegna meiri efnagreininga, og við bættist skynmat á kartöflum snemma árs 2005. Sú vinna sem lögð hefur verið í samantekt á niðurstöðum er utan þeirra verkefna sem styrk hlutu.

Verkefnið var í upphafi skipulagt með þátttöku ráðunauta BÍ og BSSL auk Friðriks Pálmasonar á Rala. Auk starfsmanna jarðræktarsviðs Rala og EGK tóku ráðunautarnir Magnús Á. Ágústsson BÍ og Kristján B. Jónsson BSSL þátt í verkefninu 2004. Í skynmati tóku þátt starfsmenn af fleiri sviðum (þá sem starfsmenn LbhÍ). Jarðvegur var efnagreindur á Hvanneyri og kartöflur hjá EGK. Sérstaklega ber að þakka bændunum Gunnari Guðmundssyni og Guðsteini Hermundssyni sem lögðu fram land, vinnu, vélar, útsæði og áburð. Árið 2002 lögðu bændurnir Kristján Gestsson og Guðsteinn Hermundsson fram land, vinnu, vélar, útsæði og áburð, en Gunnar Guðmundsson og Markús Ársælsson árið 2003. Annarra þátttakenda í verkefninu 2003 var getið í skýrslu þess árs. Ríkharð Brynjólfssyni, Þorsteini Guðmundssyni og Guðna Þorvaldssyni er þakkaður faglegur yfirlestur og margar góðar ábendingar. Þórdís A. Kristjánsdóttir las handritið á lokastigi og leiðbeindi um frágang.

<sup>1</sup> Í riti LbhÍ nr. 6 er villa í 8. töflu á 8. bls., aftasta tala í línu með þurrefni %. Staðalskekkja mismunar meðaltala 9 gilda er 0,60 í stað 0,38 eins og stendur í töflunni.

## 2. Tilraunir með NPK og flýtiáburð á Suðurlandi 2004

### 2.1. Skipulag og framkvæmd tilrauna 2004

Í tilrauninum voru prófaðar tvær hugmyndir eða vinnutilgátur:

- I. Hvort 500 kg/ha af Græði 1 gefi nóg af P og K þótt þurft geti að bæta við N
- II. Framhald tilrauna með flýtiáburð

Gerðar voru 3×3×2 þáttatilraunir á 18 reitum, hver liður á aðeins einum reit og því gert ráð fyrir að víxlverkun þátta sé lítil sem engin. Um uppgjör slíkra tilrauna er fjallað í viðauka B. P-áburður var prófaður í sama þætti og flýtiáburður. Tvær frítölur úr víxlverkun þriggja þátta voru samþættar ófullkomnum blokkum, 6 reitir í blokk. Grunnáburður var 500 kg/ha af Græði 1 á alla reiti, þ.e. 60N, 32,5P og 70K. Kjarna (ammóníumnítrati) var bætt við til jafnvægis þegar MAP (OPTI START™, mónoammóníumfosfat, nefndur flýtiáburður ef hann er settur í rás með kartöflum) var sleppt og N-áburður varð minnst 70N. Þættirnir eru:

#### A. P- og flýtiáburður.

- a1 32,5P/ha, +10 kg/ha af N í Kjarna til jafns við N í MAP
- a2 51,5P kg/ha, 83 kg/ha OPTI START™ með áburði
- a3 51,5P kg/ha, 83 kg/ha OPTI START™ með kartöflum, flýtiáburður

#### B. N-áburður

- b1 Engin viðbót
- b2 + 50N kg/ha í Kjarna
- b3 + 100N kg/ha í Kjarna

#### C. K-áburður

- c1 Engin viðbót
- c2 +70K kg/ha í K-súlfati

Tilraunirnar voru gerðar í þrem gördum. Í Vatnskoti í Þykkvabæ í garði heima við, skammt vestan bæjar, og í garði norðan byggðar á söndunum vestan Rangár, nefndur Áargarður í skýrslunni, og á Egilsstöðum í Villingaholtshreppi í halla sem veit móti suðri eða suðaustri móti Þjórsá. Tilraunin í Áargarði var í sama garði og tilraunin í Vatnskoti 2003, þó ekki á sama stað, en tilraunin á Egilsstöðum var annars staðar en 2002 þótt jarðvegur sé svipaður. Tvö jarðvegssýni voru tekin á hverjum stað þegar sett var niður og eru meðaltöl mælinga í 1. töflu. Jarðvegssýnin voru þurrkuð við 30-35°C og mól (>2 mm) sigtuð frá. Steinefni voru mæld í AL-laun og pH í vatni. C og N var mælt með þurrbrennslu í hreinu súrefni við 900°C í vario MAX CN frá Elementar Analysensysteme GmbH, breytt með hvötum í CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub> og kvarðað með þekktum staðalsýnum. C og N er sýnt sem % af þurri finjörð (<2 mm), P mg í 100 g af þurru jarðvegi og katjónir mj. (millijafnvægi) í 100 g af þurru jarðvegi.

1. tafla. Niðurstöður mælinga á efnunum í jarðvegi.

	Mól %	% af þurri finjörð			mg/100g			mj./100 g		
	(>2 mm)	C	N	C/N	P	Ca	Mg	K	Na	pH
Vatnskoti	1,4	2,47	0,22	11,3	6,8	3,8	1,2	0,66	0,39	5,4
Áargarði	4,3	1,40	0,12	11,9	5,5	6,7	2,8	1,20	0,43	6,1
Egilsstöðum	0,4	6,12	0,54	11,3	1,8	9,0	1,9	1,07	0,30	5,9

Í heimagarði í Vatnskoti er nokkuð um gróf og hrjúf malarkorn sem geta haft áhrif á útlit kartaflna. Niðurstöðurnar sýna þó hærri hlut malar (>2 mm) í Áargarði. Niðurstöður úr Áargarði nú eru í ágætu samræmi við niðurstöður frá 2003, t.d. var C 1,47%. Hlutfallið C/N er 11,9 í Áargarði og 11,3 í hinum gördunum.

Auk þeirra jarðvegssýna, sem áður getur, voru á hverjum stað tekin sýni með bor úr 0–20 og 20–40 sm dýpt, þau fryst og nítrat og ammóníum mælt í byrjun árs 2006. Niðurstöður eru í 2. töflu. Rúmþyngd var ekki mæld, en reiknað er með 1,4 g/sm<sup>3</sup> í sandi og 0,8 í móajarðvegi þegar niðurstöður eru umreiknaðar á hektara. Ammóníum í jarðvegi eykst



þegar hann er frystur, væntanlega vegna þess að örverur drepast og ammóníum lekur úr þeim. Nitur í nitrati mældist 14–25 kg/ha. Það nýtist gróðrinum á vaxtartímanum, en dregur ekki mikið úr áburðarþörf. Meira máli skiptir það nitur sem losnar um sumarið og fer eftir gerð jarðvegs, veðurfari og ræktun árið áður.

## 2. tafla. Óbundið N í jarðvegi.

		mg/kg		kg/ha	
		NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
Vatnskoti	0-20	4,0	1,1	11	3
	20-40	3,2	0,9	9	3
Áargarði	0-20	2,6	2,6	7	7
	20-40	2,4	1,1	7	3
Egilsstöðum	0-20	7,6	2,1	12	3
	20-40	8,2	1,7	13	3



Sett niður í fyrstu tilraunina í Forsæti 17. maí 2002.

Sett var niður í Vatnskoti 11. maí og á Egilsstöðum 26. maí. Útsæði var Gullauga. Rásað var með niðursetningarvél, um 75 sm milli rása, kartöflur látnar falla í rásina og hreykt með sömu vél eftir að áburði hafði verið dreift. Reitir voru 3 m á lengd, tvær rásir í hverjum og reitastærð því 3×1,5m. Á reitamörkum var kartafla í rásinni og 10 kartöflum jafnað á bilið milli enda og því voru um 27 sm að jafnaði milli útsæðiskartaflna. Aðferð við dreifingu áburðar var lík og 2002. Í a3, reitum með flýtiáburði, var OptiStart sáldrað í rásina með kartöflunum. Því næst var búin til rás um 10 sm að innanverðu við kartöflurnar í öllum reitum og þær huldar um leið, og öðrum áburði dreift í þá rás. Í Vatnskoti var útsæðið dyftað með Rizolex 10D, sem er með 10% af virka efninu *tolchlofos-methyl*, vegna þess að árið áður gætti nokkuð skemmda af rótarflókasveppi.

Tilraunirnar hlutu í aðalatriðum sömu meðferð og aðrar kartöflur í sama garði, þ.e. hreykt og údað gegn myglu. Í Áargarði var lítið farið að koma upp 9. júní. KNO<sub>3</sub> var borið á Áargarð, líklega snemma í ágúst. Áburðarkorn sáust nærri hliðarröðum, en áhrif sennilega óveruleg. Einnig sást (M.Á.Á., munnleg heimild) að 6 reitir (b1) voru farnir að gulna.

Uppskeyra var mæld á 16 grösunum úr hverjum reit. Í Áargarði vantaði þó eitt gras í fjórum reitum. Tekið var upp 27. ágúst í Vatnskoti. Kartöflugrös höfðu verið sviðin um 10 dögum áður. Í Áargarði voru grösín í tilrauninni sviðin um leið og í garðinum í kring, en ekki heima í Vatnskoti. Í jaðarrásinni, sem sneri að kartöflugarði bóndans, voru þau þó nokkuð sviðin, til meira en hálf að talið var. Í þessum garði var einnig töluverður arfi. Á Egilsstöðum var tekið upp 2. sept. Þar höfðu grös einnig verið sviðin, en þau voru stór og voru ekki alveg sviðin. Þar hafði hjólfar lent milli rása í annarri reitaröðinni þegar údað var. Einnig voru tekin upp 20 grös við báða enda tilraunarinnar þar sem ekkert var borið á.



Sett niður og borið á á Egilsstöðum 26. maí 2004. Myndirnar sýna ferilinn frá því bilið milli útsæðiskartaflna er jafnað (a og b), flýtiáburði dreift í kartöflurásina og rásað fyrir öðrum áburði (c og d), áburðarpokar bornir út á reitina og áburði dreift (e og f) og hreykt að kartöflunum (g). Að loknu verki stilla Guðsteinn Hermundsson og Kristján B. Jónsson sér upp fyrir framandavélina.



Uppskera var vigtuð sama dag og tekið var upp. Hún var svo vigtuð aftur, flokkuð og sýni tekin 7. –8. sept. Í Áargarði voru kartöflur flokkaðar um 45 og 55 mm og talið í hverjum flokki en ekki vigtað. Í hinum tilraununum var aðeins flokkað um 33 mm og talið en ekki vigtað. Heildarþungi smælkis í hverri tilraun var þó vigtaður. Í þurrefnissýni fóru 5 kartöflur um 40 g á þyngd. Í Vatnskotstilrauninni voru þær allar sneiddar í þurrefnissýnið en hálfar í hinum tilraununum. Í sýni til að mæla sterkju í flotvog voru teknar 12 kartöflur, þar af 4 sem voru hvað stærstar, en hinar e.t.v. 70–80 g. Stærstu kartöflurnar voru klofnar um naflann til að skoða innanskemmdir, þó aðeins 2 kartöflur úr reit í Vatnskoti (Viðauki A), en hinar 8 voru teknar frá í sýni til efnagreiningar. Úr tilrauninni í Áargarði voru öll sýnin maukuð til efnagreiningar en aðeins 6 úr hvorri hinna, þau sem fengu meðferð a1.



Tekið upp í Áargarði 27. ágúst 2004 (t.v.) og á Egilsstöðum 2. september 2004 (t.h.).

## 2.2. Uppskera, þurrefni og skekkja

Uppskera kartaflna í Vatnskoti léttist um 2,3 % frá því vigtað var úti þangað til flokkað var, í Áargarði um 3,3% og á Egilsstöðum um 1,7% , sleppt einum reit þar sem ósamræmi var milli mælinga. Seinni mælingin er nákvæmari og var notuð. Ef 500 kg/ha af jarðvegi fara árlega fer sem svarar 0,1 mm af á 26 árum ef rúmþyngdin er 1,3 g/sm<sup>3</sup> (sandur) en 14 árum ef hún er 0,7 g/sm<sup>3</sup> (móajörð). Ekki komu fram áhrif smáblokka í neinni þessara tilrauna.

3. tafla. Uppskera kartaflna og sterkja og þurrefni í kartöflum eftir áburði.

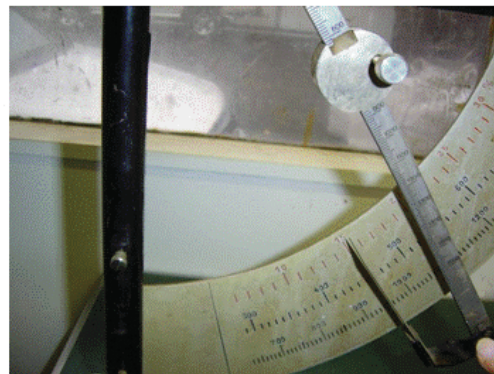
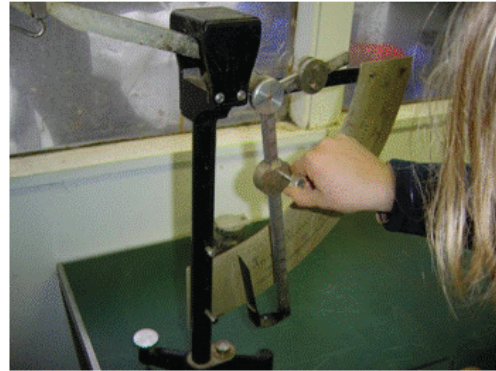
	Uppskera, t/ha			Sterkja, %			Þurrefni, %				
	Vk.	Áarg.	Egst	Vatnskoti	Áarg.	Egst.	Vk.	Áarg.	Egst.		
<b>A. P- og flýtiáburður</b>											
a1	32,5 P	21,1	20,8	19,9	16,4	15,9 <sup>1</sup>	14,8	12,8	24,4	22,8	20,4
a2	51,5 P	21,5	23,6	21,2	15,7	15,9 <sup>1</sup>	15,3	13,4	24,0	23,4	20,5
a3	Flýtiáb.	25,3	26,0	24,8 <sup>2</sup>	16,2	16,2	15,9	13,2	24,5	23,9	20,5
<b>B. N-áburður</b>											
b1	70 N	21,6	21,1	21,6	17,5	17,5	17,0	14,2	25,8	24,8	21,3
b2	120 N	22,7	24,5	22,2	15,8	15,5 <sup>3</sup>	14,9	12,9	24,0	23,3	20,2
b3	170 N	23,8	24,8	22,2 <sup>2</sup>	15,1	15,1	14,1	12,3	23,0	22,0	19,8
Staðalsk. mm. (n=6)		1,29	1,38 <sup>4</sup>	1,04	0,59	0,32 <sup>3</sup>	0,48	0,39	0,65	0,33	0,25
<b>C. K-áburður</b>											
c1	70 K	22,7	23,7	22,5	15,7	15,8 <sup>1</sup>	15,4	13,4	23,9	23,7	20,6
c2	140 K	22,7	23,2	21,5 <sup>2</sup>	16,6	16,2 <sup>1</sup>	15,2	12,8	24,6	23,0	20,3
Án áburðar				11,4				15,6			24,0

<sup>1</sup> Einu gildi sleppt

<sup>2</sup> Meðaltölin eru 24,4, 21,8 og 21,2 ef valin er sú uppskerumælingin sem gefur lægra gildið á reit sem fékk a3b3c2 og staðalfrávikíð lækkar úr 1,80 í 1,78.

<sup>3</sup> Tveim gildum sleppt

<sup>4</sup> s<sub>mm</sub> = 1,03 ef víxlhrifum A×B er sleppt úr skekkju, ft.=8.



Sterkja í kartöflum mæld á Korpu 2007. Kartöflur eru vigtaðar, lóð á vogarstöng sterkjuvogar stillt að þunga þeirra, þær hengdar á vogina og sökk í vatn, og sterkja % lesin af kvarða.

Athugað var hvort mismunandi meðferð reitaraða í Vatnskoti, þ.e. að grös sviðnuðu í jaðri tilraunar, hefðu haft einhver áhrif. Hlutfall þurrefnis og sterkju var að jafnaði lægra í þessari röð. Þó voru þar sjö af níu reitum með lægri K-skammtinn, en það gæti valdið áhrifum í gagnstæða átt. Ekki voru tók á að taka tillit til þessa í uppgjöri, en sá munur á sterkju og þurrefni í þá átt að hvort tveggja aukist með K-áburði, sem kemur fram í 3. töflu, skýrist alveg með ójafnvægi í legu reita m.t.t. sviðinna grasa. Tilraunin var í jaðri kartöflugarðs. Ekki er óalgengt að jaðarinn sé að einhverju leyti frábrugðinn meginhluta spildu. Oftast er því reynt að forðast að hafa tilraun samsíða jaðri þótt því yrði ekki komið við í þetta sinn.

Tvær mælingar á sterkju í Vatnskoti voru í ósamræmi við mælingu á þurrefnishlutfalli, önnur er hæsta mælingin og hin sú lægsta. Aðrar athuganir sýna að það muni fremur vera sterkjumælingin en þurrefnismælingin sem er ekki rétt, t.d. er tiltölulega há skekkja á sterkjumælingunni. Sterkja eru einnig sýnd án þessara gilda í aukadálki í 3. töflu.

Þótt gras vantaði í fjóra reiti í Árgarði eins og áður var getið var uppskera eða fjöldi kartaflna ekki minni sem því nemur, ólíkt því sem fékkst árið áður. Því var látið eiga sig að leiðrétta fyrir fjölda. Hins vegar var þess getið um einn reit að tvö grös væru veik. Það virtist hafa áhrif á fjölda kartaflna og er fjallað um það í næsta kafla.

Hlutfall sterkju var mun hærra við 70N en meiri áburð, einkum í Árgarði, og hlutfall þurrefnis fer jafnt og þétt lækandi með auknum N-áburði. Áhrif A-þáttar (P og flýti-áburður) og K-áburðar á þurrefni eru einnig marktæk, en áhrifin á sterkju eru óljósari. Uppskerumunur A-liða er marktækur og getur verið um bæði P-áhrif (a2-a1) og áhrif flýti-

áburðar (a3-a2) að ræða þótt síðar taldi munurinn sé ekki marktækur ( $\alpha=0,05$ ). Þá er marktækur uppskeruauki fyrir N-áburð umfram 70 kg N/ha. Ef reiknuð er uppskera þurrefnis og sterkju (niðurstöður ekki sýndar) hverfa N-áhrif, en áhrif P-áburðar og flýtiáburðar eru næstum því þau sömu og á uppskeru kartaflna (t-gildin hækka aðeins).

Þar sem tveir þættir skila uppskeruauka í Áargarði er rétt að hyggja að víxlhrifum þeirra (4. tafla). Niðurstaðan bendir til þess að áhrif flýtiáburðar hafi aðeins fengist við hærri N-skammtana. Frítölum skekkju hefur fækkað úr 12 í 8 (sjá 4. neðanmálsgrein við 3. töflu) og aðeins tvær tölur eru að baki hverju meðaltali. Einnig var A×C taflan skoðuð (víxlhrif við K). Meðaltal í a0c1 (32P, 140K) er lágt (19,6), en naumast mun um marktækt frávik að ræða.

Á Egilsstöðum bar vigtartölum á einum reit ekki saman. Þegar komið var í hús mældist uppskeran 25,5 t/ha, en úti í garði var hún 23,1 t/ha þegar gert hefur verið ráð fyrir 1,7% rýrnun. Um er að ræða þann reit sem fékk mestan áburð (a3b3c2). Sú mælingin, sem gefur hærri uppskeru, var gerð við betri skilyrði og var notuð, en hin víkur þó minna frá meðaltölum og gefur lægra staðalfrávik. Uppskera án áburðar er meðaltal tveggja mælinga.

Á Egilsstöðum gaf flýtiáburður uppskeruauka, en að öðru leyti voru áhrif áburðar á uppskeru ekki marktæk. N-áburður dró úr hlutfalli sterkju og þurrefnis í kartöflum, en áhrifin af aukningu áburðar úr 120 í 170 kg N/ha eru þó ekki marktæk (5. tafla). Áhrif K-áburðar til lækkunar á þessum hlutföllum eru ekki marktæk. Þó nær lækkun uppskeru af sterkju, úr 3,02 í 2,76 t/ha, því að geta talist marktæk. Munurinn er  $0,26 \pm 0,12$ , en  $0,28 \pm 0,12$  ef lægri uppskerutalan er valin á reit þar sem vafi leikur á uppskerumælingunni. Þótt einfalt F-próf á víxlhrifum N×K nái því ekki að sýna marktækan mun er þurrefni og sterkja mest við 70N, 70K og marktækt meira en við 70N, 140K þar sem það er næstmest (5. tafla). Engin slík vísbending um mismunandi áhrif K á sterkju eða þurrefni fannst í Vatnskoti eða Áargarði.

### 2.3. Flokkun kartaflna

Í 6. töflu er meðalfjöldi kartaflna í reit og staðalfrávik allra mælinga. Heildarþungi smælkis í hverri tilraun var mældur og því var hægt að reikna meðalþunga kartaflna, flokkað um 33 mm. Einnig var reiknaður meðalþungi kartaflna >33 mm í einstökum reitum með því að gera ráð fyrir sama meðalþunga smælkis í öllum reitum. Minni háttar frávik frá þeirri forsendu hafa ekki mikil áhrif.

6. tafla. Flokkun kartaflna			
	Vatnsk.	Áarg.	Egilsst
Meðalþyngd smælkis, g/kartöflu	10,9	10,0	11,8
Meðalþungi kartaflna >33 mm, g	42,8	42,8	50,8
Kartöflur <33 mm, fjöldi/reit	71	67 <sup>1</sup>	59
Kartöflur >33 mm, fjöldi/reit	156	161	128
Kartöflur alls, fjöldi/reit	227	203 <sup>1</sup>	187
Staðalfrávik fjölda, ft=17			
<33 mm	23	22 <sup>1</sup>	16
>33 mm	18	29	17
alls	35	31 <sup>1</sup>	17

<sup>1</sup> Einum reit sleppt

### 4. tafla. Uppskera kartaflna við flýtiáburð og mismunandi P- og N-áburð í Áargarði, $s_{mm} = 1,79$

	P kg/ha	N-áburður kg/ha		
		70	120	170
a1	32,5 P	19,3	20,6	22,5
a2	51,5 P	23,2	24,5	23,1
a3	Flýtiáb.	20,9	28,5	28,7

### 5. tafla. Áhrif N og K á sterkju og þurrefni á Egilsstöðum

	Sterkja %		Þurrefni %	
	70K	140K	70K	140K
70N	15,0	13,4	21,8	20,8
120N	12,8	13,0	20,2	20,3
170N	12,5	12,0	19,9	19,8
$s_{mm}$	0,46		0,30	

### 7. tafla. Flokkun kartaflna í Vatnskoti eftir K-áburði

	Fjöldi			Meðalþ
	<33	>33	Alls	
70 K	82	159	241	41,1
140 K	60	152	212	44,4
$s_{mm}$	10,0	7,7	14,3	1,12
Fjölgun v. flýtiáb	16,4	19,1	35,5	1,8
$s_{mm}$	9,2	7,1	13,1	1,03

Í 7. töflu eru áhrif áburðar á flokkun í Vatnskoti, annars vegar K-áburðar, sem hefur haft þau áhrif að fækka kartöflum, einkum smælki, og hins vegar flýtiáburðar. Meðalþungi hefur aukist aðeins með aukningu K-áburðar í Vatnskoti. Áhrif flýtiáburðar eru sýnd sem a3 að frádregnu meðaltali a1 og a2. Fjölgun kartaflna samsvarar aukinni uppskeru í Vatnskoti vegna flýtiáburðar, en aukning meðalþunga er ekki marktæk. Áhrif K-áburðar á fjölda kartaflna verða ekki greind frá hugsanlegum áhrifum af legu reita (sviðin grös), en áhrifin á meðalþunga kartaflna virðast óháð legu.

8. tafla. Flokkun kartaflna í Árgarði

		<33 mm	>33 mm	Alls	33-45	45-55	>55 mm	>45 mm	Meðalþyngd >33 mm
<b>A. P- og flýtiáburður</b>									
a1	32,5 P	61 <sup>1</sup>	147	209 <sup>1</sup>	91	51	6	57	41,0
a2	51,5 P	78	158	236	93	57	9	66	44,0
a3	Flýtiáb.	79	177	256	108	60	9	69	43,5
<b>B. N-áburður</b>									
b1	70 N	79 <sup>1</sup>	148	228 <sup>1</sup>	100	44	5	48	40,6
b2	120 N	79	168	247	95	65	8	73	42,9
b3	170 N	60	167	226	96	59	11	70	44,9
<i>Staðalsk. mm.</i>									
	<i>(n=6)</i>	12,5	8,3	17,8	6,2	4,4	2,1	4,8	1,82
<b>C. K-áburður</b>									
c1	70 K	71 <sup>1</sup>	161	233 <sup>1</sup>	96	56	9	65	43,0
c2	140 K	73	161	234	98	56	7	63	42,6

Í Árgarði var þess getið um einn reit að tvö grös væru sýkt, væntanlega af rötáflóka-sveppi. Í þessum reit voru 154 kartöflur <33 mm, en næstflestar voru þær 116. Þessum reit (a1b1c1) er sleppt í uppgjöri á fjölda kartaflna <33 mm og fjölda alls, en annars er hann með. Áhrif áburðar uppskeru komu einnig fram í fjölda kartaflna, aðallega >33 mm og einnig í stærðardreifingu stórra kartaflna (8. tafla). Uppskeruauki við flýtiáburði (a3), sem þó var ekki marktækur, kemur fram sem marktæk fjölgun stórra kartaflna, aðallega á bilinu 33–45 mm, en uppskeruauki við P-áburði (a2) kemur fremur fram sem aukinn meðalþungi ( $(a2+a3)/2-a1=2,72\pm 1,58$ ), þó ekki marktækt. Uppskeruauki við N-áburði kemur fram sem línuleg aukning meðalþunga kartaflna >33 mm, og kartöflum >45 mm fjölgar einnig að 120 kg N/ha. Ekki finnast nein áhrif K-áburðar.

Á Egilsstöðum hafði flýtiáburður áhrif á uppskeru og kemur það fram í fjölda stórra kartaflna, en fjölgun kartaflna alls var þó ekki marktæk (9. tafla). Ekki var marktækur munur á meðalþunga.

9. tafla. Flokkun kartaflna á Egilsstöðum eftir P-áburði

		Fjöldi		Alls	Meðalþ >33, g
		<33	>33		
a1	32,5 P	69	116	185	49,4
a2	51,5 P	54	124	178	51,2
a3	Flýtiáb.	52	146	198	51,8
	<i>S<sub>mm</sub></i>	8,9	6,1	9,9	2,9

#### 2.4. Skynmat á bragð- og útlitseiginleikum

Kartöflur úr reitum sem höfðu fengið lægri P-skammtinn (a1) voru geymdar fram á vetur á svölum stað á Korpu. Þetta voru 6 reitir á hverjum stað, nema úr tilrauninni á Egilsstöðum voru auk þess geymdar kartöflur úr reit sem ekki hafði fengið áburð. Kartöflurnar voru teknar úr geymslunni 22. febrúar og fluttar á Keldnaholt. Þær höfðu geymst ágætlega. Prófun á gæðum hófst sama dag og var ein tilraun tekin fyrir á dag, Vatnskot 22., Egilsstaðir 23. og Árgarður 24. feb. Mat á tilraunum í Árgarði var endurtekið 17. mars. Þá var aðeins gefin heildareinkunn, en hver maður prófaði tvisvar og komu kartöflurnar ekki í sömu röð í seinna skiptið.

<sup>1</sup> Einum reit sleppt



Alls tóku 11 menn þátt í könnuninni, þar af 8 í öll skiptin, 7 konur og 4 karlar. Af þeim voru 6 þjálfaðir í skynmati frá því það var áður stundað á Keldnaholti. Í hvert skipti voru þátttakendur 10, nema 9 þegar kartöflur frá Egilsstöðum voru metnar. Af þeim sem mátu kartöflur úr Áargarði voru 9 þeir sömu í bæði skiptin.

Kartöflurnar voru gufusoðnar í um 1 klst., kartöflur úr sama reit voru sér um plötu í suðuofninum. Kartöflurnar voru merktar reitanúmerum í geymslunni og vissi enginn um áburðarmeðferð meðan á athugun stóð að undanskildum kartöflum án áburðar á Egilsstöðum. Kl. 2 hófst bragðprófið. Fengu þátttakendur úthlutað einni kartöflu úr hverjum reit og voru þær númeraðar 1–6 (–7). Kartöflum var raðað af hendingu hjá hverjum þátttakanda um sig, þó þannig að hjá fyrstu 6 þátttakendum í röðinni (7 á Egilsst.) var þeim raðað í rómverskan ferning (*latin square*). Í því felst að auk þess að allir þátttakendur fái kartöflu úr hverjum reit er í hverju sæti (1. til 6.) kartafla úr hverjum reit. Engir tveir þátttakendur í ferningnum eru því með kartöflu úr sama reit á sama stað í röðinni hjá sér. Þeim þátttakendum, sem voru umfram einn ferning, var einnig raðað eftir sömu reglu, en sleppt þeim röðum ferningsins sem voru umfram þátttakendur. Hér er fyrsti ferningurinn sýndur til dæmis, bókstafur kemur í stað mannsnafns:

<b>a.</b>	5	6	3	4	1	2
<b>b.</b>	2	3	6	1	4	5
<b>c.</b>	6	4	1	5	2	3
<b>d.</b>	1	2	5	3	6	4
<b>e.</b>	4	5	2	6	3	1
<b>f.</b>	3	1	4	2	5	6

Fyrsta daginn voru allar kartöflurnar bornar fram í einu. Það reyndist nokkuð mikið og áttu menn erfitt með að ljúka matinu, m.a. vegna þess að kartöflurnar voru farnar að kólna. Seinni dagana voru þær bornar fram í tvennu lagi, 3 (4 á Egilsst.) og 3. Þá röðuðu eða mátu sumir fyrri og seinni hópinn hvorn fyrir sig, gerðu ekki tilraun til að gera upp á milli kartaflna sem ekki voru bornar fram saman.

Eftir reynslu frá lítilli athugun, sem gerð var á kartöflum árið áður, og forpróf á kartöflum daginn áður en bragðprófið hófst voru valdir 9 eiginleikar til að meta. Þátttakendur fengu línu á blaði, >10 sm á lengd, til að merkja inn á hvar hver kartafla raðaðist. Þeir voru hvattir til að nota skalann sem best þótt munur væri e.t.v. ekki mikill og reyna að gera upp á milli kartaflna ef nokkur kostur var. Þá kom sér vel að meirihluti þátttakenda var þjálfaður í að vinna með þeim hætti.

Eiginleikunum, sem metnir voru, má skipta í þrjá flokka. Fyrst voru metnir útlits-eiginleikar þegar kartaflan er skorin í sundur, litur, áferð (mjöl í sárið) og hringur, þ.e. hve áberandi hann er. Þá var metið hversu fast hýðið er þegar kartaflan er flysjuð. Loks voru metnir bragðeiginleikar, hversu mjölkennnd kartaflan er, sætt bragð, beiskt bragð, eftirbragð og heildareinkunn. Alls eru þetta 9 eiginleikar. Enn fremur skráðu menn athugasemdir ef eitthvað sérstakt var, t.d. vont bragð, en það kom mjög sjaldan fyrir.

Almennt reyndist mjög lítið samræmi í skynmatinu nema í mati á lit kartaflna (10–12. tafla). Leitast var við að athuga hvort það væri vegna þess að einstakir þátttakendur mætu kartöflurnar öðru vísi en meirihlutinn. Erfitt reyndist að staðfesta það. Þó virtist nokkur tilhneiging til að í sumum eiginleikum bæri nokkrum einstaklingum sæmilega saman og að 3–4 einstaklingar kæmu oftar fyrir í slíkum meirihlutahópi en aðrir, en allt er það mjög óvísst. Nokkuð var um það að menn notuðu skalann misjafnlega. Það ráð var tekið að færa skalann lítillaga saman hjá sumum en teygja úr honum hjá öðrum til þess að draga úr misvægi einstaklinga í meðaltali einkunna. Þessi breyting á skala var misjöfn eftir eiginleikum en sú sama í öllum tilraunum. Hún var gerð eftir fremur lauslega athugun og hefur ekki mikil áhrif á niðurstöður. Skala heildareinkunnar í Áargarði í endurmati 17.3. var ekki breytt.



**10. tafla. Skynmat á kartöflum úr Vatnskoti, meðaltöl einkunna og raðgilda.**

	Litur	Aferð	Hringur	Flysj.	Mjöl	Sætt	Beiskt	Eftirb	Heild	
<b>B. N-áburður</b>										
b1	70 N	62	59	59	49	56	36	34	36	56
b2	120 N	57	51	47	65	55	48	32	35	59
b3	170 N	39	37	45	50	45	44	42	41	47
<i>Staðalsk. mm. (n=20)</i>		6,9	7,4	8,6	7,2	8,8	7,8	7,5	5,2	10,1
<b>C. K-áburður</b>										
c1	70 K	52	57	51	61	52	44	36	39	55
c2	140 K	53	42	50	48	52	41	35	35	52
<i>Raðgildi, meðaltöl</i>										
	70 N	4,2	4,4	3,9	3,0	3,6	3,3	3,3	3,2	3,5
	120 N	3,7	3,5	3,3	4,1	3,9	3,7	3,1	3,4	3,9
	170 N	2,6	2,7	3,3	3,3	3,0	3,5	4,2	3,9	3,1
	70 K	3,6	4,0	3,7	3,8	3,5	3,4	3,6	3,6	3,5
	140 K	3,5	3,0	3,3	3,1	3,5	3,6	3,4	3,4	3,5

**11. tafla. Skynmat á kartöflum úr Áargarði, meðaltöl einkunna og raðgilda.**

	Litur	Aferð	Hringur	Flysj.	Mjöl	Sætt	Beiskt	Eftirb	Heild		
<b>B. N-áburður</b>											
b1	70 N	73	56	56	55	51	45	35	33	44	36
b2	120 N	44	50	47	59	52	42	33	36	57	45
b3	170 N	55	52	48	51	55	36	43	31	56	54
<i>Staðalsk. mm. (n=20)</i>		7,8	8,2	8,0	6,4	7,5	6,2	5,3	5,1	7,1	6,4
<b>C. K-áburður</b>											
c1	70 K	53	50	47	56	57	38	36	30	50	42
c2	140 K	62	55	54	54	48	44	38	37	55	48
<i>Raðgildi, meðaltöl</i>											
	70 N	4,4	3,7	3,9	3,5	3,2	3,7	3,1	3,3	2,9	2,9
	120 N	2,8	3,3	3,3	3,7	3,6	3,8	3,4	3,8	3,9	3,5
	170 N	3,4	3,5	3,3	3,3	3,7	2,9	4,0	3,4	3,7	4,0
	70 K	3,3	3,2	3,4	3,7	3,7	3,3	3,3	3,3	3,2	3,4
	140 K	3,7	3,8	3,6	3,3	3,3	3,7	3,7	3,7	3,8	3,6

**12. tafla. Skynmat á kartöflum frá Egilsstöðum, meðaltöl einkunna og raðgilda.**

	Litur	Aferð	Hringur	Flysj.	Mjöl	Sætt	Beiskt	Eftirb	Heild	
<b>B. N-áburður</b>										
b1	70 N	57	45	50	59	54	37	38	40	66
b2	120 N	37	43	35	47	47	37	37	46	46
b3	170 N	40	42	27	59	51	26	43	42	53
<i>Staðalsk. mm. (n=18)</i>		6,8	7,0	8,2	10,4	8,0	6,2	7,5	7,7	8,8
<b>C. K-áburður</b>										
c1	70 K	49	46	44	61	54	35	42	45	57
c2	140 K	41	41	30	49	47	31	37	41	53
	<b>Án áburðar</b>	81	51	77	56	49	34	43	41	57
<i>Raðgildi, meðaltöl</i>										
	70 N	4,6	3,9	4,3	4,4	4,0	4,2	3,8	4,0	4,8
	120 N	3,1	4,0	3,6	3,5	3,6	4,6	3,9	4,2	3,3
	170 N	3,2	3,7	2,9	4,1	4,2	3,2	4,2	3,9	3,9
	70 K	4,1	4,2	4,1	4,6	4,3	3,9	3,9	4,1	4,1
	140 K	3,1	3,6	3,0	3,4	3,5	4,1	4,1	4,0	3,8
	<b>Án áburðar</b>	6,2	4,8	6,4	3,9	4,3	4,1	4,1	3,8	4,0

Í einstaka tilfellum mátu þátttakendur ekki alla eiginleika. Í Vatnskoti gáfu 8 af 10 loka-einkunn, í Vatnskoti og Árgarði mátu 9 af 10 beiskju og á Egilsstöðum 8 af 9 eftirbragð. Staðalskekkja mismunarins miðast við raunverulegan fjölda. Á Egilsstöðum fékk einn þátttakenda tvær kartöflur úr reit með 120N70K en enga úr reit með 120N140K. Raðgildi, 1 lægst og 6 hæst, eru að meðaltali 4,0 á Egilsstöðum (7 reitir) en 3,5 í hinum tilrauninum (6 reitir). Í töflunni geta virst vera frávik frá þessu meðaltali vegna þess að aðeins einn auka-stafur er gefinn.

N-áburður hefur hvarvetna marktæk áhrif á lit. Kartöflurnar eru dekkri eða gulari eftir því sem minna er borið á og dekkstar eru kartöflur án áburðar á Egilsstöðum. Á hverjum stað er það þó aðeins einn N-skammturinn sem sker sig frá hinum tveimur (auk 0-áb. á Egilsst.), þ.e. ekki er marktækur munur á lægri skömmtunum í Vatnskoti en þeim hærri í hinum tilrauninum. Áhrif K-áburðar eru ekki greinileg. Þó eru í Árgarði kartöflurnar dekkstar ef 140K eru borin á með 70N (meðalröð 5,1) og er mismunurinn 84,6-60,6=24,0±11,0 borið saman við 70K með 70N, marktækur munur við 5% mörkin. Á hinn bóginn er liturinn fölastur (25,1, meðalröð 1,7) við 140K með 210N á Egilsstöðum. Meðaltölin eru nokkuð óregluleg og borið saman við aðra reiti með >70N er mismunurinn 17,5±9,0. Hugsanleg áhrif K-áburðar á lit eru í gagnstæða átt í þessum tveim tilraunum. Erfitt er því að draga af þeim ákveðna ályktun og líklegt að um tilviljun sé að ræða.

Reynt var að skynja mjölva með tvennum hætti, sem útlit í skurðarsári og mjölkennt bragð. Sterkja var einnig mæld í flotvog og því er hægt að finna samhengi eiginleika.

**13. tafla. Aðhvarf einkunna að sterkju, þurrefni og próteini í kartöflum og staðalskekkja aðhvarfsstuðuls ( $s_b$ ). Þær niðurstöður, sem sýna sterkast aðhvarf, eru feitletraðar.**

	Aðhvarf að sterkju, %			Aðhvarf að þurrefni, %				Aðhvarf að próteini, %				
	Allir	$s_b$	Mt. 4	$s_b$	Allir	$s_b$	Mt. 4	$s_b$	Allir	$s_b$	Mt. 4	$s_b$
Litur <sup>1</sup>	9,4	2,6	13,1	2,7	7,9	2,0	10,0	2,3	<b>-37</b>	<b>7,4</b>	<b>-43</b>	<b>9,5</b>
Áferð	3,2	2,2	6,1	2,9	2,2	1,8	5,3	2,3	<b>-18</b>	<b>6,4</b>	<b>-32</b>	<b>7,6</b>
Hringur <sup>2</sup>	6,5	2,8	7,2	3,4	<b>6,3</b>	<b>2,1</b>	<b>7,0</b>	<b>2,5</b>	-28	8,3	-29	10,7
Mjöl	1,4	1,8	2,3	3,4	0,4	1,4	1,1	2,8	-6	5,9	-11	11,4
Heildare.	-1,8	2,0	1,7	3,5	-1,5	1,6	2,5	2,8	3	6,7	-18	11,1

Í 13. töflu er aðhvarf einkunna, meðaltal allra dómara, að sterkju, þurrefni og próteini eins og það mældist í sömu reitum. Niðurstöður eru ekki sýndar fyrir flysjun, sætt og beiskt bragð og eftirbragð, en þessir eiginleikar sýndu ekki samband við efnasamsetningu kartaflna og var þess reyndar ekki vænst. Notað var meðaltal einkunna án þess að breyta vægi einstakra dómara og eru tölur því ekki alveg sambærilegar við 10.–12. töflu. Í þeim tilvikum, sem dómara gáfu ekki einkunn fyrir einstök atriði, var fært inn núll. Meðaltölin eru því of lág og skalinn skekkist lítillega. Auk þess að nota meðaltal allra dómara er einnig notað meðaltal fjögurra dómara. Samband mats við efni í kartöflum er víða með lítið hærri skekkju þótt aðeins sé notað meðaltal þessara 4 dómara. Þessir dómara voru valdir saman vegna þess að þeim bar nokkuð oft betur saman en öðrum þótt samræmið væri ekki mikið og ekki væri ótvírætt hvaða dómara ætti helst að velja saman.

Litur var í allgóðu samræmi við efnasamsetningu kartaflna. Þær eru fölari eftir því sem prótein er meira, og einnig er tilhneiging til sterkari litar að jöfnu próteini með aukinni sterkju, sjá athugasemd neðanmáls. Dómara hafa átt erfitt með að skynja mismunandi sterkju sem mjöl í sárið (áferð) eða sem mjölkennt í munni. Stuðlar eru þó allir jákvæðir hjá báðum þessum eiginleikum og meðaltal 4 dómara sýnir marktækt samband mjöls í sárið við sterkju. Áferðin (mjöl í sárið) er hins vegar neikvætt tengd mælingu á próteini. Einnig var skoðað hvernig einstökum dómurum tókst til. Tveir dómara, sem voru ekki með nema tvisvar, reyndust greina mjöl í sárið nokkuð til jafns við þá fjóra, sem voru í sérstöku meðal-

<sup>1</sup> Aðhvarf að sterkju og próteini gefur 4,2±2,7 og -28±9,2 (mt. allra) og 8,5±3,0 og -24±10 (mt. fjögurra)

<sup>2</sup> Samband er aðeins á Egilsstöðum, stuðlar aðhvarfs að þe.% eru 12,2±1,9 (mt. allra) og 11,7±2,9 (mt. 4)

tali, en sumum virtist ekki takast að meta það. Hins vegar var varla að sjá að nokkur hafi greint mjöl í munn í samræmi við efnainnihald. Styrkleiki hringa var einkum breytilegur á Egilsstöðum, sjá athugasemd neðanmáls, og virtist jafnvel fara fremur eftir þurrefni en próteini. Kartöflur án áburðar á Egilsstöðum skera sig töluvert úr um efnainnihald og hafa því nokkuð ráðandi áhrif á mat stuðla. Samband mats á hring við þurrefni á Egilsstöðum helst samt þó að þessum reit sé sleppt. Auk þess sem kemur fram í 13. töflu má geta þess að samkvæmt meðaltali 4 dómara var mat á sætu bragði tengt þurrefni ( $4,9 \pm 2,2$ ), en ekki er rétt að líta á það sem staðfesta niðurstöðu um samband þessara eiginleika.

Beiskt bragð, sem getur verið að kartöflum, er vegna glýkóalkalóíða, sem eru eitruð efni og finnast að jafnaði í kartöflum í svo litlu magni að ekki er talið skipta máli. Sólanín er þeirra þekktast. Magn alkalóíða getur farið eftir ræktunarskilyrðum og því getur verið tilefni til að meta beiskt bragð í tilraunum. Mestur munur var milli 70N og 170N,  $7 \pm 4,0$  að meðaltali í þrem tilraunum, og er því ekki um marktækan mun að ræða. Þegar kartöflur verða grænar eykst jafnframt magn þessara efna og þær verða rammar. Oftast mun nægja að flysja þær þegar þær verða grænar í geymslu til að losna við eitrið. Magnið er einnig misjafnt eftir afbrigðum. Í athugun á íslenskum kartöflum reyndist það lægst í Gullauga. Önnur afbrigði voru Premiere, Bintje og Rauðar íslenskar (Kristín Ingólfssdóttir o.fl. 1992). Sýni voru tekin hjá ræktendum en ekki í tilraun svo að ekki er um beinan samanburð afbrigða að ræða. Slíkur samanburður var gerður á Korpu 1993 sem liður í norrænni rannsókn og fékkst þar staðfesting á að minna er af þessum efnum í Gullauga en mörgum öðrum ræktuðum afbrigðum (Sigurgeir Ólafsson, munnlegar upplýsingar). Veðurfar var fremur kalt 1993, en þá er talin aukin hætta á myndun beiskjuefna. Beint liggur við að álykta að vænlegra sé til árangurs að nota önnur afbrigði en Gullauga ef finna á áhrif ræktunar á þessi efni.

Eftirbragð er það einkenni sem hvað óáreiðanlegast virtist við skoðun á gögnum. Líklegt er að það geti verið skylt beiskju.

Þar sem samband fannst í skynmati við eiginleika uppskerunnar (13. tafla) er það oftast á aðeins einum stað, litur og styrkur hringa á Egilsstöðum (jafnt við sterkju og þurrefni), flysjun í Vatnskoti (fastara með meiri sterkju eða þurrefni). Víða er það aðallega einn reitur, sem ræður sambandinu, og rýrir það gildi þess. Að fjórir dómara skuli einir sér hafa náð að finna álíka sterkt samband ýmissa eiginleika við sterkju og þurrefni og allir saman bendir til að þeir hafi verið fundvísari á raunverulegan mun en meðaldómari. Spurning er samt hvort treysta megi þeirri niðurstöðu þessara dómara að sætubragð kartaflna fari vaxandi með aukinni sterkju þótt það komi varla á óvart.

Heildareinkunn er sú einkunn sem helst ætti að sýna gæði kartaflnanna. Samræmi í mati er mjög lítið. Á Egilsstöðum var lægri einkunn með auknum N-áburði, en hærri í Áargarði. Ástæða þótti til að fá betri staðfestingu á niðurstöðunum úr Áargarði. Mat á heildareinkunn var því endurtekið og fékk hver þátttakandi kartöflur til að meta í tveimur umferðum. Þá höfðu 30 kartöflur úr hverjum reit verið metnar. Í 14. töflu eru notuð upphafleg matsgildi en skala ekki breytt eins og gert var við niðurstöður frá 22. feb. í 10. töflu. Reiknað var meðaltal af einkunnum hvers dómara, meðaltölum gefin raðgildi og meðaltal raðgilda reiknað. Dómararnir 11 vega jafnt þótt tveir mætu aðeins eina eða tvær kartöflur. Niðurstaðan er að kartöflur hafi í þessari tilraun þótt því betri sem N-áburður var meiri. E.t.v. má tengja það þeim N-skorti sem sjá mátti á grösnum um sumarið. Í Áargarði fékkst aukin uppskera fyrir P og flýtiáburð og kartöflur úr a2 eða a3 kynnu að hafa gefið aðra niðurstöðu.

**14. tafla. Heildareinkunn í Áargarði,**

	Meðaleinkunn, stsk. mt. 30 gilda=4,9				Meðalröðun, stsk. mt. =0,49		
<b>N kg/ha:</b>	70	120	170	Mt.	70	120	170
70 K	39,0	43,5	49,4	44,0	2,7	3,0	3,8
140 K	37,0	52,7	58,9	49,6	2,8	4,2	4,5
Meðaltal	38,0	48,1	54,2				

Eins og áður er getið var samræmi í mati lítið. Geti dómara greint á milli kartafna sem fengu ólíka meðferð má vænta jákvæðrar fylgni milli endurtekinnna heildareinkunnna í Áargarði. Sú fylgni var jákvæð í öllum þörum (þrem) hjá 3 af þeim 9 dómurum sem mátu í öll skiptin. Af 18 fylgnitölum öðrum voru aðeins 10 jákvæðar. Auk óvissu í mati voru nokkuð góðar vísbendingar um að skortur á samræmi hafi m.a. verið vegna þess að kartöflur, sem fá sömu meðferð, séu í rauninni töluvert breytilegar. Með því að reikna meðaltöl hjá hverjum dómara (14. tafla) varð röðun mun skýrari. Nokkuð skýr merki voru um ólíkan smekk manna á kartöflur ( $P=0,046$  á víxlverkun dómara og meðferðar). Einkum virtist bera á milli um mat á þeim kartöflum sem fengu mestan N- og K-áburð (mt.=58,9). Þær fengu hæsta meðaleinkunn hjá 5 og næsthæsta hjá 1, en 2 töldu þær ýmist lakastar eða næstlakastar og er annar þeirra meðal þeirra sem voru hvað samkvæmastir sjálfum sér.

Þegar reynslan af þessu mati er skoðuð er niðurstaðan sú að það hafi ekki tekist nægilega vel til að hægt sé að mæla með því að farið verði eins að aftur. Nauðsynlegt er að fólk með sérþekkingu standi að slíku mati. Fengna reynslu má þó nota til að fækka þeim atriðum, sem prófuð eru, og það eitt sér er líklegt til að betri árangur náist.

## 2.5. Efnagreiningar

Kartöflur, sem voru teknar frá til efnagreiningar, voru maukaðar og sýni fryst 14. des., og þau efnagreind skömmu seinna. Úr tilraunum í Þykkvabæ voru 31 sýni og 37 úr tilraunum á Korpu. Enn fremur voru efnagreind 4 sýni úr tilraun í Hákoti T 2003. Kartöflur af reitum sem fengu gifs og samanburðarreitum voru í kartöflugeymslu fram í apríl 2004. Þá voru tekin sýni af kartöflunum og fryst. Þau voru svo þídd og maukuð um leið og sýni frá 2004.

### 2.5.1. Þurrefni í sýnum

Þurrefni var mælt í um 4. hverju maukuðu sýni nema í 2 af 4 frá Hákoti T. Þurrefnismæling við flokkun var mikið stöðugri 2004 en árin á undan og staðalfrávikðið var á bilinu 0,36 til 1,13, meðalgildi rúmlega 0,6. Nú voru fleiri kartöflur teknar í sýni og það var einnig gert þegar mælt var í tilraun á Korpu 2003. Þar var  $s=1,13$ , en töluvert hærra í tilraunum í Þykkvabæ. Þurrefni var mælt í öllum maukuðum sýnum 2003 og virtist sú mæling heldur stöðugri en mælingin um haustið og að meðaltali var þurrefni 0,48 hærra í maukuðu sýnunum, sennilega vegna þess að kartöflurnar hafa þornað í geymslu.

Á 9 sýnum frá Korpu munaði nú 0,09 frá hausti (hærra í des.),  $s_m=0,69$ , og á 7 sýnum úr Þykkvabæ 0,04,  $s_m=1,12$ . Þessi staðalfrávik eru staðalfrávik mismunar og staðalfrávik mælingar er því  $s=s_m/\sqrt{2}=0,64$ . Þessar niðurstöður benda til að nota megi þurrefnismælingu að hausti. Í uppgjöri tilrauna 2003 fengust í vissum tilvikum stöðugri þurrefnisgildi með því að nota meðaltöl reita með sömu meðferð. Það var ekki gert nú, enda kostar það nokkra fyrirhöfn. Notað er meðaltal mælinga á þeim fjórðungi reita þar sem þurrefni var mælt tvisvar.

Sýnin frá Hákoti T 2003 gáfu aðra niðurstöðu. Í þeim tveimur sýnum þar sem þurrefni var mælt bæði 2003 og 2004 var meðaltalið 26,4% haustið 2003 en 22,2% í maukuðum sýnum. Þau eru greinilega mikið snauðari af þurrefni en kartöflurnar voru, væntanlega vegna þess að í frystum sýnum skilst vatn frá þurrefni og ekki hefur tekist að hræra nógu vel upp í skálinni. Því má gera ráð fyrir að efnagreiningin sýni ekki alveg rétta mynd, en líklega raskast samanburður sýna ekki mikið.

### 2.5.2. Niðurstöður efnamælinga

Niðurstöður efnamælinga í Áargarði, þar sem efnagreint var úr öllum reitum, eru í 15. töflu. Niðurstöður eru birtar annars vegar sem hlutfall af kartöflum, ýmist g/kg eða mg/kg eftir styrk efnis, og hins vegar sem % af þurrefni. Einnig er sýnd upptaka þess áburðarefnis sem er breytilegt eftir liðum. Víxlhrif  $N \times K$  virðast hafa áhrif á styrk ýmissa efna og voru þau

jafnan með í líkani, en önnur víxlhrif, 10 frítölur, eru notuð sem mat á tilraunaskekkju. Í neðstu línu töflunnar eru P-gildi, þ.e líkur á jafnmiklum eða meiri víxlhrifum en fengjust ef ekki væri um nein raunveruleg víxlhrif að ræða, þ.e. hreina tilviljun.

**15. tafla. Efni í kartöflum í Árgarði. Hlutfall af ferskum kartöflum í efri hluta og þurrefni í neðri hluta. Enn fremur upptekið magn efna sem tilraun var gerð með.**

		N	Ca	Mg	K	Na	P	S	Upptekið efni, kg/ha
		g/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	$P_{s_{mm}}=0,45$
<b>A. P- og flýtiáburður</b>									
a1	32,5 P	3,84	61,5	313	5,46	23,4	272	347	5,67
a2	51,5 P	3,71	57,1	313	5,37	20,8	301	353	7,12
a3	Flýtiáb.	3,64	55,1	316	5,35	21,4	282	355	7,31
<b>B. N-áburður</b>									
b1	70 N	3,07	44,0	312	5,36	19,5	276	355	64,8
b2	120 N	3,88	60,0	317	5,48	22,3	287	359	94,7
b3	170 N	4,24	69,7	313	5,35	23,7	290	340	104,7
	<i>Stsk. mm. (n=6)</i>	0,055	4,6	8,4	0,063	0,92	7,2	7,0	
	Frávikshlutfall %	2,6	13,7	4,6	2,0	7,3	4,3	3,5	
<b>C. K-áburður</b>									
c1	70 K	3,76	55,3	313	5,34	20,6	296	349	126
c2	140 K	3,70	60,5	315	5,45	23,1	272	354	127
<b>Efni, % af þurrefni</b>									
<b>A. P- og flýtiáburður</b>									
a1	32,5 P	1,70	0,027	0,137	2,40	0,0103	0,120	0,152	
a2	51,5 P	1,59	0,025	0,134	2,29	0,0089	0,128	0,150	
a3	Flýtiáb.	1,53	0,023	0,133	2,24	0,0090	0,118	0,149	
<b>B. N-áburður</b>									
b1	70 N	1,24	0,018	0,126	2,17	0,0079	0,112	0,144	76,5
b2	120 N	1,67	0,026	0,136	2,35	0,0096	0,123	0,154	74,4
b3	170 N	1,91	0,032	0,141	2,42	0,0107	0,131	0,153	75,5
	<i>Stsk. mm. (n=6)</i>	0,034	0,0020	0,0031	0,054	0,00043	0,0041	0,0027	1,77
	Frávikshlutfall-*/%	3,7	14,1	3,9	4,0	8,0	5,8	3,1	4,1
<b>C. K-áburður</b>									
c1	70 K	1,61	0,024	0,133	2,26	0,0088	0,126	0,148	
c2	140 K	1,61	0,026	0,136	2,36	0,0101	0,118	0,153	
	<i>N×K, P-gildi</i>	0,12	0,10	0,049	0,049	0,027	0,44	0,079	

A-þátturinn, P- og flýtiáburður, virðist hafa áhrif á innihald kartaflna af N, K, Na, P og S. Fyrst og fremst er um að ræða lækkun þessara efna þegar MAP er bætt við grunnáburð í a2 og a3, að mestu óháð staðsetningu áburðar. Undantekning er fosfór sem er mestur þegar P-áburður er aukinn með því að bera MAP á með öðrum áburði (a2). Þessi meðferðarþáttur hafði veruleg áhrif á uppskeru og er myndin því sumpart önnur ef upptaka efna er reiknuð. Aukinn P-áburður hefur aukið upptöku fosfórs í kartöflum um 80 g á 1 kg P í áburði.

N-áburður hefur aukið styrk allra efna, a.m.k. ef reiknað er á þurrefni. Aukning N-upptöku frá 70 í 120 N var 30 kg N/ha og því hafa 60% aukningarinnar skilað sér í kartöflunum sem er óvenjumikið í kartöflutilraun. Hækkun úr 120 í 170 kg N/ha, hefur haft minni áhrif og t.d. hefur S alls ekki aukist. Áhrif N-áburðar eru þó meiri á upptöku en styrk efna. Sérstöðu hefur Mg. Styrkur þess í ferskum kartöflum virðist alveg óháður áburði.

N-áburður eykur prótein ( $N \times 6,25$ ) í kartöflum en minnkar sterkju. Summa þessara efna (hlutfall af þurrefni) helst stöðug þegar áburður er aukinn líkt og fannst 2003.

K-áburður hefur haft lítil áhrif á styrk efna annarra en K, og upptaka K er óháð K-áburði. Þótt styrkur K í þurrefni hafi aukist örlítið vegur á móti að þurrefni er minna við meiri áburð. Na og S í þurrefni hækka lítillega við K-áburð en P lækkar.



16. tafla. N×K-töflur um efni í tilrauninni í Áargarði, % af þurrefni.

N-áb		N		Ca		Mg		K		Na		S	
kg/ha	K:	70	140	70	140	70	140	70	140	70	140	70	140
70		1,28	1,21	0,019	0,017	0,129	0,123	2,21	2,13	0,0079	0,0079	0,145	0,142
120		1,63	1,71	0,025	0,027	0,132	0,140	2,26	2,45	0,0090	0,0102	0,149	0,160
170		1,92	1,91	0,027	0,036	0,136	0,146	2,33	2,51	0,0093	0,0121	0,150	0,157

Þótt K-áburður hafi lítil áhrif haft að meðaltali benda niðurstöður til einhverrar víxlverkunar við N-áburð, sjá neðstu línu í 15. töflu. Í 16. töflu eru tvíníðar töflur með styrk efna í þurrefni, annarra en P, í N×K-liðunum. Áhrifin eru ekki skýr vegna lítillar endurtekningar (n=3) og tengjast e.t.v. því að styrkur sumra efna fylgir þurrefni í kartöflum, en önnur eru að mestu óháð því.

Í 17. töflu eru niðurstöður efnamælinga í Vatnskoti (heima) og á Egilsstöðum. Efni voru mæld í a1-reitum, þ.e. 32,5 kg P/ha, 6 reitir í tilraun, og auk þess í öðrum áburðarlausum reitnum á Egilsstöðum. Staðalskekkja mismunar er ekki sýnd, en styðjast má við skekkju í 15. töflu að teknu tilliti til þess að þar eru mælingar þrisvar sinnum fleiri, margfalda þarf með  $\sqrt{3}$ . N-áburður skilaði minni uppskeruauka í þessum tilraunum en í Áargarði og aukning N-upptöku var því minni, einkum á Egilsstöðum. Athygli vekur vaxandi Ca með N-áburði og kemur það einnig fram í öðrum tilraunum.

17. tafla. Efni í kartöflum í Vatnskoti og á Egilsstöðum. Hlutfall af ferskum kartöflum í efri hluta og þurrefni í neðri hluta. Einnig upptekið magn efna sem tilraun var gerð með.

		N	Ca	Mg	K	Na	P	S	Upptekið efni, kg/ha
		g/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	N
<b>B. N-áburður Vatnskoti</b>									
b1	70 N	3,01	49,1	318	5,63	27,6	306	392	63,6
b2	120 N	3,55	61,2	309	5,41	24,7	295	367	73,2
b3	170 N	4,07	72,4	296	5,41	23,4	312	359	88,9
<b>B. N-áburður Egilsstöðum</b>									
b1	70 N	3,35	91,4	270	5,15	17,8	293	317	62
b2	120 N	3,81	93,8	272	5,36	18,8	299	320	82
b3	170 N	3,79	98,8	253	5,15	16,7	307	298	74
<b>C. K-áburður Vatnskoti</b>									
c1	70 K	3,55	67,6	316	5,35	24,4	314	386	114
c2	140 K	3,55	54,2	299	5,61	26,0	295	360	118
<b>C. K-áburður Egilsstöðum</b>									
Án áburðar		2,56	66,0	249	5,34	22,5	299	312	61
c1	70 K	3,58	96,6	263	5,16	17,5	302	318	102
c2	140 K	3,72	92,7	266	5,29	18,0	297	305	106
<b>Efni, % af þurrefni</b>									
<b>B. N-áburður Vatnskoti</b>									
b1	70 N	1,19	0,019	0,126	2,22	0,0109	0,121	0,155	
b2	120 N	1,47	0,025	0,128	2,24	0,0102	0,122	0,152	
b3	170 N	1,78	0,031	0,129	2,37	0,0102	0,136	0,156	
<b>B. N-áburður Egilsstöðum</b>									
b1	70 N	1,59	0,043	0,128	2,44	0,0084	0,139	0,150	
b2	120 N	1,88	0,046	0,134	2,64	0,0096	0,147	0,158	
b3	170 N	1,91	0,050	0,127	2,59	0,0084	0,152	0,150	
<b>C. K-áburður Vatnskoti</b>									
c1	70 K	1,48	0,028	0,132	2,23	0,0102	0,131	0,161	
c2	140 K	1,48	0,022	0,123	2,32	0,0107	0,122	0,148	
<b>C. K-áburður Egilsstöðum</b>									
Án áburðar		1,07	0,027	0,104	2,22	0,0094	0,125	0,130	
c1	70 K	1,74	0,047	0,128	2,50	0,0085	0,147	0,154	
c2	140 K	1,84	0,046	0,132	2,62	0,0089	0,147	0,151	
<i>N×K, P-gildi</i>		0,12	0,10	0,049	0,049	0,027	0,44	0,079	

Í reit án áburðar á Egilsstöðum er lág N% og N-upptaka aðeins 29 kg N/ha. Við 70N er aukning upptöku um 50% af ábornu, en því valda einnig áhrif af P-áburði. Styrkur Ca og Mg er einnig skertur. Áhrif á styrk K og P koma fram þegar reiknað er á þurrefni.

Í tilraunum 2003 var efnagreint úr gífsreitum og samanburðarreitum, 4 reitum í tilraun, nema í Hákoti T því að þar láðist að bera Optistart á með gífsi og áburður var minni sem því nemur. Ekki er þó líklegt að þau mistök hafi áhrif á þau efni sem mestu máli skipta og því var ákveðið seinna að efnagreina úr þessum reitum. Í 18. töflu eru meðaltöl efnagreininga í Hákoti T 2003 án og með gífsáburði, 2 sýni í meðaltali. Miðað er við 22,2% þe. í öllum sýnum. Einnig eru sýnd meðaltöl hveirar tilraunar 2003 og meðaltöl eftir K-áburði yfir 3 tilraunir. Efni eins og kalí er þó uppleyst í kartöfluvökvanum og er því að líkindum ofmetið með því að reikna styrkleika þess í þurrefni en ekki í sýni. Niðurstöður í Hákoti T sýna meiri áhrif af gífsi á Ca og Na en fékkst að meðaltali í þeim tveimur tilraunum þar sem efnagreint var 2003. Þá var Ca án og með gífsi 0,022% og 0,025%.

**18. tafla. Efni í kartöflum í tilraunum í Þykkvabæ 2003, % af þurrefni.**

	N	Ca	Mg	K	Na	P	S
<i>Gífs í Hákoti T</i>							
Án gífs	1,80	0,017	0,121	2,32	0,0080	0,207	0,162
Með gífsi	1,65	0,029	0,118	2,22	0,0050	0,191	0,153
<i>Kalí, meðaltal 3 tilrauna</i>							
K0	1,67	0,025	0,131	2,19	0,0081	0,175	0,157
K83	1,65	0,022	0,124	2,19	0,0069	0,177	0,158
<i>Bær</i>							
Hákoti T	1,72	0,023	0,120	2,27	0,0065	0,200	0,158
Hákoti S	1,71	0,027	0,141	2,21	0,0094	0,162	0,168
Vatnskoti	1,54	0,021	0,122	2,09	0,0068	0,166	0,147
<i>s<sub>mm</sub></i> (sjá skýrslu 2003)	0,0051	0,0029	0,049	0,00063	0,016	0,0039	

Samkvæmt þeirri skekkju, sem sýnd er í neðstu línu 18. töflu, væri skekkja mismunarins á Ca og Na í tilraun 0,071 og 0,00089, þ.e. í Hákoti T væri marktækur munur á Na en ekki Ca. Þeim tveimur sýnum með eða án gífs, sem efnagreind voru, ber þó mikið betur saman en svarar til staðalskekkjunnar (annars vegar 0,016 og 0,018 og hins vegar 0,27 og 0,31) svo að niðurstöðuna má skoða sem allsterka vísbendingu um áhrif af gífsi. Ca mældist nokkru lægra í jarðvegi þessarar tilraunar en hinna, en pH og Na svipað. Í sýni af reitum án gífs voru 38 mg Ca/kg og er það lægsta gildið sem mældist í tilraunum, en ekki er ólíklegt að gildið sé of lágt vegna þess að hlutfall þurrefnis var of lágt í því sýni sem var efnagreint.

Í hreinu gífsi eru 29% Ca. Ca í áburði hefur því verið 58 kg/ha miðað við að um hreint efni hafi verið að ræða, en það ennþá að verulegu leyti óuppleyst þegar tekið var upp um haustið. Uppgefið magn af Ca var 1,7% í 12-12-17 og 3% í Græði 1. Ca í grunnáburði hefur samkvæmt því verið 20 kg/ha í Hákoti og 33 kg/ha í Vatnskoti.

## 2.6. Helstu niðurstöður

1. Flýtiáburður gaf uppskeruauka á Egilsstöðum líkt og í öðrum tilraunum á móajarðvegi, þ.e. á Egilsstöðum 2002 og á Korpu 2003 og 2004.
2. Nú var í fyrsta sinn uppskeruauki fyrir flýtiáburð á sandi og fékkst hann í báðum tilraunum. Kartöflum >33 mm fjölgaði. Í Áargarði var a2 (MAP borinn á með öðrum áburði) u.þ.b. mitt á milli a1 og a3, en þó er á mörkunum að hægt sé að álykta að bæði sé um áhrif fosfórs og staðsetningar áburðar (flýtiáburðar) að ræða. Þar var og nokkur tilhneiging til víxlverkunar við N-áburð á þann veg að þurft hafi áburð umfram 70N til að flýtiáburður gæfi uppskeruauka, en endurtekning liða var í minnsta lagi til að draga mætti slíka ályktun af viðhlítandi öryggi (sjá Viðauka B). Sterkja og þurrefni fór einnig vaxandi frá a1 til a3, þ.e. með P-áburði og staðsetningu áburðar, og a2 var milli a1 og a3. Áhrif flýtiáburðar á sterkju og þurrefni hafa naumast komið fram í öðrum tilraunum.
3. Áhrif A-þáttar (P og MAP) á efni í kartöflum voru aðeins mæld í Áargarði. Aukning P úr 32,5 í 51,5 kg/ha jók upptöku á P í kartöflur úr 5,7 í 7,2 kg/ha (svipað og á Korpu 2003). Styrkur P var mestur í a2 en svipaður í a1 og a3. MAP (a2 og a3) lækkaði hlutfall N, K og Na.
4. N-áburður gaf ekki marktækan uppskeruauka nema úr 70 í 120N í Áargarði. Sterkja og þurrefni lækkaði marktækt við aukningu úr 70 í 120N í öllum tilraunum og í Áargarði einnig við aukingu úr 120 í 170N. Þörf fyrir N-áburð er misjöfn eftir árferði og forræktun. Um mánuði eftir að kartöflur koma upp má meta hvort bæta þurfi við N-áburði, en aðferðir við það hafa ekki verið lagaðar að íslenskum skilyrðum (Hólmgeir Björnsson 2004a).
5. Í Áargarði sáust snemma merki um N-skort við 70N og aukning í 120N jók N í kartöflum um 30 kg/ha. Samanburður við óáborið gaf svipaða aukningu á Egilsstöðum. Kartöflur sem uxu við 70N í Áargarði hlutu slakan dóm í skynmati. Það og víxlhrif við flýtiáburð virðist mega túlka þannig að N-skortur hafi verið svo mikill að hann hafi haft ýmis truflandi og óæskileg áhrif á vöxt og þroska kartaflna.
6. Uppskeru í tilraununum var að mestu á bilinu 20–25 t/ha og kalí í kartöflum um 5,4 g/kg. Með uppskerunni hafa því verið fjarlægð um 110–135 kg K/ha og er það nær hærri áburðarskammtinum en þeim lægri. Áhrif K-áburðar á uppskeru og eiginleika hennar voru yfirleitt mjög lítil og einnig áhrif hans á upptöku annarra efna í þeirri einu tilraun sem þau voru mæld. Á Egilsstöðum var vísbending um hátt hlutfall sterkju og þurrefnis við 70N70K og í Áargarði að kartöflur féllu dómurum vel við 170N140K, en hvort tveggja er mælt af ófullnægjandi nákvæmni. Líklegt er að beinna áhrifa K-áburðar að vori gæti lítið síðsumars þegar kartöfluhnýðin eru að myndast vegna þess hve mikið skiptanlegt kalí er í jarðvegi og því er tilefni til að gera tilraunir með K-áburð síðsumars. Betur er fjallað um kalí í 4.6.
7. Kartöflur eru því dekkri (gulari) sem minna N er borið á, en K-áburður hefur ekki áhrif. Því er mjög sterkt neikvætt samband milli litar og próteins og einnig er tilhneiging til jákvæðs sambands við sterkju að gefnu próteini. Áhrif P-áburðar voru ekki metin í skynmati. Í einni tilraun (Egilsstöðum) var jákvætt samband milli þurrefnis og þess hve hringur í þverskurði var áberandi.
8. Vert er að veita Ca í kartöflum athygli ef það skyldi hafa áhrif á gæði útsæðis. Það fer vaxandi með auknum N-áburði og er undir 60 mg/kg við 70N í báðum sandgördunum, en N-áburður hefur minni áhrif á Egilsstöðum þar sem Ca er meira. Gifsáburður jók Ca í kartöflum 2003 aðallega í einni tilraun af þrem. Mg í kartöflum er mjög stöðugt og hefur það því ekki skort. K-áburður hefur ekki haft mælanleg áhrif á Ca og Mg í kartöflum. Nánar er fjallað um Ca og Mg í 4.7. og 4.8.

9. Vinnutilgáta við val tilraunaliða var að spyrja hvort 500 kg/ha af Græði 1 eða öðrum blönduðum áburði gefi nóg af P og K þótt þurft geti að bæta við N. Þrjár tilraunir eru auðvitað alltof lítið til að svara slíkri spurningu, og svarið er að líkindum breytilegt eftir árferði og forræktun, einkum hvað varðar N-áburð. Niðurstöður tveggja tilrauna stangast ekki marktækt á við þessa tilgátu og getur P-AL í jarðvegi samt ekki talist hátt. Þó getur verið að meiri P-áburður gefi aðeins meiri uppskeru, en í gördum þar sem P-AL er mun hærra ætti þess síður að gæta. Með tilliti til kalís ætti ekki að bera meira á af Græði 1 en 7-800 kg/ha ef reiknað er með að uppskera verði 20-22 t/ha, og í tveimur þessara tilfella hefði það einnig gefið nægan N-áburð.
10. Í tilraunum á Suðurlandi voru meðferðarþættir notaðir sem endurtekning hver á öðrum í stað þess að endurtaka tilraunaliði. Sú aðferð gefst best þegar áhrif meðferðar eru fremur lítil nema af einum þætti og því lítið um víxlhrif, þ.e. að áhrif meðferðar fari eftir því hvert stig einhvers annars þáttar er. Þessi forsenda átti við í tveimur tilraunum af þrem. Í einni tilraun höfðu tveir meðferðarþættir veruleg áhrif og þar var vísbending um nokkur víxlhrif, en meiri endurtekningu hefði þurft til að fá gott mat á þeim. Það hefði ekki styrkt matið þótt K-þættinum hefði verið sleppt og jafnmikið kalí borið á alla reiti, heldur hefði þurft tilraunin þurft að vera stærri. Hugsanlega er um önnur víxlhrif að ræða, en taka ber þeim með fyrirvara vegna þess hve endurtekningar voru fáar. Sérstaklega er fjallað um uppgjör þessara tilrauna í Viðauka B.

### 3. Tilraunir á Korpu 2004

Á Korpu voru gerðar fjórar tilraunir sumarið 2004. Þær voru gerðar á sama stað og árið áður, en náðu einnig yfir land þar sem þá voru frægulrófur. Reitir sneru þvert á kartöflureiti fyrra árs og einnig þvert á gulrófuraðirnar til að jafna hugsanleg eftirverkunaráhrif. Tilraunir nr. 906-04 og 907-04 voru í kartöflulandinu frá 2003 en tilraunir nr. 904-04 og 905-04 voru í gulrófulandinu, nema ein smáblokk úr hvorri tilraun (6 reitir) var í kartöflulandinu. Í tveim tilraunanna var aðeins einn reitur með hverri samsetningu þátta tilraunanna líkt og í tilrauninum í Þykkvabæ og víxlverkun þátta notuð til að meta skekkju eftir því sem við á hverju sinni. Útsæðið var Gullauga og sett til spírunar 30. apríl. Sett var niður 26.-27. maí. Rásað og sett niður í 906-04 og 907-04 26. maí, sett niður í 904-04 og 905-04 27. maí og hreykt. Líkt og á Suðurlandi voru áburðarrásir hafðar innanvert við kartöflur í báðum rásum í hverjum reit. Bil milli raða var um 70 sm og 30 sm milli kartaflna, nema í tilraun nr. 904-04 var 25 sm bil til samanburðar sem þáttur í tilraun. Sett var niður í eina varðbeltisröð utanvert við tilraunirnar og var áburður nálægt 500 kg Blákorns (Græðir 1) á ha. Úðað með Afaloni 7. júní. Tekið var upp úr 904-04 og 905-04 17.9. og 907-04 22.9., en 906-04 var upptökutímatilraun. Tekin voru upp 14 grös sem svara til 2,1×1,4 m reits, nema 16 grös (2,0×1,4 m) þar sem 25 sm voru milli grasa. Kartöflurnar voru ragaðar 30.9. á svipaðan hátt og úr tilrauninum í Þykkvabæ. Kartöflur, sem voru teknar upp 17.9., höfðu lést um 5,6% en hinar um 2,3%. Það sýnir að minni mold hefur tollað við kartöflurnar seinni upptökudaginn.

Í tilraunum nr. 904-04 og 905-04 kom í ljós að uppskera var minni þar sem kartöflur voru árið áður en þar sem gulrófur voru. Munurinn eftir forræktun er  $4,2 \pm 1,1$  og  $4,8 \pm 1,0$  t/ha í 904-04 og 905-04 og munurinn á fjölda stórra kartaflna í reit  $18 \pm 8,3$  og  $20 \pm 7,0$ . Einnig var bæði sterkja ( $0,38 \pm 0,17$  og  $0,47 \pm 0,14$ ) og þurrefni ( $0,59 \pm 0,17$  og  $0,49 \pm 0,35$ ) minna þar sem kartöflur voru áður. Tilrauninum ber mjög vel saman að þessu leyti (sjá einnig 3.1. aftast). Vegna þess að tilraunirnar voru skipulagðar með smáblokkum komu öll stig hvers þáttar jafnoft fyrir á þeim reitum sem gáfu minni uppskeru en aðrir, þ.e. þættirnir voru í jafnvægi við blokkir. Áhrif á efni í kartöflum eru í 3.2.2.

Ástæða uppskerumunar eftir forræktun 2003 er ókunn. Algengast er að forræktunaráhrif séu N-áhrif, t.d. var gras milli raða í rófulandinu og það var gróið lengur fram eftir hausti. Einnig getur verið um mismun á eðlisástandi og þar með t.d. jarðvegshita að ræða. Kartöflur voru úðaðar með Afaloni 2003. Áhrif forræktunar af repju á kartöflur munu þekkt í Danmörku og Þýskalandi.

#### 3.1. Tilraun nr. 904-04. Bil milli kartöflugrása og staðsetning áburðar

##### A. Grunnáburður

- a1 500 kg/ha af Græði 1, 60N, 32P, 70K,
- a2 1000 kg/ha af Græði 1, 120N, 65P, 140K.

##### B. Viðbót af P og staðsetning áburðar

- b1 Enginn áburður til viðbótar
- b2 20 kg/ha af N í Kjarna m. áb. til jafns við 166 kg/ha af MAP, þ.e. 80 eða 140N
- b3 20 kg/ha af N í Kjarna í rás með kartöflum
- b4 MAP 83 kg/ha með kartöflum, 51/84 P
- b5 MAP 166 kg/ha með áburði, 70/103 P
- b6 MAP 166 kg/ha með kartöflum, 70/103 P

##### C. Bil milli kartaflna þegar sett var niður

- d1 25 sm
- d2 30 sm

Þetta er 2×6×2 þáttatilraun, 24 reitir, einn reitur er af hverjum lið. N-áburður er 60/120 í b1, 70/130 í b4 og 80/140 í öðrum B-liðum. Tilraunin var skipulögð í smáblokkum með sex



reitum. Til þess þurfti að skilgreina B sem tvo þætti, b1, b2 og b5 sem lægra stig og b3, b4 og b6 sem hærra stig þessa aukabáttar. Niðurstöður eru í 19. töflu.

Uppskerureitir voru misstórir eftir bili milli grasa. Kartöflur voru að meðaltali 65,7 á m<sup>2</sup> í reit með 25 sm bili og 58,4 í reit með 30 sm bili, mism. 7,3±2,54, en stórar kartöflur 42,4 og 39,5, mism. 2,9±2,50. Kartöflum hefur því fjölgað við að setja þéttar, aðallega smælki. Niðurstöður flokkunar á Korpu eru annars settar fram sem fjöldi/gras. Mismunur fjölda á gras eftir því hve þétt er sett er ekki marktækur og ekki heldur uppskeruaukinn við að þetta grösín. Bil milli grasa hefur breytt litlu um niðurstöður og nýtist því sem endurtekning á hinum þáttunum.

Uppskeruauki fyrir magn áburðar er lítil í þessari tilraun og ekki marktækur. Á það greinilega við um aukningu grunnáburðar (Græðis 1) úr 500 í 1000 kg/ha og um 20 kg N/ha viðbótaráburð í b2 og b3 borið saman við b1. Mismunur b5 og meðaltals b1, b2 og b3 (aukinn P-áburður) er 2,0±1,3. Hins vegar hefur MAP borið á með kartöflum gefið uppskeruauka óháð magni MAP (b4 og b6) í samanburði við MAP borið á með öðrum áburði (b5), 3,2±1,4. Kjarni borinn á með kartöflum (b3) hefur hins vegar ekki skilað uppskeruauka og árið 2003 fékkst ekki uppskeruauki fyrir þrifosfat í rás með kartöflum. Ekki sést að áburður hafi haft áhrif á fjölda kartafna, hvorki magn áburðar né staðsetning. Aukinn áburður (Græðir 1) hefur hins vegar dregið marktækt úr bæði sterkju og þurrefni í kartöflum. Lækkun þurrefnis ef 20 kg N/ha í Kjarna (b2 og b3) er bætt við grunnáburð (b1) er einnig marktæk, 1,2±0,36. Hins vegar hefur flýtiáburður (MAP með kartöflum, b4 og b6) aukið þurrefni borið saman við b5, 0,8±0,36. Áhrif N og flýtiáburðar á sterkju eru minni þótt b2 skeri sig nokkuð úr.

**19. tafla. Uppskeyra, t/ha, kartöflur, fjöldi/gras, þurrefni og sterkja % í 904-04.**

			t/ha	fj. alls	stórar	sterkja	þe. %	
<b>A. Græðir 1</b>			500	23,1	12,1	7,7	17,2	24,7
			1000	23,6	11,6	8,0	15,8	23,1
<b>C. Bil</b>			25 sm	24,0	11,5	7,4	16,6	23,8
			30 sm	22,7	12,3	8,3	16,5	23,9
<b>P og staðsetning</b>	<b>b1</b>	Engin viðbót	21,6	10,9	7,6	16,6	24,7	
	<b>b2</b>	20 N	21,3	12,1	7,8	16,1	23,6	
	<b>b3</b>	20 N m. kart.	20,9	10,9	7,1	16,6	23,5	
	<b>b4</b>	83 MAP m. kart.	26,8	12,1	8,5	16,8	24,1	
	<b>b5</b>	166 MAP m. áb.	23,3	12,8	7,7	16,6	23,3	
	<b>b6</b>	166 MAP m. kart.	26,2	12,6	8,4	16,6	24,0	
<i>s<sub>mm</sub> (B-liðir, 4 reitir í mt.)</i>			1,64	0,96	0,93	0,24	0,42	

Áburðarmagn (Græðir 1) og P/flýtiáburðarliðir eru nokkuð samfléttaðir þættir og vænta má víxlverkunar milli þeirra ef áburður hefur áhrif á annað borð. Meðaltöl eru í 20. töflu. Víxlhrif á uppskeru eru ekki marktæk, enda fékkst ekki uppskeruauki fyrir áburð. Hins vegar eru áhrifin á þurrefni marktæk og nálægt því að vera marktæk á bæði fjölda stórra kartafna og sterkju (P=0,05–0,06). Niðurstöður í 20. töflu má nota til að prófa betur P-áhrif ef ganga má út frá því að N hafi ekki haft áhrif og aukning úr 500 í 1000 kg af Græði 1 hafi því helst P-áhrif. Liðir b1–b3 gefa þá +1,16±1,34 og P-áhrif eru +1,75±1,20 ef b5 er tekið með.

**20. tafla. Meðaltöl A×B-liða í tilraun nr. 904-04.**

		Kartöflur t/ha		Stórar/reit		Sterkja %		Þurrefni %	
<b>Græðir 1, kgha:</b>		500	1000	500	1000	500	1000	500	1000
<b>b1</b>	Engin viðbót	19,6	23,6	7,3	7,9	17,1	16,0	25,8	23,7
<b>b2</b>	20 N	21,8	20,7	8,4	7,2	16,7	15,4	24,2	23,1
<b>b3</b>	20 N m. kart.	20,6	21,2	5,6	8,6	17,3	15,8	23,9	23,0
<b>b4</b>	83 MAP m. kart.	26,4	27,2	8,3	8,8	17,9	15,8	25,0	23,2
<b>b5</b>	166 MAP m. áb.	22,4	24,2	7,6	7,8	17,0	16,1	23,5	23,0
<b>b6</b>	166 MAP m. kart.	27,8	24,6	9,2	7,5	17,4	15,8	25,6	22,5
<i>s<sub>mm</sub> (2 reitir í mt.)</i>		2,32		1,01		0,31		0,36	

Skipting reita á smáblokkir var ekki í jafnvægi m.t.t. víxlhrifa AxB og túlkun þeirra er alls ekki augljós. Áhrif aukningar Græðis 1 úr 500 í 1000 kg/ha á þurrefni eru marktækt ólík eftir B-liðum, mest í b6 og minnst í b5. Erfitt er að sjá að þessi víxlhrif AxB fylgi nokkurri reglu. Önnur áhrif eru minni. Helst sker sig úr fjölda stórra kartaflna í b3 og 500 kg/ha af Græði 1 án þess að um samsvarandi áhrif á uppskeru sé að ræða og þau koma ekki fram í fjölda kartaflna alls (ekki sýnt). Þessi víxlhrif gefa því naumast gagnlegar upplýsingar.



Kartöflutilraunalandið á Korpu 2003 (a,b) og 2004 (c,d)

- a. Frærækt af gulrófum í júní 2003. Hryggir í kartöflutilraun eru til vinstri, en lítið eða ekkert er farið að koma upp.
- b. Kartöflugrös í júlí 2003.
- c. Kartöflugrös 9. ágúst 2004. Hryggir eru þvert á hryggi 2003. Handan við 2. hæl má greina að kartöflugrösinn verða minni. Skilin eru þar sem kartöflur tóku við af gulrófum 2003, sjá a og b.
- d. Upptökutímatilraun 2004, 2. upptökutími 16. ágúst. Eitt gras var skilið eftir í enda hverrar rásar.

Eins og kom fram í inngangi 3. kafla var uppskera mun minni í þeim fjórðungi tilraunarinnar þar sem kartöflur voru í fyrra en þar sem frærófur voru ræktaðar. Nærtækast er að gera ráð fyrir að það sé vegna N-áhrifa. Ef svo væri mætti vænta áhrifa af aukningu áburðar úr 500 í 1000 kg/ha af Græði 1 eftir kartöflur þótt þau fái ekki eftir gulrófur. Hvergi er þó um marktæk víxlhrif áburðarmagns við legu reita að ræða, næst kemst fjöldi stórra kartaflna á gras,  $P=0,064$ . Að teknu tilliti til áhrifa annarra tilraunaliða er munurinn á uppskeru eftir legu 4,3 t/ha við 500 kg/ha af Græði 1 og 4,1 kg/ha við 1000 kg/ha. Samsvarandi tölur um stórar kartöflur á gras eru 2,6 og -0,3, en 2,1 og 0,1 sé ekki leiðrétt fyrir öðrum áburðaráhrifum. Þarna virðast áhrif áburðar minni í kartöflulandinu, en reitir voru fáir og eðlilegast að skýra þennan mun sem tilviljun því að aðrar mælingar styðja ekki þessa niðurstöðu. Einnig voru bæði sterkja og þurrefni minna í gamla kartöflulandinu þrátt fyrir minni

uppskeru og bendir það ótvírætt til að ekki sé um einföld áburðaráhrif að ræða. Líklegt er að um seinkun sprettu og þar með þroska kartaflna hafi verið að ræða, t.d. vegna kaldari jarðvegs eða samkeppni við örverur um N úr áburði, og ekki má gleyma Afaloninu.

### 3.1.1. Efnagreiningar.

Sýni til efnagreiningar voru tekin af reitum með 30 sm milli grasa (21. tafla). Sýni a1b4 (500 af Græði 1, 83 kg af flýtiáburði) misförst þó. Skekkja var metin með aðeins 4 frítölum og því getur verið réttmætt að hafa mat á skekkju úr öðrum tilraunum til hliðsjónar þegar mismunur liða er metinn. Skekkja á samanburði einstakra B-liða við b4 fæst með því að margfalda  $s_{mm}$  með 1,15 og með 0,61 þegar mismunandi magn af Græði 1 er borið saman.

**21. tafla. Tilraun nr. 904-04. Efni í ferskum kartöflum í efri og í þurrefni í neðri hluta.**

	N	Ca	Mg	K	Na	P	S
	g/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>Græðir, kg/ha</b>							
500 <sup>1</sup>	3,8	70	329	5,5	15,6	425	338
1000	4,5	84	299	5,4	17,5	435	322
<b>B-liðir</b>							
<b>b1</b> Engin viðbót	4,1	76	308	5,6	16,4	428	331
<b>b2</b> 20 N	4,4	79	312	5,4	16,5	447	333
<b>b3</b> 20 N m. kart.	4,1	89	312	5,5	17,1	419	316
<b>b4</b> <sup>1</sup> 83 MAP m. kart.	4,1	56	306	5,5	16,4	415	339
<b>b5</b> 166 MAP m. áb.	4,2	88	310	5,3	17,5	437	317
<b>b6</b> 166 MAP m. kart.	4,1	75	323	5,2	15,5	431	344
<i>s<sub>mm</sub></i>	0,13	6,9	18,3	0,17	2,88	22,4	21,1
<b>Græðir, kg/ha</b>				<b>Efni, % af þurrefni</b>			
500 <sup>1</sup>	1,55	0,028	0,134	2,22	0,0063	0,172	0,137
1000	1,97	0,036	0,130	2,33	0,0076	0,189	0,140
<b>B-liðir</b>							
<b>b1</b> Engin viðbót	1,65	0,031	0,124	2,24	0,0066	0,173	0,134
<b>b2</b> 20 N	1,84	0,033	0,130	2,26	0,0069	0,186	0,139
<b>b3</b> 20 N m. kart.	1,75	0,038	0,132	2,34	0,0073	0,178	0,134
<b>b4</b> <sup>1</sup> 83 MAP m. kart.	1,76	0,024	0,137	2,42	0,0070	0,186	0,145
<b>b5</b> 166 MAP m. áb.	1,84	0,038	0,134	2,31	0,0076	0,189	0,137
<b>b6</b> 166 MAP m. kart.	1,72	0,031	0,133	2,14	0,0064	0,179	0,142
<i>s<sub>mm</sub></i>	0,107	0,0033	0,0115	0,090	0,00111	0,0151	0,0131

Þar sem reitir með 30 sm bili voru valdir til efnagreiningar er áburðarmagn (Græðir 1) samþætt smáblokkum. Ekki var tekið tillit til þess í uppgjöri og veikir það mat á áhrifum áburðarmagns. Aukning N í kartöflum er 0,07% með auknu magni af Græði 1 og svarar það til 0,46% aukningar í próteini og 16 kg/ha aukningar á upptöku N þegar N-áburður er aukinn um 60 kg/ha. Marktæk aukning á Ca varð með auknum Græði 1 og jafnframt lækkar Mg marktækt í kartöflum. Aukið Ca er ekki meira en mátti vænta af auknu N, en Ca í áburði fór líklega úr 11 í 22 kg/ha. Hins vegar nálgast aukningin á K og Na það að geta talist marktæk þegar reiknað er á þurrefni. K-áburður fór úr 70 í 140 kg/ha en kalí í kartöflum lækkaði þó um 0,20±0,12 að teknu tilliti til mismunandi forræktunar. Um áhrif hennar sjá 3.2.2. Mismunur á efnun eftir B-liðum er lítil og ekki marktækur. Lágt gildi á Ca í b4 er niðurstaða einnar mælingar.

<sup>1</sup> Eina athugun vantar.

**3.2. Tilraun nr. 905-04. P-áburður og dreifingartími N-áburðar.**

Grunnáburður 500 kg/ha af Græði 1, 60N, 32P, 70K

**A. Dreifingartími N-áburðar umfram grunnáburð**

- a1 Engin viðbót
- a2 60N í Kjarna að vori
- a3 60N í Kjarna 12.7. (áætlað eftir 8 vikur, í reynd 7½ viku)
- a4 60N sem kalksaltpétur að vori
- a5 60N sem kalksaltpétur 12.7. (eftir 8 vikur)
- a6 60N sem kalksaltpétur 9.8. (u.þ.b. þegar hnýði fara að myndast, eftir 11-12 vikur).

**B. P-áburður til viðbótar (þrífosfat)**

- a1 0P
- a2 20P kg/ha
- a3 40P kg/ha

Þessi tilraun var hugsuð sem forkönnun á því að skipta N-áburði þótt í ræktun yrði það e.t.v. gert á annan hátt. Ekki var talið að minniháttar P-skortur hefði áhrif á þessa áburðarliði og litið á mismunandi P-áburð sem endurtekningu N-áburðarliða, en í öðrum tilraunum hefur þó komið fram víxlverkun N×P. Reitir voru 18.

P-áburður hefur aukið uppskeru, sterkju og þurrefni, en áhrifin á fjölda kartaflna eru ekki eins skýr (22. tafla). Hlutfallsleg fjölgun stórra kartaflna er þó svipuð og uppskeruaukinn, en fjöldinn er breytilegri en uppskeran. N-áburður til viðbótar grunnáburði hefur ekki aukið uppskeru marktækt, meðaltal a2 til a6 umfram a1 er  $2,0 \pm 1,21$  og munur liða a2 til a6 er ekki mikill. Þessi uppskeruauki,  $33 \pm 20$  kg kartöflur/kg N, er þó svipaður og oft fæst í tilraunum. Hins vegar er marktækur munur á sterkju, þurrefni og fjölda kartaflna.

**22. tafla. Uppskera, t/ha, kartöflur, fjöldi/reit, þurrefni og sterkja % í 905-04.**

	N, viðbót, kg/ha	Uppskera		Fjöldi kartaflna á gras				þe. %
		t/ha	alls	litlar	stórar	sterkja		
<b>a1</b>	0	20,8	12,1	3,9	8,3	17,9	24,6	
<b>a2</b>	60 Kjarni vor	22,5	11,5	2,7	8,7	16,8	24,2	
<b>a3</b>	60 Kjarni 8 v.	22,7	12,4	3,8	8,6	16,2	22,8	
<b>a4</b>	60 Kalksp vor	20,9	11,3	3,4	7,9	16,4	23,9	
<b>a5</b>	60 Kalksp 8 v.	24,6	11,5	2,9	8,6	15,9	21,3	
<b>a6</b>	60 Kalksp 12 v.	23,0	14,3	4,8	9,4	17,1	23,1	
	<i>s<sub>mm</sub> (3 reitir í mt.)</i>	<i>1,56</i>	<i>0,74</i>	<i>0,81</i>	<i>0,81</i>	<i>0,23</i>	<i>0,58</i>	
	<b>P kg/ha</b>	0	20,5	11,5	3,5	8,0	16,4	22,4
		20	23,2	12,0	3,3	8,7	16,9	23,9
		40	23,5	13,0	3,9	9,0	16,8	23,5

Tilraunaskekking á þe.% er tiltölulega há. Athugun á sterkju og próteini í samhengi við þurrefni leiddi í ljós ósamræmi á 4 eða 5 reitum, sjá umfjöllun í 4.2. Þar sem ályktað er að á nokkrum reitum hafi þe.% mælst of lág. Viðbót af N-áburði hefur að meðaltali lækkað sterkju um  $1,4\% \pm 0,18$ . Munur liða a2 til a6 innbyrðis er einnig marktækur. Ef dregið er í 7½ viku að bera þennan áburð á lækkar sterkjan um  $0,53 \pm 0,16$ . Hún er aftur meiri þegar seinast er borið á, en þó marktækt lægri í a6 en a1. Sterkjan er líka lægri sem nemur  $0,67 \pm 0,16$  ef notaður er kalksaltpétur en ekki Kjarni. Áhrifin á þe.% eru ekki alveg þau sömu, nákvæmni er minni og nokkur gildi óviss. N-viðbót lækkar þe.% um  $1,7 \pm 0,45$ , dreifing eftir 7½ v. um  $1,8 \pm 0,40$ , kalks. m.v. Kjarna um  $1,1 \pm 0,40$ . Áburður eftir 11½ v. hefur orðið til þess að fjölga kartöflum. Ætla mætti að hann fjölgaði einkum smælki. Það kemur þó ekki skýrt fram.

### 3.2.1. Efnagreiningar

Sýni voru efnagreind af hverjum reit í þessari tilraun (23. tafla) og er jafnvægi í samanburði liða því óraskað. Víxlhrif þátta eru notuð sem skekkja, 10 frítölur. Í uppgjöri á N voru áhrif forræktunar einangruð og frítölur skekkju því 9, en annars var ekki tekið tillit til smáblokka.

**23. tafla. Efni í kartöflum í tilraun nr. 905-04. Hlutfall af ferskum kartöflum í efri hluta töflunnar og af þurrefni í neðri hluta.**

	N	Ca	Mg	K	Na	P	S
	g/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>P, viðbót, kg/ha</b>							
0	4,0	82	281	5,3	16,5	373	295
20	3,7	79	297	5,4	15,6	424	308
40	3,8	71	294	5,5	15,5	447	309
<b>N, viðbót, kg/ha</b>							
a1 0	3,3	63	290	5,4	16,2	425	304
a2 60 Kjarni vor	4,0	80	287	5,2	15,1	424	306
a3 60 Kjarni 8 v.	4,0	76	291	5,4	16,8	405	299
a4 60 Kalksp vor	3,8	88	297	5,4	15,9	420	307
a5 60 Kalksp 8 v.	4,1	90	290	5,4	16,0	412	313
a6 60 Kalksp 12 v.	3,8	70	291	5,5	15,0	402	295
<i>s<sub>mm</sub> (3 ath. í mt.)</i>	0,12	5,0	14,1	0,13	1,42	29,2	13,0
<b>P, viðbót, kg/ha</b>				<b>Efni, % af þurrefni</b>			
0	1,80	0,037	0,126	2,37	0,0074	0,168	0,133
20	1,56	0,034	0,125	2,28	0,0066	0,178	0,130
40	1,62	0,031	0,125	2,33	0,0066	0,189	0,132
<b>N, viðbót, kg/ha</b>							
a1 0	1,34	0,026	0,118	2,18	0,0066	0,172	0,124
a2 60 Kjarni vor	1,67	0,033	0,119	2,16	0,0063	0,175	0,127
a3 60 Kjarni 8 v.	1,75	0,034	0,128	2,40	0,0074	0,178	0,132
a4 60 Kalksp vor	1,64	0,038	0,127	2,33	0,0068	0,180	0,131
a5 60 Kalksp 8 v.	1,91	0,042	0,135	2,51	0,0075	0,192	0,146
a6 60 Kalksp 12 v.	1,66	0,031	0,127	2,39	0,0066	0,175	0,129
<i>s<sub>mm</sub> (3 ath. í mt.)</i>	0,068	0,0027	0,0079	0,084	0,00066	0,0139	0,0076

Viðbót af þrifosfati jók P í kartöflum. Við skoðun á gögnum kom í ljós að í a5 með +40P var P aðeins 0,374 mg/kg, svipað og að meðaltali án viðbótar af P, en 0,428 við +0P. Önnur efni sýna lík frávik og gætu sýni því hafa víxlást. Ef a5 er sleppt lækkar staðalfrávik P-mælinga um nærri helming og skekkja á mismun meðaltala A-liða (viðbót af N) úr 29,2 í 15,0. Önnur áhrif P-áburðar eru lítil og hugsanleg víxlun á sýnum skiptir því ekki miklu máli. P-áburður hefur haft töluverð áhrif á hlutfallið P/N, aukið P en minnkað N, en upptekið N-magn hefur þó aukist.

Hinn meðferðarþátturinn (A) hefur haft marktæk áhrif á sömu efni. Það er einkum aukinn N-áburður sem hefur áhrif. Ca hefur aukist með auknum N-áburði og enn frekar ef notaður er kalksaltpétur, um 11,2±3,5 mg/kg að meðaltali ef borið er á að vori eða eftir 8 vikur. Þegar kalksaltpétur var borinn á eftir 12 vikur hefur Ca ekki aukist marktækt borið saman við a1 og er marktækt lægra en þegar hann var borinn á fyrr.

### 3.2.2. Áhrif forræktunar í 904- og 905-04 á efni í kartöflum

Eins og fram hefur komið var minni uppskera þar sem kartöflur voru árið áður. Slíkur munur kom einnig fram í innihaldi kartaflna af K og Na. Í 24. töflu eru áhrif forræktunar á þessi tvö efni í hvorri tilraun um sig. Reiknað er vegið meðaltal beggja tilrauna, vegið í öfugu hlutfalli við dreifni meðaltalins (staðalskekkju meðaltalsins í öðru veldi) og því vega niðurstöður úr 905-04 mun þyngra. Í tilraun nr. 904-04 voru aðeins efnagreind sýni þar sem 30 sm voru milli grasa. Við það raskaðist jafnvægið í tilrauninni og í þeim hluta tilraunarinnar þar sem kartöflur voru árið áður var eingöngu mælt í sýnum af reitum með 1000 kg/ha af Græði 1. Áhrif B-liða í 904-04, sem voru ekki marktæk, voru lögð við skekkju og var hún því metin með 8 frítölum.



Samanburður á tilraunum bendir til að þau áhrif á K, sem koma fram í 904-04, séu fremur vegna áburðarmagns en forræktunar.

**24. tafla. Áhrif forræktunar á efni í kartöflum, mismunur á styrk efna þar sem rófur voru á fyrra ári og þar sem kartöflur voru.**

	904-04	905-04	Sameiginlegt mat
P mg/kg	+24±13,7	+34±15,1	+29±10,2
K g/kg	-0,23±0,14	+0,04±0,08	-0,026±0,069
Na mg/kg	-3,4±1,3	-1,5±0,76	-2,0±0,66
K % af þe.	-0,17±0,065	-0,02±0,053	-0,08±0,041
Na % af þe.	-0,0017±0,00045	-0,00076±0,00034	-0,00090±0,00027
N g/kg	+0,07±0,13	-0,22±0,076	-0,15±0,066
N % af þe.	-0,03±0,088	-0,12±0,042	-0,10±0,038
kg N/ha	+11±9,6	+14±4,0	+13,6±3,7

Það sem einkum vekur athygli er hærri styrkur N í kartöflum eftir kartöflur en rófur þótt uppskeran sé minni og þar með einnig upptaka. Þessa niðurstöðu mætti skýra þannig að N hafi verið minna aðgengilegt um vorið en losnað þegar leið á sumarið. Minni fosfór eftir kartöflur getur líka bent til þess að kartöfluplönturnar hafi ekki verið tilbúnar til upptöku snemma sumars meðan P úr áburði var aðgengilegastur.

### 3.3. Tilraun nr. 906-04. Áhrif flýtiáburðar á uppskeruferil kartaflna

Grunnábúrdur 500 kg/ha af Græði 1.

#### A. Flýtiáburður

a1 MAP (OptiStart™) 83 kg/ha m. áburði

a2 MAP (OptiStart™) 83 kg/ha m. kartöflum

#### B. N-áburður

b1 Engin viðbót = 80 kg N/ha

b2 60 kg N/ha í Kjarna með áburði = 140 kg N/ha

3 endurtekningar, 12 reitir. Sett var í 2 raðir, 30 sm milli kartaflna, 9 m = 31 kartafla á lengd.

Tekið var upp á viku fresti 9. – 30. ágúst, alls 4 sinnum. Gengið var á enda reitanna, 5 grös í röð eða 10 í reit í hvert sinn, en eitt gras skilið eftir á enda og milli upptökureita. Sleppt var grösum sem voru mjög smá og virtust hafa komið seint upp. Uppskeyra var vigtuð og flokkuð um 33, 45 og 55 mm og kartöflur taldar í hverjum flokki. Kartöflum í sama flokki var steipt saman og vigtaðar í lok flokkunar til að fá meðalþunga kartaflna. Það fórst þó fyrir 16. ágúst. Í 25. töflu er meðalfjöldi kartaflna á gras og meðalþungi kartaflna í hverjum flokki. Flokkunin hefur skilað nokkurn veginn jafnþungum kartöflum í flokk í hvert skipti. Í þurfnissýni voru teknar 5 kartöflur sem voru um 40 g að meðalþyngd (36 g 30. ágúst) og helmingur hvers kartöflu sneiddur í sýni til þurrkunar. Í 26. töflu eru helstu niðurstöður uppskeru- og þurfnismælinga, annars vegar án eða með flýtiáburði og hins vegar við mismunandi N-áburð.

**25. tafla. Meðalfjöldi og meðalþungi kartaflna eftir stærðarflokkum í tilr. nr. 906-04.**

	Dag	<33	33-45	45-55	>55
<b>Meðal- fjöldi á gras</b>	9.8.	7,6	2,8		
	16.8.	6,4	4,6	0,6	
	23.8.	6,2	4,8	1,4	0,03
	30.8.	4,3	4,8	2,2	0,3
<b>Meðal- þungi kartöflu</b>	9.8.	10,4	27,5		
	23.8.	10,2	30,7	54,9	90
	30.8.	10,7	32,3	58,2	103

**26. tafla. Uppskera, þurrefni og flokkun kartafna í tilraun nr. 906-04.**

	9.8.	16.8.	23.8.	30.8.	9.8.	16.8.	23.8.	30.8.
	<b>Kartöflur, t/ha</b>				<b>þe. %</b>			
Ekki flýti	5,9	9,7	12,3	15,1	21,2	21,2	22,9	23,5
Flýtiáburður	9,0	13,1	15,5	20,3	21,1	21,7	23,4	24,0
80 N	7,5	11,6	14,0	17,6	21,3	21,7	23,4	23,9
140 N	7,3	11,3	13,8	17,7	21,0	21,2	22,8	23,5
<i>s<sub>mm</sub></i>	0,51	0,63	1,10	1,27	0,21	0,23	0,25	0,35
	<b>Kartöflur/gras alls</b>				<b>Fjöldi 33–45 mm/gras</b>			
Ekki flýti	9,4	10,7	12,1	11,3	2,0	3,8	4,4	4,5
Flýtiáburður	11,2	12,7	12,8	11,9	3,6	5,5	5,2	5,1
<i>s<sub>mm</sub></i>	0,85	0,63	0,57	1,03	0,39	0,41	0,40	0,50
	<b>Kartöflur/gras &gt; 33 mm</b>				<b>Fjöldi 45–55 mm/gras</b>			
Ekki flýti	2,0	4,3	5,6	6,2	0,4	1,2	1,6	
Flýtiáburður	3,6	6,3	7,0	8,3	0,8	1,7	2,8	
<i>s<sub>mm</sub></i>	0,39	0,37	0,52	0,57	0,18	0,25	0,55	
	<b>Kartöflur/gras &lt; 33 mm</b>				<b>Fjöldi &gt;55 mm/gras</b>			
Ekki flýti	7,4	6,4	6,6	5,1	0,02	0,17		
Flýtiáburður	7,7	6,4	5,9	3,5	0,05	0,42		
<i>s<sub>mm</sub></i>	0,89	0,34	0,66	0,88	0,03	0,15		

Uppskeruauki fyrir flýtiáburð er marktækur og svipaður að magni í öll skiptin. Athyglisvert er að hann er nærri því að vera sá sami og í tilraun nr. 904-04 þótt þar hafi frjósemi jarðvegs verið meiri. N-áburður hefur ekki aukið uppskeru. Aukning þurrefnis á reitum með flýtiáburði er ekki mikil en má þó teljast marktæk í 2. og 3. sinn. Hið sama má segja um áhrif N-áburðar til lækkunar og er það í samræmi við niðurstöður úr öðrum tilraunum. Þe. % er hærri með flýtiáburði og bendir það til að kartöflur séu þroskaðri.

Tilraunaskekkja er metin með 6 frítölum þar sem víxlverkun er með í líkani. Matið á skekkjunni er því lélegt. Athygli vekur að skekkja þurrefnismælingar og flestra talninga er stöðug og því kemur til greina að nota sömu skekkjuna í öll skiptin. Þá fengist t.d.  $s_{mm}=0,26$  á mismun meðaltala þe. %.

Með flýtiáburði er fullum fjölda kartaflna nokkurn veginn náð 9. ágúst og þeim fjölgar alls ekki eftir 16. ágúst, en þá er enn marktækur munur á fjölda eftir staðsetningu áburðar. Sá munur er allur á kartöflum >33 mm. Hann hélst allt til loka og skiptist á alla stærðarflokka >33 mm. Eins og sést í 26. töflu gaf N-áburður ekki uppskeruauka og ekki þykir taka því að sýna niðurstöður talningar eftir N-áburði.

### 3.4. Tilraun nr. 907-04. Samanburður á útsæði ræktuðu án og með gífsi 2003.

#### Jafngildi og staðsetning áburðar.

Í hverri tilraun í Þykkvabæ 2003 voru 2 reitir sem fengu gífs um vorið en mismikinn K-áburð. Hugmyndin er að Ca-áburður gefi útsæði sem er þolnara fyrir sveppasmiti. Kartöflur úr þessum reitum og til samanburðar úr reitum, sem höfðu að öðru leyti hlotið sömu áburðarmeðferð (frávik í Há koti T), voru því teknar til útsæðis í þessa tilraun. Mistök urðu þó og aðeins úr einni tilraun (Há koti T) var útsæði úr báðum gífsreitunum notað, en úr hinum tilraununum var einn gífsreitir borinn saman við þrjá samanburðarreitir.

Grunnáburður var 1000 kg/ha í Græði 1. Útsæði úr hverri tilraun (4 reitir) var haldið sér líkt og um 3 tilraunir væri að ræða, útsæði af hverjum reit notað í 2 reiti, 8 reitir alls. Reitir með útsæði af sama reit fengu mismunandi áburðarmeðferð. Annar liðurinn var alltaf Græðir 1 í áburðarrás, en til samanburðar var annað af tvennu:

1. Græðir 1 í kartöflurás með kartöflum frá Há koti T, allur áburðurinn
2. Jafngildi NPK í Kjarna, þrífosfati og brennisteinssúru kalí með kartöflum frá Há koti S (Premier) og Vatnskoti (Gullauga), allt í áburðarrás.

Í niðurstöðum þessarar tilraunar er ekki sýnt mat á skekkju þar sem frítölur eru fáar í hverjum hluta um sig. Leita má í töflur úr öðrum tilraunum til að fá mat á skekkju til hliðsjónar, en gæta þarf þess að taka fjölda mælinga í meðaltali með í reikninginn.

Tilraunin með útsæði frá Háskoti T var sú eina þar sem útsæði var valið eins og hugmyndin var (27. tafla). Mismunur eftir staðsetningu áburðar er lítill í öllum eiginleikum. Til þess að meta mun eftir áburð á útsæði má hafa skekkju í 15. töflu til hliðsjónar. Sá samanburður bendir til að ekki sé um marktækan mun að ræða.

Í 28. töflu eru niðurstöður með útsæði frá Vatnskoti þar sem einnig var Gullauga. Sleppt er að sýna niðurstöður eftir mismunandi K-áburð á útsæði enda munurinn oftast minni en í 27. töflu. Í 29. töflu eru niðurstöður með útsæði frá Háskoti S. Premier kartöflur eru mikið stærri en Gullauga og því voru kartöflur flokkaðar um 45 mm.

Ekki er munur eftir Ca-áburði á útsæði skv. niðurstöðum í 27.–29. töflu. Hugmyndin með að prófa jafngildi Græðis 1 í eingildum áburðartegundum er fyrst og fremst að sjá hvort efni önnur en NPKS í Græði 1 hafi áhrif, þ.e. Ca, Mg og B, en einnig er P og N á ólíku formi. Uppskerumunur er reyndar nokkur í 29. töflu, en vart marktækur. Í tilrauninni var mun minni uppskera á einum reit með Græði 1 en á öðrum reitum, 15,7 t/ha, og sá með næstmínsta uppskeru, 17,2 t/ha, fékk einnig Græði 1. Aðrir reitir voru á bilinu 20,0–23,4 t/ha. Ekki er tilefni til að álykta að efni önnur en NPKS hafi skipt máli.

**27. tafla. Tilraun með útsæði frá Háskoti T 2003 og staðsetningu á Græði 1.**

		Uppskeyra t/ha	Þe. %	Sterkja %	Kartöflur á gras	> 33 mm fj. á gras
<b>Áburður á útsæði 2003</b>	Án Ca	22,8	22,2	15,0	11,0	8,1
	Með Ca	24,1	21,9	15,0	11,9	8,8
	154 K	23,2	21,9	15,2	11,1	8,0
	257 K	23,8	22,2	14,7	11,8	8,8
<b>Staðsetn. áburðar</b>	Til hliðar	23,3	22,0	14,9	11,8	8,3
	Með kartöflum	23,6	22,2	15,1	11,1	8,5

**28. tafla. Tilraun með útsæði frá Vatnskoti 2003 og jafngildi Græðis 1.**

	Uppskeyra t/ha	Þe. %	Sterkja %	Kartöflur á gras	> 33 mm fj. á gras
<b>Útsæði</b>					
án Ca	23,2	22,6	15,4	11,0	8,1
með Ca	22,2	21,9	15,2	11,1	7,9
Græðir 1	22,7	21,8	15,1	11,1	8,2
Jafngildi	22,2	22,3	15,3	11,0	7,6

**29. tafla. Tilraun með útsæði af Premier frá Háskoti S 2003 og jafngildi Græðis 1.**

	Uppskeyra t/ha	Þe. %	Sterkja %	Kartöflur á gras	> 45 mm fj. á gras
<b>Útsæði</b>					
án Ca	20,8	20,9	13,2	6,9	3,8
með Ca	20,3	20,7	13,5	7,0	3,7
Græðir 1	19,0	20,7	13,2	6,2	3,5
Jafngildi	21,7	20,7	13,8	7,8	4,0

Kartöflur voru efnagreindar (30. tafla) úr þeim hluta tilraunarinnar þar sem Græðir 1 var borinn saman við jafngildi (28. og 29. tafla). Tekin voru 4 sýni af hvoru afbrigði, Gullauga og Premier. Þau mistök urðu að af Premier var aðeins 1 sýni með jafngildi en 3 með Græði 1. Svo vildi til að reitir með Premier, sem valdir voru, voru allir með uppskeru um eða undir meðallagi, meðal annars reiturinn sem var með minnsta uppskeru. Meðaltöl áburðarliða

voru metin með aðferð minnstu kvaðrata að gefnu afbrigði. Meðaltöl afbrigða eru einföld meðaltöl. Tilraunaskekkja er að þessu sinni sýnd sem staðalfrávik því að skekkja mismunar er ekki sú sama við samanburð á afbrigðum og áburði. Til að fá skekkju mismunar yrkja skal deila í staðalfrávik  $(s)$  með  $\sqrt{2}$ , en skekkja mismunar áburðarliða er  $s/\sqrt{(1/3+1/5)} = s/1,37$ . Skekkjan er metin með aðeins 5 frítölum og hafa má mat á skekkju efnamælinga úr öðrum tilraunum til hliðsjónar.

30. tafla. Efni í Gullauga og Premier við 1000 kg/ha af Græði 1 eða jafngildi.

	N	Ca	Mg	K	Na	P	S
	g/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>Afbrigði kartafna</b>							
Gullauga	4,23	80,4	316	5,40	20,6	399	351
Premier	3,94	66,5	284	4,75	18,6	335	340
<b>Tegund áburðar</b>							
Græðir 1	4,16	76,2	293	5,09	21,3	373	341
Jafngildi	3,96	68,8	310	5,06	16,8	357	353
<i>s</i>	0,19	10,3	15	0,17	1,5	15	9,9
<b>Efni, % af þurrefni</b>							
<b>Afbrigði kartafna</b>							
Gullauga	1,90	0,036	0,142	2,43	0,0093	0,180	0,158
Premier	1,88	0,032	0,135	2,26	0,0089	0,159	0,162
<b>Tegund áburðar</b>							
Græðir 1	1,97	0,036	0,139	2,40	0,0101	0,176	0,162
Jafngildi	1,76	0,031	0,138	2,24	0,0075	0,159	0,157
<i>s</i>	0,13	0,0059	0,0072	0,13	0,00089	0,0075	0,0067

Greinilega er minna af sumum efnum í Premier en Gullauga, einkum K og P. Það á einnig við um Mg, sem annars er mjög stöðugt í kartöflum, og N. Þessi munur jafnast að mestu út þegar reiknað er á þurrefni, því að Premier er þurrefnissnauðara, en þó er munur á a.m.k. P. Vart er um marktækan mun að ræða eftir því hvort notaður er Græðir 1 eða jafngildi í einstökum áburðartegundum, nema á Na sem er minna í jafngildisreitunum. Þó er einnig P marktækt minni þegar reiknað er á þurrefni.

#### 4. Niðurstöður tilrauna með áburð á kartöflur

Tilraunir voru gerðar á þremur bæjum árlega 2002–2004 og á Korpu tvö seinni árin. Uppskeyra var góð, uppskeyra oftast á bilinu 20–25 t/ha. Nokkrir gallar voru á sumum tilraunanna, sjá tilraunaskýrslur, en ekki er tekið tillit til þeirra í samantektinni umfram þau áhrif sem koma fram í tilraunaskýrslu. Niðurstöður eldri tilrauna á tilraunastöðvunum birtust í tilraunaskýrslum og Bjarni Helgason (1979) gaf yfirlit yfir þær. Frá öðrum tilraunum greindu Bjarni Helgason (1970, 1979), Friðrik Pálmason (1991) og Hólmgeir Björnsson (1997). Á ráðunautafundi 2004 voru niðurstöður athugana á niturbörf kartafna kynntar með grein og veggspjaldi (Hólmgeir Björnsson 2004a) og er veggspjaldið sýnt í Viðauka D. Á fræðapingi 2006 voru helstu niðurstöður tilrauna með áburð á kartöflur dregnar saman (Hólmgeir Björnsson 2006) og er mest af efni þeirrar greinar endurtekið hér og aukið, en ekki er þó fjallað um tilraunir með búfjáráburð og snefilefni eða samanburð áburðartegunda.

##### 4.1. Efni í kartöflum, yfirlit

Í 31. töflu er meðaltal efnagreininga í Gullauga á Korpu 2004. Meðaltal N- og Ca-mælinga takmarkast við reiti með 120 kg N/ha og úr meðaltali P-mælinga er sleppt lægsta skammtinum í 905-04, 32 kg P/ha. Í flestum efnum er einhver munur á tilraunum, þó ekki á Ca, ekki á K í ferskum kartöflum, og ekki á P í þurrefni. Einnig er reiknað sameiginlegt mat á staðalfrávik. Frítölur eru 19 nema hjá N eru þær 18. Staðalfrávik ber nokkuð vel saman milli tilrauna. Það er þó fremur hátt á Na í 904-04 og lágt á S í 907-04. Það er einnig fremur hátt á P í kartöflum í 905-04, en munur tilrauna yrði þó minni ef tekið væri tillit til þess við mat á skekkju að fosfór var minni í reitum þar sem kartöflur voru árið áður.

31. tafla. Efni í Gullauga á Korpu 2004, meðaltal tilrauna og sameiginlegt staðalfrávik.

	N	Ca	Mg	K	Na	P	S
	g/kg	mg/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	4,1	82	302	5,4	16,7	422	318
s	0,16	7,6	17	0,16	2,0	29	16
	<b>Efni, % af þurrefni</b>						
	1,81	0,036	0,130	2,33	0,0072	0,182	0,137
s	0,099	0,0041	0,0094	0,108	0,00090	0,147	0,0061

Í 32. og 33. töflu er yfirlit yfir efni í kartöflum í tilraunum 2003 og 2004. Í 32. töflu eru lægsta og hæsta gildi og miðgildi efna í Gullauga og efni í Premier í þeim tilraunum sem það var í. Í Premier var styrkur efna í kartöflum innan þeirra marka sem fannst í Gullauga, nema K er minna. Reiknað sem hlutfall af þurrefni eru hæstu gildin á N, Mg og S í Premier.

32. tafla. Yfirlit yfir efni í kartöflum í tilraunum 2003 og 2004.

	Gullauga		Premier		
	Lægst	Hæst	Miðgildi	Hákoti	Korpu
N g/kg	3,55	4,12	3,6	3,6	3,9
N % af þe.	1,48	1,81	1,61	1,71	1,88
Ca mg/kg	50	95	61	56	66
Ca % af þe.	0,021	0,046	0,025	0,027	0,036
Mg mg/kg	265	314	306	292	284
Mg % af þe.	0,120	0,134	0,129	0,141	0,135
K g/kg	4,9	5,5	5,35	4,6	4,8
K % af þe.	2,09	2,56	2,28	2,21	2,26
Na mg/kg	14,3	25,2	17,5	19,6	18,6
Na % af þe.	0,0060	0,0104	0,0072	0,0094	0,0089
P mg/kg	284	465	345	338	335
P % af þe.	0,126	0,200	0,166	0,162	0,159
S mg/kg	312	373	336	350	340
S % af þe.	0,136	0,158	0,151	0,168	0,162

Í 33. töflu eru efni í Gullauga á hverjum stað, og einnig eru nokkur hlutföll efna reiknuð á meðaltölum. Tilraunin í Vatnskoti 2003 var í þeim garði sem nefndur er Áargarður 2004. Gullauga var á 3 stöðum 2003 og á 4 stöðum 2004. Sleppt er efnum í kartöflum frá Há koti 2003 því að kartöflur voru frystar áður en þær voru maukaðar og eru miðgildi (32. tafla) því meðaltal 3. og 4. gildis í röðinni. Efni í Gullauga á Korpu 2004 eru samkvæmt 31. töflu, en í öðrum tilraunum meðaltal allra liða, nema á Korpu 2003 er sleppt reitum með <32 kg P/ha og P=32 er einnig sleppt í meðaltali P-mælinga. Sýni af Suðurlandi 2004 voru hins vegar öll úr reitum með P=32, nema í Áargarði voru sýni úr öllum reitum. N-áburður er að meðaltali 120 kg/ha, nema 142–154 kg/ha í tilraunum á Suðurlandi 2003. Mælingar á Premier voru 4 á báðum stöðum og fjöldi mælinga í öðrum tilraunum (n) er í 33. töflu.

Sem einfaldan mælikvarða á stöðugleika efna í Gullauga má nota  
 $100 \times (\text{Hæst} - \text{Lægst}) / \text{Miðgildi}$ .

Hjá N, Mg, K og S er þetta hlutfall á bilinu 11–22% og má telja magn þeirra í kartöflum nokkuð stöðugt. N og K eru stöðug ef reiknað er í kartöflum (16 og 11%) en ekki eins ef reiknað er á þurrefni (22 og 21%). Mg er stöðugra ef reiknað er á þurrefni (16 og 11%). Frávikshlutfall ( $100 \times \text{s} / \text{meðaltal}$ ) þessara efna er á bilinu 3,0–5,6%, nema 7,2% ef Mg reiknað í þurrefni (31. tafla). Sum þessara efna eru auk þess breytileg eftir áburði. Óstöðug eru hins vegar efni Ca, Na og P. Þess má vænta að efni, sem eru í litlu magni eins og Ca og Na, séu óstöðug. Athygli vekur hins vegar hve óstöðugt hið mikilvæga næringarefni fosfór er. Styrkur þess er mestur á Korpu þar sem P-AL í jarðvegi er lægst, en niðurstöður takmarkast þó við 32 kg P/ha í tveimur tilraunum á Suðurlandi 2004.

**33. tafla. Efni í Gullauga á hverjum stað 2003 og 2004 og nokkur hlutföll efna.**

	2003			2004			
	Vatnsk.	Hákoti T	Korpu	Áarg.	Vatnsk.	Egilsst.	Korpu
<i>n</i>	4	4	18 <sup>1</sup>	18	6	6	33 <sup>2</sup>
N g/kg	3,6		3,59	3,73	3,55	3,65	4,12
N % af þe.	1,72	1,54	1,51	1,61	1,48	1,79	1,81
Ca mg/kg	50		72	58	61	95	82
Ca % af þe.	0,021	0,023	0,030	0,025	0,025	0,046	0,036
Mg mg/kg	289		310	314	308	265	302
Mg % af þe.	0,122	0,120	0,129	0,134	0,128	0,130	0,130
K g/kg	4,9		5,3	5,4	5,5	5,2	5,4
K % af þe.	2,09	2,27	2,23	2,31	2,28	2,56	2,33
Na mg/kg	16,0		14,3	21,9	25,2	17,8	16,7
Na % af þe.	0,0068	0,0065	0,0060	0,0094	0,0104	0,0087	0,0072
P mg/kg	391		465	284	305	300	424
P % af þe.	0,166	0,200	0,194	0,122	0,126	0,147	0,182
S mg/kg	347		325	352	373	312	318
S % af þe.	0,147	0,158	0,136	0,151	0,154	0,152	0,137
<b>N/S</b>	11,7	9,7	11,1	10,6	9,6	11,8	14,1
<b>N/P</b>	10,4	7,7	7,8	13,2	11,8	12,2	10,1
<b>K/Mg</b>	17,1	18,9	17,3	17,2	17,8	19,7	17,9

Hjá sumum efnum skera einstaka tilraunir sig úr og er þá miðgildið langt frá því að vera meðaltal hæsta og lægsta gildis. N í þurrefni var mest á Korpu og Egilsstöðum 2004, en þe.% var lág á Egilsstöðum. Ca var hæst á Egilsstöðum 2004 og næst á Korpu 2004. Mg í kartöflum var lægst á Egilsstöðum 2004. K var langlægst í Vatnskoti 2003, en að öðru leyti var það mjög jafnt í Gullauga. Na var hæst í tilraunum í Þykkvabæ 2004. P er mestur í kartöflum á Korpu og þar skilar hann líka mestum uppskeruauka. S er lægstur á Korpu ef reiknað er á þurrefni.

<sup>1</sup> 12 mælingar á P í meðaltali því að P=32 kg/ha er sleppt úr meðaltali

<sup>2</sup> 25 mælingar á N og Ca og 27 á P



Efnin N, P og S eru ýmist bundin í prótein eða sambönd sem tengjast því. Því má vænta þess að innbyrðis hlutföll þeirra séu innan einhverra ákveðinna marka ef plöntunæring er í góðu horfi. Hlutföll efna í Gullauga eru í 33. töflu. Í Premier voru þau næst því sem var í Vatnskoti 2003 eða á Egilsstöðum. Hlutfall N/S var á bilinu 10–12 og má telja það nokkuð stöðugt, nema á Korpu 2004 var N hátt og N/S um 14. Fosfór er hins vegar óstöðugur og N/P 8–13. Hlutfall P/S var á bilinu 0,80–1,42, nálægt 1,0 á þrem stöðum, þ.e. í Premier og í Gullauga á einum stað. Hlutföll katjóna geta skipt máli í næringarjafnvægi plantna. Samkvæmt töflunni er þungahlutfall K/Mg á þröngu bili (17,1–19,7), enda eru bæði þessi efni stöðug. Ca og Na eru bæði í mun minna magni og niðurstaðan myndi ekki breytast að ráði þótt reiknað væri t.d. hlutfall eingildra og tvígildra jóna á jafngildisgrunni.

#### 4.2. Sterkja og prótein

Sterkja eins og hún mælist með flotvog er jafnan mun meira en helmingur þurrefnis og oftast meira en tveir þriðju. Þegar N-áburður er aukinn lækkar hlutfall sterkju en hlutfall hrápróteins, sem er  $6,25 \times \%N$ , hækkar. Við úrvinnslu á tilraun á Korpu 2003 kom í ljós að summan af sterkju og hrápróteini sem hlutfall af þurrefni var nokkuð stöðug, 83,1, 83,7 og 82,9% við 60, 120 og 180 kg N/ha, og hið sama fékkst í Árgarði 2004 (2.5.2.). Aukning próteins verður því á kostnað sterkju, en auk þess lækkar hlutfall þurrefnis í kartöflum.

Í tilraun nr. 904-04 breyttist summan af sterkju og próteini sem hlutfall af þurrefni einnig lítið þótt prótein hækkaði með auknum N-áburði, mt.=79,6% og s=2,85. Í tilraun nr. 905-04 var þetta hlutfall heldur herra, á bilinu 77,9 til 82,7 í 13 reitum, en meira í hinum 5, allt að 91,5%, og eru það ósennileg gildi. Í 14 reitum með <85% er mt.=80,9 og s=1,61. Hátt staðalfrávik og athugun á tölum bendir til að nokkur gildi á þe.% séu óeðlilega lág fremur en að sterkja sé of há þótt um óbeina mælingu sé að ræða. Magn efna í 31. töflu sem % af þe. er þá fremur óáreiðanlegt, en það hefur ekki áhrif á reiknaða upptöku þeirra.

Í tilraun nr. 907-04 var summan af sterkju og próteini 81% af þurrefni í Gullauga, en 76% í Premier. Í tilraunum á Suðurlandi 2004 var summan af sterkju og próteini 74–76% af þurrefni, en 2003 var það mun lægra, í Gullauga í Árgarði 71% og 67% í Premier í Háskoti.

Ólík samsetning lífræns efnis á Suðurlandi og á Korpu vekur spurningu um hvort hún hafi áhrif á gæði kartaflna. Burton (1966) fjallar í viðauka um eðlisþyngd sem mælikvarða á sterkju. Ef holrými er í kartöflum veldur það of lágu mati á sterkju.

#### 4.3. Efni í jarðvegi

Í 34. töflu eru endurbirtar mælingar á efnum í sýnum sem voru tekin úr jarðvegi tilrauna 2002–4 þegar borið var á. Árið 2003 voru einnig tekin sýni fyrir um vorið.

34. tafla. Efni í jarðvegi tilrauna 2002–4.

	Möl %	Rúmp.	% af þurri fínjörð			mg/100g		mj./100 g				pH
	(>2 mm)	g/sm <sup>3</sup>	C	N	C/N	P	Ca	Mg	K	Na		
<b>2002</b>												
Forsæti I			3,1	0,28	11,4	18,8	1,9	0,6	1,55	0,30	5,08	
Forsæti II			3,8	0,34	11,4	6,6	5,5	1,6	0,79	0,61	5,64	
Egilsstöðum			6,4	0,55	11,7	4,4	5,6	1,1	1,14	0,28	5,45	
<b>2003</b>												
Hákoti, Tb		1,56	1,25			3,2	5,1	2,0	0,82	1,45	5,7	
Hákoti, S		1,24	1,68			7,1	7,5	3,4	0,87	1,52	5,7	
Vatnskoti		1,48	1,47			6,1	7,0	2,9	1,30	1,20	5,6	
Korpu		1,03	3,2			0,65	7,5	1,5	0,71	0,96	6,2	
<b>2004</b>												
Vatnskoti	1,4		2,47	0,22	11,3	6,8	3,8	1,2	0,66	0,39	5,4	
Árgarði	4,3		1,40	0,12	11,9	5,5	6,7	2,8	1,20	0,43	6,1	
Egilsstöðum	0,4		6,12	0,54	11,3	1,8	9,0	1,9	1,07	0,30	5,9	

Á Korpu var tilraunaland að mestu leyti það sama 2003 og 2004 og sýni ekki tekin 2004. Vorið 2004 voru einnig tekin sýni á Suðurlandi til að mæla níturat í jarðvegi (2. tafla).

Fosfór mælist mjög lágur á Korpu og á Egilsstöðum. Í Forsæti I er hann hár og þar er hátt K, en Ca og Mg lágt og einnig er pH lágt. Þar mun eitt sinn hafa staðið haugur og gæti uppleyst kalí og ammóníum hafa skolast í gegn og valdið útskolun á Ca og Mg. Í langtímatilraun með Kjarna á Sámsstöðum jók árlegur áburður umfram 120 kg N/ha útskolun á jónbundnum efnum úr jarðvegi að miklum mun (Þorsteinn Guðmundsson o.fl., 2007). Með áburði umfram það sem plönturnar nýta er hættu á að frjósemi jarðvegs sé spillt.

#### 4.4. Flýtiáburður

Aðferðir við dreifingu áburðar og staðsetning áburðar geta haft áhrif á nýtingu áburðarefna. Íslenskur jarðvegur (eldfjallajörð, *Andosol*) bindur fosfór í jarðvatni mjög fljótt. Með því að dreifa kornuðum áburði ofan á tún er dregið úr þessari hættu. Snertingin við jarðveg verður mikið minni en þegar áburði er dreift í unna jörð og áburðurinn blandast jarðveginum. Einnig má draga úr snertingu við jarðveg með því að leggja áburðinn í rás. Með staðsetningu áburðar í sömu dýpt eða dýpra en útsæði eða sáðkorn, en þó skammt frá eða jafnvel í sömu rás, má örva rótarvöxt. Einkum getur það skipt máli á vorin þegar jörð er köld og í þurrkum (Mengel & Kirkby 2001)<sup>1</sup>. Einnig má ætla að heppilegt sé að tegund eins og kartöflur, sem hefur mikla forðanæringu, þurfi ekki langt að sækja í næringu meðan rótarkerfið er ófullkomið. Það örvar rótarvöxt meira að P og N séu staðsett saman heldur en hvort í sínu lagi (Drew 1975). Í tilraunum Jónatans Hermannssonar með korn hefur sýnt sig að uppskera korns verður meiri sem nemur um 600 kg/ha af þurru korni ef áburði er dreift í rás með sáðkorninu en sé honum dreift ofan á (Hólmeir Björnsson og Þórdís Anna Kristjánsdóttir 2003 bls. 32) og einnig hafa verið gerðar tilraunir með staðsetningu áburðar í sérstaka rás (sjá tilraunaskýrslur Rala 1999 og 2000).

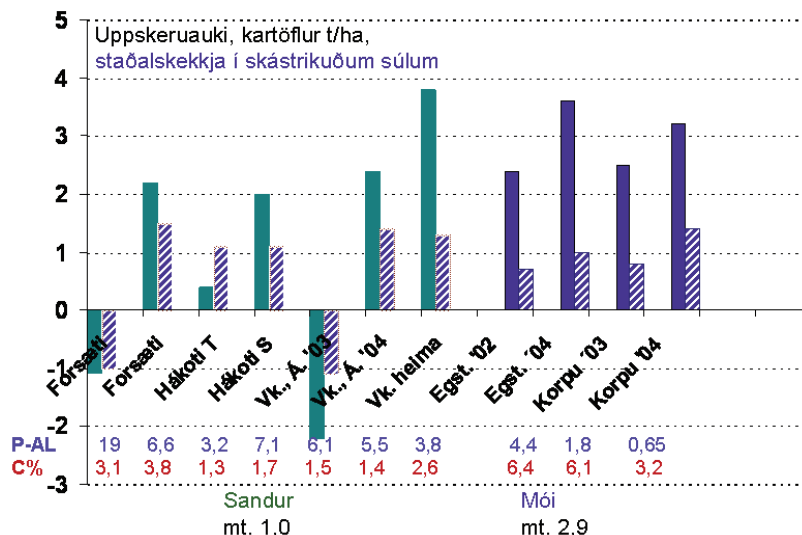
Þær vélar, sem nú eru notaðar til að setja niður kartöflur, dreifa jafnframt áburði og beina honum til hliðar við útsæðið í sömu dýpt. Nokkuð dreifist þó úr áburðinum og hann leggst ekki í afmarkaða rás eins og þegar dreift er með höndum í tilraunum. Í Noregi hefur það stundum skilað uppskeruauka, einkum í sandjarðvegi, að bera á sérstakan áburð, OPTI-START™ (sérstaklega kornað mónoammoníumfosfat, MAP, 12% N, 23% P), í rásina með byggi og kartöflum, en annar áburður var lagður í rás til hliðar eða undir (Haug o.fl. 2003). Tilraunir hér hófust að frumkvæði og með stuðningi framleiðandans, NorskHydro (nú Yara), og umböðsaðilans SS. Þar sem þess má vænta að árangurinn geti farið eftir bæði jarðvegi og árferði var stefnt að því að gera a.m.k. 3 tilraunir á ári í 3 ár í kartöflugörðum á Suðurlandi, og einnig voru gerðar tilraunir á Korpu. Árangur er sýndur á 1. mynd, tilraunir flokkaðar eftir því hvort þær voru á sand- eða móajarðvegi og P-Al og C% í jarðvegi sýnd, en það eru eiginleikar sem kynnu að hafa áhrif á nýtingu áburðar. Niðurstöður eiga við söluhæfar kartöflur (> 33 mm) 2002 og á Korpu 2003 en annars uppskeru alls. Hlutfall smælkis er þó að mestu óháð áburði og útkoman því nánast hin sama hvort sem það er með eða ekki.

Tilraunir á móajarðvegi (brúnjörð) gáfu samstæðar niðurstöður, uppskeruauka sem nemur um 3 t/ha bæði á Korpu og á Egilsstöðum í Villingaholtshreppi. Á sandi voru niðurstöður breytilegar. Þær benda til að flýtiáburðurinn gefi stundum uppskeruauka. Mestur var hann í tveim tilraunum í Vatnskoti 2004, marktækur í annarri. Þá var sett snemma niður, 11. maí, en líklegt má telja að þessi dreifingaradferð skipti einmitt meira máli meðan jarðvegur kaldur. Þá er leysanleiki fosfórs í jarðvegi minni og losun N og P úr lífrænum samböndum ennþá hæg. Í móajörð er fosfór fast bundinn og því mikil þörf á auðleystum fosfór.

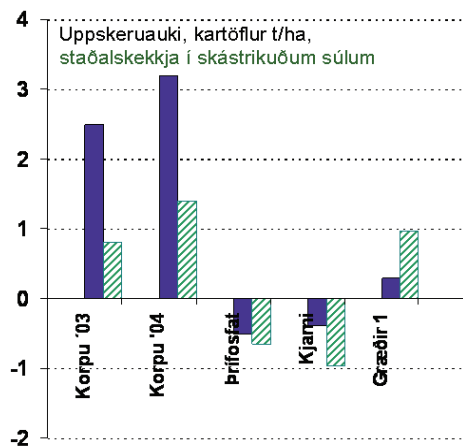
Niðurstöður á sandi 2004 benda til þess að áhrif flýtiáburðar komi ekki fram nema vel sé séð fyrir N-áburði (sjá einnig Viðauka B), en þessara áhrifa gætti ekki í tilraunum á

<sup>1</sup> Einnig var sótt í óbirt handrit að kennslubók eftir Stoumann Jensen & Husted.

móajarðvegi. Þetta má túlka þannig að sú aukning uppskeru, sem það gefur að flýta sprettu um viku með staðsetningu áburðar (sjá 3.3. og 3. mynd), nýtist ekki nema vel sé séð fyrir N-þörf kartaflna, en upptöku flýtt að öðrum kosti. Í 15 tilraunum í Troms- og Finnmerkurfylkjum í Noregi 2004–6 gaf flýtiáburður  $+1,9 \pm 0,55^1$  t/ha af söluhæfum kartöflum með 90 kg N/ha en  $+0,8$  t/ha með 60 kg N/ha, viðmiðunin var 21,2 t/ha (Sørensen & Forbord 2007). Yfirbreiddur fosfór gaf þó einnig  $+2,6$  t/ha svo að óljóst er hvort staðsetning áburðar skipti máli. Sérstökum búnaði er bætt á niðursetningargvélur til að dreifa flýtiáburði.



1. mynd. Áhrif af dreifingu OPTI-START™ í kartöflurásina umfram dreifingu á öllum áburði í áburðarrásina 2002–4 á sandi og móajörð, t/ha  $\pm$  staðalskekkingja<sup>1</sup> (skástrikuð).



2. mynd. Áburður í rás með kartöflum á Korpu, auk flýtiáburðar (Korpu '03 og '04) eru það þrifosfat, Kjarni og Græðir 1 (staðalskekkingja skástrikuð)

Í sérstökum tilraunaliðum á Korpu var prófað hvort þrifosfat eða Kjarni borið í kartöflurásina hvort um sig gæfu svipaðan árangur, og einnig var prófað að bera grunnáburðinn, Græði 1, allan í kartöflurásina, en ekkert af þessu gaf aukna uppskeru (2. mynd). Ekki var þó prófað að láta Kjarna og þrifosfat saman í kartöflurásina, en það er sennilega vænlegt til árangurs þótt einnig geti verið að gerð áburðarins skipti máli, t.d. að N og P eru í sama korni<sup>2</sup>.

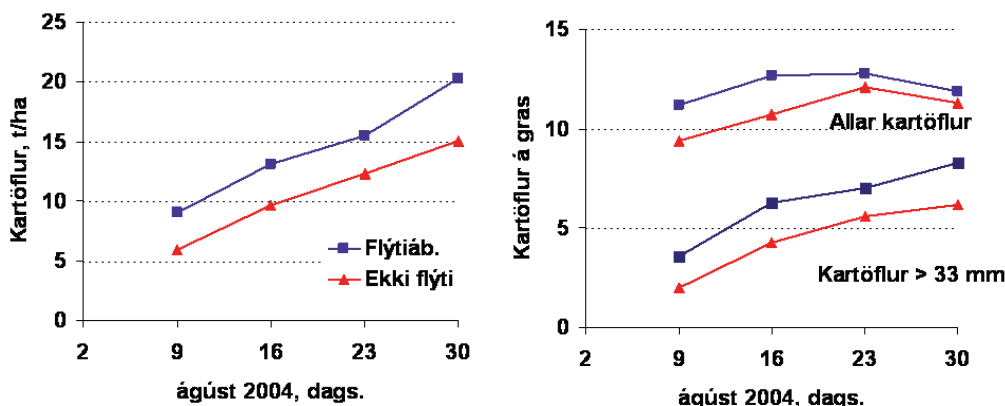
Meðal skýringa á áhrifum flýtiáburðar gæti verið að kartöflurnar nái að taka upp ammoníumjónina áður en hún oxast í nítrat og að þessi upptaka á jákvætt hlaðinni jón auðveldi upptöku á neikvætt hlaðinni fosfatjón. Í ræktun grænmetis hefur uppleystu MAP verið dælt undir fræði til að

<sup>1</sup> Áhrifin eru marktæk við 5% mörkin ( $\alpha=0,05$ ) ef þau eru u.þ.b. tvöföld staðalskekkingja eða meiri.

<sup>2</sup> Með tilvísun í handrit að kennslubók eftir Stoumann Jensen & Husted (7.5.3.) bendir Ríkhartð Brynjólfsson á að mikið sterkari sýra myndast í jarðvatni þegar þrifosfat leysist upp en MAP. Ferill efnaskipta, t.d. binding P, er því annar. E.t.v. hefur það einnig áhrif á nýtingu  $\text{NH}_4^+$  að leysast í súru umhverfi úr MAP-kornum.

flýta vexti. Bæði ammóníum- og fosfatjónir bindast jarðvegi og því eykst ekki osmótískur þrýstingur (Stone 1998), en það ætti þó að skipta minna máli þegar áburðurinn er kornaður.

Uppskeruauki af flýtiáburði kom fram í því að kartöflum >33 mm fjölgaði, en meðalþungi þeirra jókst ekki. Í upptökutímatilraun kom í ljós að áhrifin jöfnuðust á við vöxt kartaflna í eina viku og er hann því rétt nefndur flýtiáburður (3. mynd). Í henni var þe.% hærrí eftir flýtiáburð sem nemur 0,5 einingum í þrjú skipti (26. tafla) og í tilraun nr. 904-04 var þessi munur  $0,75 \pm 0,34$ . Má taka það til marks um meiri þroska, en aukin sterkja í 904-04 var þó aðeins  $0,1 \pm 0,19$ . Að meðaltali í 4 tilraunum á móajörð var þó aukin þe.% eftir flýtiáburð 0,0% og aukin sterkja 0,02% svo að ekki er það regla að áhrifum flýtiáburðar á uppskeru fylgi aukinn þroski að þessu leyti. Þessi aðferð við dreifingu áburðar ætti að vera hagkvæm þar sem vaxtartími er stuttur eða stefnt er að því að koma kartöflum snemma á markað. Yfirbreiðsla með plasti hefur þó sennilega meiri áhrif.



3. mynd. Uppspera (t.v.) og fjöldi kartaflna (t.h.) í upptökutímatilraun með flýtiáburð.

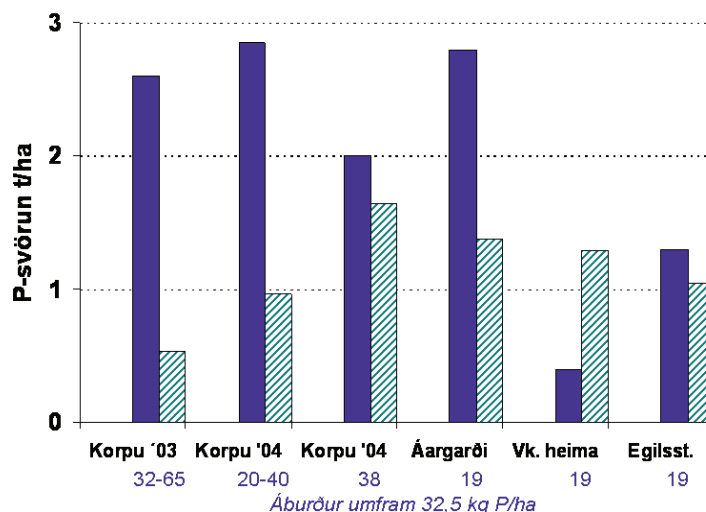
#### 4.5. P-áburður

Fosfór í kartöflum var um 300 mg/kg í tilraunum á Suðurlandi 2004 og í tilraunum á Korpu var hann >400 mg/kg ef P skorti ekki. Í 20 tonnum af kartöflum eru því um 6–9 kg P. Í 35 tonnum, sem er nálægt hámarki þeirrar uppskeru sem fengist hefur í tilraunum, eru um 10–16 kg, en í 500 kg af Græði 1, sem má e.t.v. líta á sem lágmarksáburð, eru 32,5 kg af P. P-áburður á kartöflum er því jafnan langt umfram það sem fjarlæggt er svo að fosfór safnast í kartöflugarða, enda mældist P-AL víða hátt í sýnum frá 1994 (>10 í 5 af 19, óbirtar niðurstöður, sjá 4.8.).

Á 4. mynd er sýndur uppskeruauki við að bera á P umfram 32,5 kg P/ha. Á Korpu 2003 var grunnáburðurinn þrífosfat en Græðir 1 í hinum tilrauninum. P-áburður á Korpu 2004 umfram grunn var þrífosfat í 905-04 (20-40 P), en MAP í áburðarrásina í 904-04 (38 P) og á Suðurlandi 2004 (19 P). Einnig má túlka áhrif Græðis 1 í b1, b2 og b3 í 304-04 sem P-áhrif af +32 kg P/ha og að meðaltali (MAP og Græðir 1) er þá uppskeruauki af P í tilrauninni  $1,75 \pm 1,20$  (sjá 3.1.).

Á Korpu var P-AL lágt (0,65) og uppskeruauki var svipaður og fékkst af N-áburði. Ekki fékkst aukin uppspera af áburði umfram 52,5 eða 65 kg P/ha og naumast var um hækun á P í kartöflum að ræða 2004. Í tilraunum á Suðurlandi 2004 var P-AL 1,8–6,8. Uppskeruauki var nálægt því að vera marktækur í einni þeirra (P-AL=5,5) og P í kartöflum hækkaði. Á Korpu gætti aukinnar tíðni þess að dökknaði inn af nafla kartöflunnar ef P-áburður var ófullnægjandi, þ.e. 32,5 kg P/ha (Viðauki A). Þessar niðurstöður staðfesta að kartöflur þurfa mikinn auðleystan fosfór í jarðvegi og að áburður þarf að vera langt yfir því magni sem fjarlæggt er með uppskeru, a.m.k. ef P-AL er lágt. Sums staðar er þó P-AL mun

hærra í kartöflugörðum en mældist í þessum tilraunum og þar má vænta annarrar niðurstöðu.



**4. mynd.** Uppskeruauki við fosfór umfram 32,5 kg P/ha í tilraunum 2003-4. [Staðalskekkja](#) er í skástrikuðum súlum. Magn viðbótaráburðar, kg P/ha, er undir súlunum.

Í tilraunum á Korpu 1965–6 var uppskera minni án P-áburðar (8,0 t/ha) en án N-áburðar (12,2 t/ha) og fosfór gaf því meiri uppskeruauka. Í Þykkvabæ var því öfugt farið 1965 og uppskera án P var 4,8 t/ha en aðeins 2,6 t/ha án N. Fosfór umfram 66 kg P/ha gaf uppskeruauka 1965–7 (Bjarni Helgason, 1970, sjá Viðauka C). Niðurstöður voru óregluglegar á báðum stöðum að því leyti að uppskeruauki fór vaxandi með auknum áburði, sem er gagnstætt lögmálinu um minnkandi vaxtarauka, og það eykur óvissu við túlkun á þeim. Áburði var dreift ofan á en ekki í rás í nánd við kartöflurnar og gæti það verið skýringin á því að svo háir P-skammtar skyldu gefa uppskeruauka. Á Korpu voru reitir með P<32 kg/ha 2003 og var uppskeran 12,1 t/ha við 0 kg P/ha en 18,6 og 18,7 t/ha við 16 og 32 kg P/ha.

Á Korpu 2004 var styrkur P minni eftir forræktun með kartöflum en gulrófum.

Á Englandi voru gerðar 22 tilraunir með P á kartöflur 1988–2000 (Allison o.fl. 2001b). Þrífosfati var dreift ofan á og blandað í jarðveginn eftir að sett var niður. P-áburður jók ekki uppskeru ef í jarðvegi mældist >26 mg P/l með aðferð sem kennd er við Olsen. Það kom þó fyrir í eldri tilraunum. Nú var vökvæð í meiri hluta tilraunanna, en ræturnar eiga erfðara með að taka upp P ef jarðvegur er þurr, og fleira getur skýrt það að líkur á áburðarsvörun skuli hafa minnkað þar sem P-ástand í jarðvegi er gott. Við endurmat á eldri tilraunum kom í ljós að þörfin á P-áburði hafði verið mikið ofmetin. Ekki er ávinningur að því að bæta fosfórastand í jarðvegi með áburði umfram þarfir að öðru leyti en því að árleg áburðarþörf getur minnkað. Mælt hefur verið með því að úða P-áburði á blöð þegar hnýðin eru að myndast til þess að fjölga þeim ef það þykir æskilegt (Ballingall 2007). Engin slík áhrif fundust þó í 6 tilraunum þar sem það var prófað (Allison o.fl. 2001b), en höfundar telja að það skipti máli hversu vel grösin þekja þegar hnýðin myndast.

Lélegt samband er milli P-Olsen og P-AL í íslenskum jarðvegi. Að meðaltali er gildið á P-AL rúmlega tvöfalt á við P-Olsen (Friðrik Pálmason og Bjarni Helgason 1990). Að teknu tilliti til rúmþyngdar er P-Olsen=26 mg/l ekki fjarri P-AL=4 mg/100g af jarðvegi sem er nálægt mörkunum milli skorts og viðunandi P-ástands í túni á Íslandi (Jóhannes Sigvaldason 1996). Tugi tilrauna þarf ef finna á sambandið milli áburðarþarfir og P-AL, en ætla má að lengi verði þörf á P-áburði þótt P-AL hækki vegna þess hve íslenskur bindur mikinn fosfór. Sérkennilegt er að mestur fosfór var í kartöflum þar sem P-AL var lægst.

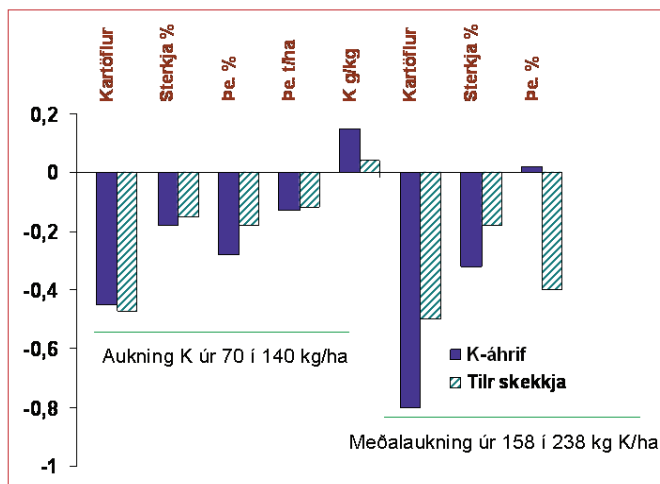
#### 4.6. K-áburður

Kartöflur taka upp mikið kalí. Miðgildi í Gullauga var 5,35 g/kg (6 tilraunir, lægst 4,9) en í Premier voru 4,6–4,8 g/kg. Til einföldunar má miða við 5 g/kg og þá eru 100 kg K/ha fjarlægð ef uppskeran er 20 t en 175 kg ef hún er 35 t.

Í 35. töflu og á 5. mynd eru helstu niðurstöður 7 tilrauna með K-áburð 2003–4. Í A-hluta töflunnar eru áhrif þess að auka K-áburð um 70 kg K/ha, úr 70 í 140 kg K/ha, en í B-hluta er áburður meiri. Tilraunin á Korpu 2003 er í báðum hlutum töflunnar því að þar voru þrjár áburðarskammtar. Öll meðaltöl eru óvegin. Áhrif K-áburðar voru ekki marktæk nema á K í kartöflum, og einnig á sterkju þegar tekið er meðaltal af báðum hlutum töflunnar. Áhrifin á sterkju samrýmast dönskum niðurstöðum um að hún lækki um 0,04% ef K-áburður er aukinn um 10 kg K/ha, þ.e. 0,28% á 70 kg K/ha (Højmark, 1979). Á Korpu lækkaði uppskeran af sterkju marktækt ef K-áburður var aukinn úr 70 í 210 kg K/ha. Í þessum tilraunum hefur þó N-áburður haft meiri áhrif á sterkju og þurrefni en K-áburður. Aukning K-áburðar með auknu magni af Græði 1 jók ekki kalí í kartöflum (3.1.1.). Ekki fundust umtalsverð áhrif af K-áburði á önnur efni í kartöflum.

35. tafla. Áhrif af 70(–83) kg K/ha til viðbótar við grunn í tilraunum 2003–4.

Tilraun		K, kg/ha		V. grunnsk. af K			Breyting við +70–83 kg K/ha				
Staður	Ár	Áb.	Upp-taka	Kart t/ha	strk %	þe. %	Kartöflur, t/ha	sterkja %	þe. %	þe. kg/ha	K g/kg
<b>A. Aukning K-áburðar úr 70 í 140 kg K/ha</b>											
Korpu	03	70	111	21,0	17,9	24,3	+0,1±0,6	-0,3±0,23	-0,8±0,38	-140±170	+0,09±0,09
Vk. h	04	70	121	22,7	15,7	23,9	0,0±1,1	+0,4±0,26	+0,7±0,53	+163±262	+0,26±0,09
Vk. Á	04	70	127	23,7	15,8	23,7	-0,5±1,1	-0,2±0,39	-0,7±0,26	-267±294	+0,11±0,051
Egilsst	04	70	116	22,5	15,4	20,6	-1,0±0,8	-0,6±0,32	-0,3±0,20	-276±176	+0,13±0,09
<i>Meðaltal</i>							<i>-0,45±0,47</i>	<i>-0,18±0,15</i>	<i>-0,28±0,18</i>	<i>-130±116</i>	<i>+0,15±0,041</i>
<b>B. Aukning K-áburðar úr 140–169 í 210–252 kg K/ha, meðalaukning 80 kg K/ha</b>											
Korpu	03	140	114	21,1	17,6	23,5	-0,7±0,6	-0,4±0,23	+0,2±0,38	-170±170	-0,01
Hák T	03	169	127	25,1	14,7	25,5	-0,3±1,0	-0,5±0,32	-0,3±0,67		
Hák S	03	169	169	36,8	14,0	24,2	-2,2±1,1	-0,1±0,40	+0,4±1,02		
Vak Á	03	155	149	30,5	16,3	26,8	0,0±1,2	-0,3±0,43	-0,2±0,95		
<i>Meðaltal</i>							<i>-0,80±0,50</i>	<i>-0,32±0,18</i>	<i>+0,02±0,40</i>		



5. mynd. Áhrif K-áburðar, sjá 35. töflu.

Í tilraunum á Korpu 1965–6 var uppskeruauki fyrir K-áburð (mt. K-liða) umfram 0 kg K/ha 1,5 t/ha að meðaltali í tvö ár og vísbending var um áhrif af K>124 kg/ha. Í Þykkvabæ voru áhrifin lítil og niðurstöður eru ekki gefnar (Bjarni Helgason, 1970, sjá einnig viðauka C).



Ýmsar kenningar eru um að K-áburður tryggi gæði kartaflna. T.d. er mælt með því erlendis að bera á aukaskammt er líður á vaxtartímann til þess að minnka sterkju í kartöflum, en þá dökkna þær síður í suðu. Hér á landi verða kartöflur ekki svo sterkjuríkar að þetta sé vandamál (Sigurgeir Ólafsson, munnleg heimild) og því er ekki tilefni til slíkrar aðgerðar. Sums staðar erlendis getur kalí bundist fast í leirsteindir og verður óaðgengilegt plöntum. Því gæti þurft að bera kalí á þegar líður á sumarið. Samkvæmt niðurstöðum 33 nýlegra tilrauna í Bretlandi og endurmati á eldri niðurstöðum er uppskeruauki af K-áburði lítill, og litlar eða engar staðfestar vísbendingar eru um jákvæð áhrif á ýmsa gæðabætti ef kalí er borið á umfram það sem þarf til að ná hámarksuppskeru af þurrefni. Talið var heppilegt að miða áburð við upptöku sem væri 4,8 g K/kg af kartöflum, en víða var þó kalí í kartöflum minna. Minna má bera á ef jarðvegur er K-ríkur, en mæling á K í jarðvegi var ekki áreiðanlegur mælikvarði á áhrif áburðar. Uppskeyra af kartöflum hefur almennt aukist mikið frá því eldri tilraunir voru gerðar, einkum vegna vökvunar, en hún bætir nýtingu kalís og annars áburðar (Allison o.fl., 2001a). Jafnvægið milli losunar við veðrun og útskolunar, t.d. vegna sýrandi áhrifa N-áburðar, getur einnig haft áhrif á K-jafnvægið.

Kalí gegnir m.a. því hlutverki að stilla osmótískan þrýsting í frumum og er það uppleyst í safabólunum. Styrkur þess er mjög stöðugur og kemur það m.a. fram í lágu frávikshlutfalli (15. tafla, 12. tafla 2003). Styrkur kalís í kartöflum eykst lítillega með auknum K-áburði, en jafnframt lækkar þe.%. Þegar það tvennt er tekið saman kemur í ljós að styrkur kalís í vökva er því sem næst óbreyttur þótt meira kalí sé borið á, oft um 7 g/kg vatns. Hins vegar minnkaði styrkur K með auknum N-áburði 2003 og tilhneigingar í þá átt gætti einnig 2004 þegar tekið er tillit til þess að hlutfall þurrefnis lækkar.

Mælt er með því að bera kalíúlfat á kartöflur því að klór getur spillt gæðum kartaflna og einkum dregið úr þurrefnismagni ef kalíklóríð er notað. Auk þess gefur súlfatið nauðsynlegan brennisteinsáburð. Þó kemur til álita að bera KCl á kartöflur og það dregur ekki úr þurrefni ef kalí er ekki notað umfram það sem þarf til að hámarka uppskeru af þurrefni (Allison o.fl., 2001a), en ekki var getið um önnur áhrif á gæði. Í þessum tilraunum var áburði dreift ofan á eftir að sett var niður og samkvæmt annarri heimild er ekki heppilegt að fella K-áburðinn niður í rás með öðrum áburði ef KCl er notað (Law 2004). Einhverjar kenningar munu vera um að heppilegt sé að bera kalí seinna á en P og N.

Of mikið virðist hafa verið gert úr gildi þess við íslenskar aðstæður að bera mikið K á kartöflur. Mikið meira hefur verið borið á en er fjarlæggt. Virðast erlendar leiðbeiningar hafa verið hafðar til hliðsjónar. Í löndum eins og Danmörku og Hollandi er uppskeyra að jafnaði mun meiri en á Íslandi og áburðarþörf því meiri, auk þess sem jarðvegur bindur sums staðar kalí. Aukning upptöku við +70K var aðeins 3,3 kg K/ha ef uppskeyra er 22 t/ha, en 0,8 kg/ha ef jafnframt gert er ráð fyrir að uppskeyra hafi minnkað (35. tafla). Niðurstöður frá 1965–7 sýna að áhrifin á uppskeru eru ekki mikil þótt sleppt sé að bera kalí á einu sinni, en áhrifin á gæði voru ekki metin. Kartaflan stjórnar vel upptöku á kalí.

Í íslenskum jarðvegi er tiltölulega lítill forði af kalí sem losnar við veðrun, en þó er K-tala í jarðvegi, sem sýnir jónbundið kalí, víða sæmilega há. Í kartöflulandi, sem tekið var til tilrauna 2002–4, var K-AL 0,8 til 1,55 mj./100 g, en 0,7 á Korpu. Þegar K-AL=1,00 eru 0,39 g K/kg af jarðvegi skiptanleg. Reiknað í 25 sm plógdýpt eru það 5,5 t K/ha ef rúmþyngdin er 1,4 (sandur með litlu lífrænu efni), en 3,1 t/ha ef rúmþyngdin er 0,8 (móajörð). Þegar borin eru á 100–200 kg K/ha eykst því nýtanlegt kalí í jarðvegi hlutfallslega lítið nema í rásinni þar sem áburðurinn fellur. Staðbundinn styrkur kalís í jarðvatni eykst verulega þegar áburðurinn leysist upp og kalíið verður aðgengilegra, en það jafnast þegar líður á sumarið og bein áhrif áburðar minnka. Er það líkleg skýring á að ekki mælast áhrif af áburði >70 kg K/ha þótt hann geti verið nauðsynlegur til viðhalds. Tilefni gæti því verið til tilrauna með kalí síðsumars þótt ekki sé talin þörf á því vegna gæða kartaflna. Tilraunir með K-áburð á kartöflur þurfa að vera studdar efnagreiningum á uppskeru og jarðvegi.

Kalí er lausar jónbundið í jarðvegi en Ca og Mg og umframmagn skolast að mestu leyti út. Að nokkru marki þrengir kalíð þó burt Ca og Mg og veldur útskolun á þeim, en K-tala hækkar. Viðhorfið gæti verið annað ef kartöflur eru í sáðskiptum. Hæpið er þó að reikna með eftirverkun af ríflegum K-áburði eða búfjáráburði á kartöflur svo að K-áburður á gras eða grænófóður, sem fylgir á eftir, verði óþarfur, og ekki er hægt að mæla með því að bera á til að hækka K-tölu í jarðvegi (Allison o.fl., 2001a).

#### 4.7. Kalsíum í kartöflum

Í tilraununum voru aðeins 50–100 mg Ca/kg í kartöflum. Kalsíum gegnir samt mikilvægu hlutverki. Ólíkt öðrum efnum, sem hér er fjallað um, er kalsíum ekki hreyfanlegt í plöntum. Það flyst eftir viðaræðunum þegar það er tekið upp, situr svo þar sem það er komið og flyst ekki í vaxandi plöntuhluta. Það Ca, sem berst í kartöfluhnýðin, er því tekið upp meðan þau myndast. Ef Ca skortir verða frumuveggir og hýðið veikara og eykur það hættu á ýmsum sjúkdómum, og það sama á við þegar grænmeti þroskast. Hins vegar eykur ríkulegt Ca í jarðvegi hættuna á kláða (Hydro Agri, um 2000).

Í tilraunum í Austurbotni í Finnlandi 1998–2001 kom fram að Ca-áburður dró úr bakteríusjúkdómum og litargöllum í hnýðinu, og það tryggði góða spírun útsæðis og þar með vöxt og uppskeru. Ca í hnýðum jókst um allt að 70% og viðmiðunin er að það sé helst ekki minna en 60 mg/kg. Spírurnar verða sterkari og þær geta betur varist smíti þegar þær vaxa upp úr moldinni ef Ca er nóg. Talað er um að hætta sé á að Ca skorti í kartöflurækt ef jónbundið Ca er ekki nema 400–1500 mg/l jarðvegs<sup>1</sup>. Ef rúmþyngd er 1,0 kg/l jarðvegs (milli móajarðvegs og sandjarðvegs) er Ca=200 mg/l ef Ca-AL=1 mj./100g og Ca=1400 mg/l ef Ca-AL=7. Algengt er að Ca sé undir þessum efri mörkum í íslenskum jarðvegi. Svo var í tveimur tilraunum 2002–4 og voru kartöflur efnagreindar úr annarri. Í Noregi er viðmiðunin 80 mg/100 g jarðvegs (4 mj./100g). Á landi með 26 mg/100 g hurfu innri skemmdir að mestu ef hluti N-áburðar var kalksaltpétur og um 30 kg N/ha borin á þegar grasið var 10–20 sm hátt. Einnig fékkst aukin uppskera (Horn, 2006). Sumarið 2004 fundust miðjuskemmdir mest í tilraunum þar sem Ca var lágt (Viðauki A).

Í tilraunum hafði gifs, sem borið var á í rás með áburði, óveruleg áhrif á Ca í kartöflum árið 2003. Það var að miklu leyti óleyst í áburðarrásinni um haustið þegar tekið var upp. Aukinn N-áburður er það sem helst virtist auka Ca, einkum kalksaltpétur. Í tilraun nr. 905-04 jókst Ca um 15,5±4,3 úr 63 mg/kg ef Kjarna var bætt við þegar sett var niður eða 8 v. seinna og um 11±3,5 mg/kg að auki ef kalksaltpétur var notaður í stað Kjarna. Það hafði hins vegar óveruleg áhrif (+7±5,0) að bera kalksaltpétur á 12 v. eftir að sett var niður.

Aukinn K-áburður hefur ekki lækkað Ca í kartöflum verulega. Hæst var Ca í kartöflum á Egilsstöðum þar sem Ca í jarðvegi mældist mest (34. tafla). Ca í kartöflum er það lágt að ástæða getur verið til að taka það til nánari athugunar, einkum í sambandi við útsæðisræktun.

Í garðáburði er nú jafnan kalk. Um 1995 kom á markað garðáburður með Ca, Mg og B, Græðir 1b. Samhliða voru á markaði Græðir 1 og Græðir 1a, en þessar tegundir hurfu af markaði um 2002. Sá áburður, sem nú er Græðir 1, er lítið breyttur frá því sem Græðir 1b var í upphafi. Uppgefið magn af kalki var áður 2,1% Ca, en var 3% vorið 2008 og 2,3% í sambærilegum áburði frá Yara. Einnig er 1,2% Mg í Græði 1. Ef borin eru á 500–1000 kg/ha af Græði 1 eru það 10–30 kg/ha af Ca, en það sem er fjarlægt með uppskeru fer vart yfir 2 kg/ha. Meira máli skiptir að þessi áburður er sýrandi. Fosfórinn er í MAP (mónóammóníumfosfat) sem er mikið meira sýrandi en Kjarni (ammóníumnítat) og næstum því eins sýrandi og stækja (ammóníumsúlfat). Samkvæmt Tisdale & Nelson (1975, bls. 178) má áætla að til þess að vega upp á móti sýrandi áhrifum þessa áburðar þyrfti meira en tvöfalt

<sup>1</sup> Þessar upplýsingar eru úr frétt í sænsku blaði, sem Magnús Á. Ágústsson rakst á, tölvusamkiptum við Elina Virtanen 2004 og útdrætti úr grein með hana sem meðhöfund (Forsman o.fl. 2002), en birt efni er á finnsku.

Það magn af kalki sem er í honum þótt magnesíum í áburðinum sé reiknað með (eða meira samkvæmt handriti að kennslubók eftir Stoumann Jensen & Husted) og því má búast við meiri útskolun en svo að dugi til viðhalds á kalsíum í jarðvegi. Þegar áburðurinn leysist upp gengur kalsíum jafnóðum inn í jónaskiptin í jarðvegi svo að aðgengi plantna eykst óverulega. Síðsumars, þegar Ca safnast í hnýðin, eru vart um áburðaráhrif af Ca í blönduðum áburði að vori að ræða. Aukin upptaka við tvöföldun á Græði 1 í 905-04 var ekki meiri en vænta má af N-áburði. Gifs leysist hægt upp og er því líklegra til að hafa áhrif á upptöku kartaflna síðsumars þótt borið sé á að vori, einkum ef því er dreift í rás. Simmons o.fl. (1988) gera ráð fyrir að hnýðin taki Ca nánast beint upp og að áhrifaríkast sé ef Ca skortir að blanda gifsi áður en sett er niður í jarðveginn þar sem hryggurinn verður og kartöflurnar Pmyndast, en einnig nýtist Ca í þrífosfati vel. Þurfi að kalka jarðveg er það best gert þegar annar gróður er ræktaður í sáðskiptum við kartöflur því að mikið laust Ca í jarðvegi er talið hafa óheppileg áhrif vegna hættu á kláða. Ballingall (2007) mælir með því að úða með kalksaltþétri þegar hnýðin eru að myndast til þess að minnka hættuna á innri skemmdum, en ekki er vísað í niðurstöður tilrauna.

#### 4.8. Magnesíum í kartöflum

Magnesíum var lítið breytilegt milli tilrauna, einkum ef það er reiknað sem hlutfall af þurr-efni, og áburður hafði lítil áhrif, þó helst ef reiknað er sem hlutfall af þyngd kartaflna. Það virtist heldur minna ef fosfór var mjög lítil, þ.e. á Korpu 2003 og Egilsstöðum 2004. Það fór minnkandi með vaxandi N á Korpu 2003 og með tvöföldun á Græði 1 2004 (904-04) þótt Mg í áburði ykist, en í Áargarði 2004 var því öfugt farið. Aðeins gætti lækkunar með gifsi (Ca-áburður) 2003, en væri hluta N-áburðar dreift 8–12 v. eftir að sett var niður var tilhneiging til hækkunar í kartöflum, jafnvel þótt um kalksaltþétur væri að ræða. Þótt aukið K vinni að jafnaði gegn upptöku plantna á Mg getur það stuðlað að auknum flutningi Mg í ávexti, en bæði efnin eru hreyfanleg í plöntum (Mengel & Kirkby, 2001, 543. bls.). K-áburður hefur haft óveruleg áhrif, aðeins lækkun í kartöflum við 210 kg/ha á Korpu 2003 og e.t.v. á Suðurlandi 2003. Allt eru þetta þó lítil áhrif. Þessi stöðugleiki og lítil áburðaráhrif má e.t.v. taka til marks um annars vegar nokkuð gott jafnvægi á katjónum í jarðvegi og hins vegar allnákvæma stjórn plöntunnar á því hvað mikið Mg safnast í hnýðin. Af því ætti að mega álykta að Mg gegni veigamiklu hlutverki í þroska kartaflna og megi ekki skorta.

Hlutfallið K/Mg í kartöflum var einnig stöðugt, 17,1–19,7 í Gullauga (5,3–6,1 í jafngildum, þ.e. hleðslum), en heldur lægra í Premier. Miðgildi Mg er 306 mg/kg og það gildi, sem helst sker sig úr, er á Egilsstöðum með 265 mg Mg/kg og hátt K/Mg. Þar er Mg fremur lítið í jarðvegi miðað við Ca og K. Mg er einnig fremur lítið í jarðvegi á Korpu en hlutfallið K/Mg í kartöflum þó ekki hátt.

Þekktasta hlutverk Mg í plöntum er seta þess í miðju blaðgræusameindarinnar. Kartöflur taka þó upp mest Mg þegar þær eru farnar að mynda hnýðin. Það gegnir hlutverki við myndun sykurs og próteins og flutning sykurs í hnýðin. Mg-skortur dregur úr uppskeru og sterkja verður minni. Einnig verður minna prótein í hnýðum og það hefur áhrif á bragð, og einnig verður aukin hætta á litargöllum. Bæta má úr skorti með því að úða áburðarvökva á blöð (Hydro Agri, um 2000, Mengel & Kirkby, 2001).

Í aðdraganda tilrauna með áburð á kartöflur voru tekin 19 jarðvegssýni í febrúar 1994 á vegum leiðbeiningaþjónustunnar. Í nokkrum þeirra voru merki um langvarandi notkun eða ofnotkun áburðar líkt og í Forsæti I (34. tafla), þ.e. há gildi á P og K og lág gildi á Ca, Mg og pH. Danskur ráðunautur (Jensen, 2004) taldi of lítið Mg í hlutfalli við K í 4 þessara sýna og í 3 af 48 sýnum 1997 (þær niðurstöður hef ég ekki). Hann sýndi niðurstöður rannsóknar þar sem nokkuð sterkt samband var milli K og Mg í jarðvegi,  $K = -0,0057 + 1,997e^{-0,75Mg}$  (þungahlutföll). Í 9 tilvikum með  $K/Mg > 2,5$  voru alls staðar einkenni á blöðum um Mg-skort og í 7 af 9 með  $K/Mg < 1$  voru einkenni um K-skort, en í 4 tilvikum,

þegar hlutfallið var innan markanna, voru ekki skráð skortseinkenni. Því fer að gæta Mg-skorts ef  $K/Mg > 2,5$  á skiptanlegu formi en K-skorts ef  $K/Mg < 1$ . Í jafngildum eru þessi hlutföll 0,78 og 0,31. Við mat á íslenskum sýnum frá 1994 virðist Jensen hafa miðað við  $K/Mg > 10$  en ekki 2,5 þegar hann mat tíðni Mg-skorts. Verið getur að niðurstöður mælinga á jarðvegssýnum séu eitthvað háðar því hvenær þau eru tekin, en áborið kalí á þó ekki að hafa veruleg áhrif á hlutfallið  $K/Mg$ . Allison o.fl. (2001c) fundu ekki að þetta hlutfall hefði áhrif á uppskeru og áhrifin á Mg í kartöflum voru óregluleg. Því sé ekki rétt að miða leiðbeiningar um áburð við hlutföll milli efna í jarðvegi. Þeir telja að einkenni um Mg-skort, sem koma fram þegar næringarefni eru að flytjast úr eldri blöðum í yngri og þau eldri visna, séu ekki endilega til marks um raunverulegan Mg-skort, heldur geti ýmislegt annað valdið eins og N-skortur eða þurrkur og jafnvel bleyta eða þéttur jarðvegur. Mg-áburður jók ekki uppskeru nema þegar Mg mældist mjög lítið í jarðvegi. N-áburður gat aukið styrk Mg í blöðum og stöngli, en P- og K-áburður höfðu ekki slík áhrif.

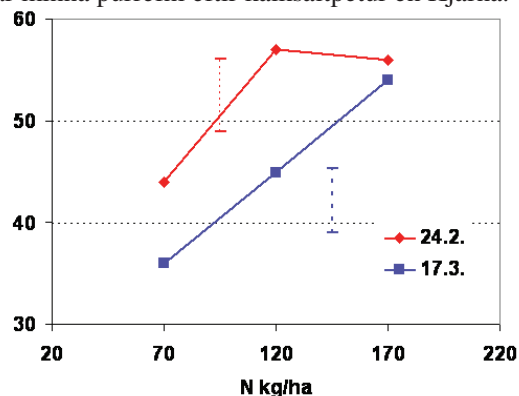
Í garðáburði er nú jafnan nokkurt magnesíum. Í Græði 1 eru það 1,2% og 1,3% í áburði frá Yara. Ef borin eru á 500–1000 kg/ha af Græði 1 eru það 6–12 kg/ha af Mg, en með 20 t/ha uppskeru eru fjarlægð 6 kg/ha. Í áburði eru frávik frá uppgefnu magni efna. Leyfileg frávik á Ca og Mg eru mikið meiri en á N, P og K svo að áborið magn er ekki þekkt nákvæmlega. Magnesíum í áburði er ekki mikið meira en til viðhalds og hætt er við að gangi á skiptanlegt magn í jarðvegi nema útskolun sé óveruleg. Magnesíum í áburði gagnast e.t.v. aðeins betur en kalsíum til að auka upptöku snemma á vaxtartíma og bæta úr skorti sem orðinn er vegna útskolunar á löngum tíma, en sennilega er þó eina ráðið sem dugar að kalka með Mg-ríku kalki því að upptakan er mest þegar hnýðin eru að myndast.

#### 4.9. N-áburður

Í tilraunum á Suðurlandi 2004 og á Korpu 2003–4 jók N uppskeru um 22,2 kg kartöflur/kg N. Það eru um 5 kg þe./kg N sem er lítið miðað við það sem þekktist í tilraunum með gróffóður og korn. Eins og verðhlutföll voru 2007 duga hins vegar 5 kg af kartöflum fyrir 1 kg af N í blönduðum áburði. Í flestum tilraunum með áburð á kartöflur hefur verið prófað vaxandi magn af blönduðum áburði og er fjallað um niðurstöður þeirra í næsta kafla.

N-áburður eykur N og þar með hráprótein í kartöflum, en sterkja minnkar að sama skapi svo að summa þessara efna helst næsta stöðug sem hlutfall af þurrefni. Þurrefni lækkar þó lítillega með N-áburði og einnig var minna þurrefni eftir kalksaltpétur en Kjarna.

Gæði uppskerunnar eru talin skipta meira máli en magn. Gert var skynmat á kartöflum úr áburðartilraunum 2004. Kartöflurnar (Gullauga) voru því dekkri sem N-áburður, og þar með prótein, var minna. Að öðru leyti var erfitt að túlka niðurstöður, enda er skynmat á matvælum vandasamt. Eitthvað virtist um að þátttakendur í matinu hefðu ólíkar skoðanir á gæðum kartaflna. Þó var nokkur samstaða um að í annarri tilrauninni í sandjarðvegi væru kartöflurnar betri eftir því sem meira N hefði verið borið á. Snemma í ágúst hafði sést að reitir með 70N voru farnir að fölna, en það er greinilegt merki um N-skort. Kartöflur úr þessum reitum féllu flestum, sem prófuðu, verr í geð en ef áburður var meiri, og einnig var vísbinding um að



6. mynd. Áhrif N-áburðar við 32 kg P/ha á heildarmat í bragðprófi á kartöflum (stig 0–100) úr Áargarði, metið tvisvar. Staðalsk. mismunar í hvort sinn sýnd sem lóðrétt bil.

áburður >120N hefði verið til bóta þótt sú niðurstaða væri óvissari (6. mynd). Í tilraun á Sámsstöðum 1958 voru kartöflur taldar góðar við 100 kg N/ha, en lakari ef áburður var 200–300 kg N/ha (Guðmundur Jónsson 1979, 252. bls.).

Líkur á smiti af blöruklláða jukust marktækt með auknum N-áburði og munur var milli staða, sennilega vegna þess að kartöflur höfðu verið mislengi í sama landinu. Auknar líkur voru á að dökkur blettur myndist í miðju kartaflna við mikinn N-áburð og einnig var aukin hætta á að Gullauga springi, en grunnur þessara ályktana er þó veikur (Viðauki A).

Niðurstöður tilrauna sýna ótvírætt að þörfin fyrir N-áburð er breytileg. Að nokkru ræðst hún eflaust af gerð jarðvegs, meiri þörf í sandjarðvegi, og hún virðist misjöfn milli ára. Forræktun skiptir verulegu máli. Áburður umfram þarfir er óþarfur kostnaður. Meira máli skiptir þó það álag sem hann veldur á umhverfið. Plöntur hafa eiginleika til að taka upp töluvert N umfram það sem nýtist þeim til vaxtar ef framboð er mikið í jarðvegi. Því er ekki veruleg hætta á að nítrat safnist í jarðveg nema áburður sé allmikið umfram það sem skilar aukinni uppskeru (Friðrik Pálmason, 1991). Ef nítrat er í jarðvegi að hausti er hætta á annars vegar að það berist í grunnvatn og hins vegar að afnitrún verði og þá myndast m.a. hláturgas ( $N_2O$ ) sem er mjög sterk gróðurhúsalofttegund.

#### 4.9.1. Skipting N-áburðar og N-líkön

Vegna reglugerða, sem miða að því að draga úr útskolun nitrats, er N-áburði víða erlendis stillt í hóf að vori, en athugað þegar kemur fram á sprettutímann hvort N-skorts gæti og áburði bætt við ef svo er. Í tilraunum á Korpu 2003–4 var viðleitni til rannsókna á þessum þætti. Fylgst var með nitrati í plöntusafa úr blöðum og styrk blaðgrænu með því að mæla lit. Nokkur staðfesting fékkst á að þessar aðferðir greini N-þörf svo að unnt sé að meta þörfina á að bæta við N-áburði á miðjum sprettutíma. Meiri þekkingar má afla úr erlendum niðurstöðum og reynslu, en innlendar rannsóknir eru einnig nauðsynlegar til að prófa hvernig þetta gefst. Litur var mældur með Hydro N-tester, en einnig eru til aðrir mælar. Loftmyndataekni, jafnvel úr fjarstýrðum smávélum, gæti komið til greina. Til samanburðar þurfa að vera reitir þar sem nitur skortir. Mælingar á nitrati gáfu áhugaverðar niðurstöður sem sýndu að rýring niturs í blöðum úr nitrati í ammóníum er hægari ef fosfór skortir. Því ætti að mega vænta víxlhrifa P og N (Hólmgeir Björnsson, 2004a, Viðauki D). Vísbending um þau kom fram í Árgarði 2004 og e.t.v. er virkni flýtiáburðar einnig dæmi um slík áhrif.

Í tilraun nr. 905-04 var prófað að bera hluta N-áburðar á kartöflur þegar kemur fram á sumar. Skorts gætti þó ekki án þessarar viðbótar og ekki fengust mikil svör við skiptingu. Þó fjölgaði kartöflum þegar seinast var borið á, eftir 12 v. Í Árgarði var hins vegar N-skortur augljós og áburður um mitt sumar hefði eflaust gefið betri og meiri uppskeru. Þær athuganir, sem þegar hafa verið gerðar, eru ekki nægur grunnur að leiðbeiningu um skiptingu áburðar.

Hagurinn af því að bera minna nitur á að vori en frekast er þörf á til að tryggja að ekki verði skortur er líður á sumarið er tvíþættur. Annars vegar minni áburðarkostnaður ef viðbóttin reynist óþörf. Hins vegar minna álag á jarðveg og minni mengunarhætta þegar ekki er borið á umfram þarfir, t.d. minni hætta á útskolun vegna úrfellis snemma á vaxtartíma. Á vorin er reynt að segja fyrir um væntanlega N-þörf að teknu tilliti til losunar úr jarðvegi um sumarið. Til þess eru notuð N-líkön. Í sinni einföldustu mynd væri alltaf reiknað með sömu þörf á sama stað eða jarðvegi, en svo má bæta við þáttum eins og forræktun, búfjáráburði, veðurfari undanfarna mánuði og jafnvel spá fyrir sumarið, og mælingu á nitrati í jarðvegi. Sem dæmi um kerfi er að 70% af áætlaðri þörf eru borin á að vori. Svo er fylgst með blaðgrænu í grösunum frá 25. degi eftir að þau koma upp. Bendi fölnandi litur til að N sé farið að skorta er þeim áburði, sem frestað var um vorið, bætt við (Goffart og Oliver, 2004). Í sama ráðstefnuriti eru nokkrar fleiri greinar um þetta efni.



#### 4.10. Áburðarmagn

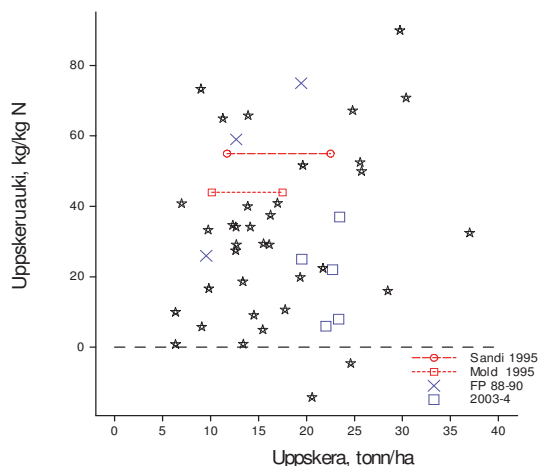
Auk tilrauna 2002–4 eru niðurstöður úr eftirtöldum tilraunaflokkum:

1. Tilraunir á tilraunastöðvum jarðræktar (Reykholum, Akureyri, Skriðuklaustri og Sámstöðum) og á Hvanneyri 1950–75 með vaxandi magn af alhliða áburði, 36 tilraunir, þar af 23 samstæðar 1953–61 með 600, 1200, 1800, 2400 og 3000 kg/ha (10-12-15). Af þessum áburði gáfu 1200 kg/ha 120 N, 63 P og 150 K kg/ha. Fyrstu árin var notuð blanda eingilðra áburðartegunda. Eins og ég minnst þessara tilrauna var áburði dreift ofan á og sett í beð, en t.d. á Hvanneyri mun hafa verið sett í hryggi. Á Sámstöðum voru tilraunir með vaxandi N o.fl. 1958 og 1961–1963 (Guðmundur Jónsson 1979, 250–253)
2. Tilraunir 1965–67 á Korpu og í Þykkvabæ (Bjarni Helgason, 1970). Bornir voru saman misstórir skammtar af N, P og K. Stundum voru tilraunaliðir með 0 kg/ha af einstökum efnum, en annars voru minnstu áburðarskammtarnir 100, 150 eða 200N, 66–87P og 124K kg/ha, misjafnt eftir tilraunum, þ.e. tiltölulega stórir. Í þessari skýrslu eru uppskerutölur umreiknaðar í t/ha, sjá Viðauka C. Einnig voru tilraunir 1964, en uppskeran var <3 t/ha.
3. Tilraunir í Þykkvabæ 1988–90 með vaxandi N í Græði 1 (0, 70, 140, 210 kg N/ha) (Friðrik Pálmason, 1991). Viðfangsefnið var einkum nýting N-áburðar og hætta á útskolun nitrats. Lítils háttar aukning var á nitrati í jarðvegi þegar áburður var 140 kg N/ha, en 210 kg N/ha skiludu ekki uppskeruauka og við þann áburð varð veruleg aukning á nitrati í jarðvegi tvö haust af þremur. Í þessum tilraunum var notuð niðurstetningargvél, áburði dreift til hliðar við kartöflurnar og hreykt á eftir líkt og 2002 og 2004.
4. Tilraunir sem ráðunautarnir Magnús Á. Ágústsson, Kristján B. Jónsson og Ólafur Vagnsson gerðu hjá kartöflubændum á Suðurlandi og í Eyjafirði sumarið 1995. Tilraunirnar höfðu sérstöðu að því leyti að borið var á með vél bóndans um leið og sett var niður og féll áburðurinn nokkuð til hliðar við útsæðið. Áburðarmagn var stillt fyrir hverja ferð, keyrt garðinn á endann, mælt hve mikill áburður hafði farið, og stillt á ný fyrir næstu ferð. Áburðarskammtar voru 3–5 á hverjum stað og voru þeir ekki endurteknir. Uppskeyra var mæld annars vegar með því að taka upp 10 grös með höndum og hins vegar var mæld sú uppskeyra sem tekin var með vél. Ekki var hægt að meta áburðarsvörun með viðhlítandi nákvæmni á hverjum stað um sig, en niðurstöður féllu vel að þeirri hugmynd að áburðarsvörun væri sú sama annars vegar í öllum sandgörðum (5 garðar) og hins vegar í öllum moldargörðum (móajarðvegi, brúnjörð) á Suðurlandi (4 garðar) þótt miklu munaði á uppskeru milli garða, en í moldargarði á Norðurlandi var engin uppskeru-svörun. Við 137 kg N/ha, sem var meðaláburður, var uppskeyra í sandgörðum 11–22 t/ha en 10–18 t/ha í moldargörðum. Í þessum tilraunum var áburður ýmist Græðir 1a eða Græðir 1b, nema Græðir 1<sup>1</sup> í einni (á sandi). Þegar áburður í moldargarði var 100 kg N/ha var P að meðaltali 63 kg/ha og K 124 kg/ha. Sérkennileg niðurstaða var að uppskeruauki mældist mun minni í moldargörðum ef tekið var upp með vél en með höndum. Svo virtist sem stórar kartöflur, sem aukinn áburður gaf, töpuðust í vélinni (Hólmgeir Björnsson, 1997).

Á 7. mynd er uppskeruauki og meðaluppskeyra í tilraunum 1950–2004, úr meðaltali sleppt áburðarskömmtum utan þess bils sem var notað. Algengast var að lægsti áburðarskammtur væri á bilinu 60–80 kg N/ha og reiknaður var línulegur uppskeruauki að áburði sem oftast var 170–180 kg N/ha. Áburðarskammtar sem eru mitt á milli hafa því ekki áhrif á þessa stærð. Sleppt var  $N \geq 200$  kg/ha. Í nokkrum tilraunum var áburður heldur minni, en sleppt er tilraunum sem spönnuðu <60 kg N/ha.

<sup>1</sup> Nú hefur Græðir 1 (Blákorn) þá samsetningu sem Græðir 1a hafði 1995.

Athygli vekur hve breytilegur uppskeruaukinn er og að hann virðist alveg óháður því hvað uppskeran hefur verið mikil. Hann er því hlutfallslega meiri eftir því sem minna sprettur. Matið á uppskeruaukanum er að vísu töluvert ónákvæmt eins og best sést á því að tvö gildi eru neikvæð þótt ganga megi að því sem gefnu að áburður hafi ekki dregið úr uppskeru. Staðalskekkja uppskeruauka í tilraunum 1995 og 2004 var á bilinu 10–16, en 2003 var hún 5 enda tilraunin langstærst. Í 36 tilraunum 1950–74 var meðaluppskeruauki 31,9 kg/kg N og staðalfrávik 24,3. Ef helmingur breytileikans er vegna tilraunaskekkju verður staðalfrávik hvors þáttar breytileikans, þ.e. breytilegra áburðaráhrifa og tilraunaskekkju,  $24,3/\sqrt{2}=17,2$ . Sé gert ráð fyrir normaldreifingu á áburðaráhrifum (þ.e. áhrifum án skekkju) með  $\mu=31,9$  og  $\sigma=17,2$  verða 36 jafndreifð gildi á bilinu -5,9–69,8. Þar sem neikvæð áburðaráhrif eru ólíkleg má taka þessa niðurstöðu til marks um að skekkjan sé enn vanmetin eða að dreifing áburðaráhrifa sé skekkt. Báða þessa kosti má telja nokkuð líklega.

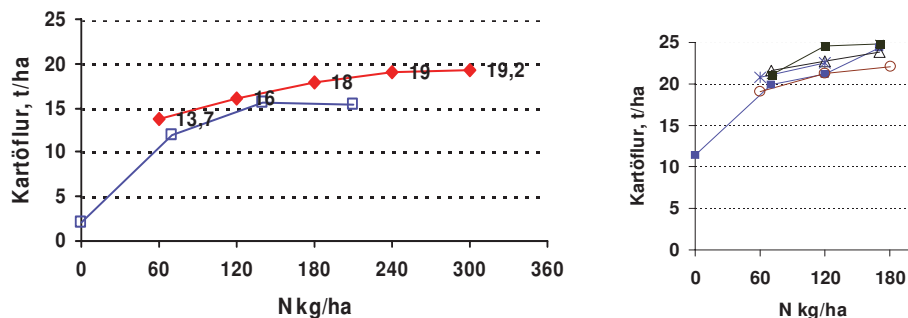


**7. mynd.** Uppskeruauki kartafna, reiknaður sem kg af kartöflum á kg N-áburðar í 36 tilraunum 1950–74 (*stjörnur*), 3 tilraunum í Þykkvabæ 1988–90, 9 tilraunum á Suðurlandi 1995 og 5 tilraunum á Korpu og á Suðurlandi 2003–4. Á láréttum ás er meðaluppskeruauki viðkomandi tilraunar, en þó sleppt liðum með  $N \geq 200$  kg/ha og lágmark var 60 kg N/ha. Oftast er átt við kartöflur >33–35 mm, annars uppskeru alls.

Á 8. mynd er sýndur ferill uppskerusvörunar við vaxandi N-áburði. Á reiti með 0 kg N/ha var ekki heldur borið K og P. Verulegur hluti uppskeruauka að 60–70 kg N/ha er því P-svörun, en ætla má að áhrif þess að sleppa K-áburði í eitt ár séu óveruleg. Í tilraunum frá 1965–67 voru P-áhrifin meiri á Korpu en N-áhrifin meiri í Þykkvabæ. Í tilraunum 1953–61 var P-áburður 31,5 kg P/ha við 60N og við 70N í Þykkvabæ 1988–90 var hann 39 kg P/ha. Líklegt má telja að P-áburður umfram þetta hafi oft gefið uppskeruauka og því ekki um hreina N-svörun við  $N > 60$  kg/ha að ræða. Í tilraunum eldri en frá 1988 hefur áburði líklega jafnan verið dreift ofan á eða blandað í jarðveginn. Það gæti hafa dregið úr nýtingu fosfórs og þar með aukið svörun við blönduðum áburði. Árið 1995 var áburður lagður til hliðar við kartöflur og áburðaráhrifin voru þó umfram meðallag.

Niðurstöður á 8. mynd sýna minnkandi uppskeruauka þegar áburður fer yfir 120–140N og uppskeruauki frá 180–240 N var aðeins 17 kg kartöflur/kg N. Vegna þess hvernig tilraunir voru valdar vantar á 7. mynd 3 tilraunir frá 1965–66 og 4 tilraunir á Sámstöðum með samanburð á 100 og 200 kg N/ha (uppskeruauki mest 18 kg/kg N 1965–66, en 22 kg/kg N að meðaltali á Sámstöðum), 1 tilraun í Eyjafirði 1995 og 6 tilraunir á Suðurlandi 2002–3. Í þeim gaf N-áburður lítinn sem engan uppskeruauka, árið 2002 neikvæðan, -34 kg/kg N að meðaltali fyrir aukningu N-áburðar úr 94 í 123 kg N/ha, og 2003 var hann +8

kg/kg N þegar 40 kg N/ha var bætt við grunnáburð, sem var nokkuð mikill (talinn vera 142–154 kg N/ha), og því var lítils vaxtarauka að vænta. Að þessum tilraunum slepptum hefur uppskeruauki í 21 af 57 tilraunum verið minni en 20 kg/kg N og í 30 tilraunum minni en 30 kg/kg N. Á neðri hluta bilsins, frá 60–80 N að 120 N, er þó uppskeruaukinn meiri.

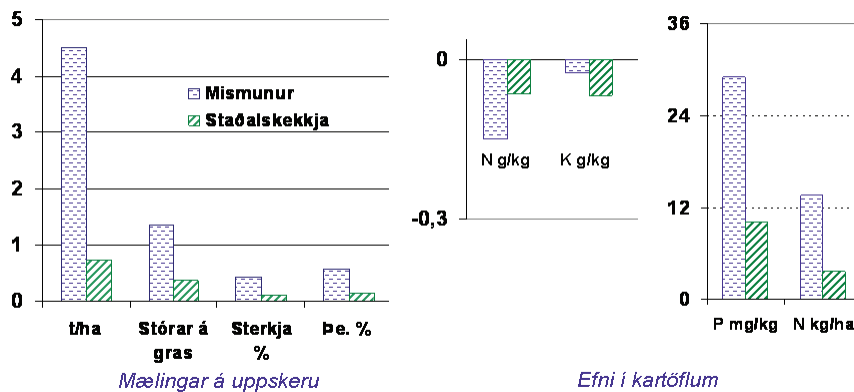


**8. mynd.** Uppskeyra við vaxandi áburð á kartöflur. Á 0N-reitum var enginn áburður, hvorki N, K né P. T.v. eru tilraunir með blandaðan áburð, meðaltal 23 tilrauna 1953–61 (60–300 kg N/ha, meðaltöl sýnd) og 3 tilrauna í Þykkvabæ 1988–90, t.h. eru einstakar tilraunir með vaxandi N 2003–4. T.v. er uppskeyra án smælkis, t.h. smælkis meðtalið.

Í tilraunum 1965–66 var mældur uppskeruauki frá 0 að 100 kg N/ha á reitum sem fengu P-áburð (Bjarni Helgason, 1970). Á Korpu var uppskeyra án N en með P-áburði 12,2 t/ha og uppskeruauki fyrir 100 kg N/ha 5,6 t/ha að meðaltali í tvö ár, og í Þykkvabæ 1965 var uppskeran 2,6 t/ha án N og 100 kg N bættu 6,1 tonni við. Eru þetta 56–61 kg kartöflur/kg N. Það er minna en 8. mynd sýnir, en þar voru 0N-reitir einnig án P- og K-áburðar, og lítið meira en áburður gaf í sandgörðum 1995 (52 kg kartöflur/kg N), sjá 7. mynd.

#### 4.11. Forræktun og sáðskipti

Almennt mun talið að varnir gegn sveppasjúkdómum, sem hafa áhrif á útlit og þar með gæði kartaflna, skipti meira máli í kartöflurækt, a.m.k. til skemmri tíma lítið, en uppskeruauki af áburði sem nemur e.t.v. ekki nema 1–3 t/ha. Eitt helsta ráðið til að vinna gegn smiti, sem leynist í jarðvegi, eru sáðskipti eða skiptiræktun og að kartöflur séu ekki meira en 2(–4) ár í sama landi samfelt, þótt dæmi muni um að kartöflurækt hafi verið stunduð áratugum saman í sama garði með ágætum árangri. Sáðskipti hafa einnig áhrif á plöntunæringarefni í jarðvegi, og sumt af þeim breytileika, sem sést á 7. mynd, gæti verið vegna mismunandi forræktunar, en ólíklegt er að fullnægjandi upplýsingar finnist til að greina þau áhrif.



**9. mynd.** Forræktunaráhrif á Korpu 2004. Sýnd eru gildi eftir gulrófur að frárdregnum gildum eftir kartöflur, vegið meðaltal tveggja tilrauna, ásamt staðalskekkju mismunarins.

Í tilraunum á Korpu 2004 voru skörp skil (sjá 3., 3.1., 3.2.2. og 9. mynd). Minni uppskeru samfara lægra hlutfalli sterkju og þurrefnis má taka til marks um að seinna hafi sprottið og kartöflurnar náð minni þroska þeim megin skilanna sem minna spratt. Flýting sprettu með flýtiáburði hefur þó ekki haft áhrif á sterkju og þurrefni nema einmitt þarna, í tilraun nr. 904-04 fékkst aukið þurrefni. Munurinn á uppskeru eftir forræktun, 4,5 t/ha, var meiri en nokkurs staðar fékkst eftir áburð 2002–4 nema í Áargarði 2004. Þeim megin sem minna spratt voru kartöflur einnig árið áður, en gulrófur, ræktaðar til frætöku, voru hinum megin.

E.t.v. er réttara að álykta að gulrófur hafi jákvæð áhrif sem forræktun en að kartöflur hafi slæm áhrif á kartöflur árið eftir. Önnur nærtæk skýring er að Afalon, sem notað var árið áður til að eyða illgresi, hafi haft þessi neikvæðu áhrif og seinkað sprettu. Virka efnið, Linuron, hefur almennt neikvæð áhrif á vöxt plantna. Notkun þess byggist á að úðað sé áður en gróður kemur upp og að það skolist ekki svo djúpt í jarðveginn að það skaði spirandi kartöflur eða annan nytjagróður. Það brotnar niður í jarðvegi, en það fer eftir hita hve fljótt það gerist. Á Íslandi er meiri hætta á eftirverkun en víðast erlendis vegna þess hve sumarið er kalt og stutt. Meðal einkenna linuronmengunar í jarðvegi er, auk minni uppskeru, lægri þe.% (Jón Guðmundsson, 1983). Samkvæmt athugunum á kartöflugörðum 1981 hafði virka efnið Linuron safnast í moldargarða svo að talið var nálgast hætumörk, en í sandgörðum, þar sem útskolun er meiri, var það mjög lítið (Derek Mundell og Sigurgeir Ólafsson, 1982). Í þessum gördum hefur Linuron sennilega verið notað í nokkur ár. Á Korpu hafði það verið notað í aðeins eitt ár og í samræmi við leiðbeiningar. Jarðvegurinn er ekki eins ríkur af lífrænu efni og búast má við í moldargarði, en þó er ekki hægt að útiloka að á Korpu hafi komið fram skaðleg eftirverkun af þessu efni 2004. Segja má að furðu gegni að Afalon skuli enn vera algengasti illgresiseyðir í kartöflum á Íslandi.

Forræktunaráhrif eru vel þekkt í sáðskiptum og má oftast túlka sem N-áburðaráhrif. Þroskað korn skilur eftir gróðurleifar með hátt C/N-hlutfall og N-áburðarþörf er því meiri eftir korn en margar aðrar tegundir nytjagróðurs (Jónatan Hermannsson og Hólmgeir Björnsson, 2002). Kartöflur skilja eftir litlar gróðurleifar, en í grösunum var N > 2% haustið 2003 og C/N-hlutfallið því ekki hátt (Hólmgeir Björnsson, 2004b). Árið 2004 var N% í kartöflum hærra eftir kartöflur en rófur þótt uppskera væri minni og gæti það bent til að N hafi losnað seinna úr jarðvegi, eða jafnvel bundist um vorið og losnað seinna, og einnig var minni fosfór í kartöflum. Friðrik Pálmason (1991) gerði tilraunir með áburð á kartöflur eftir lúpínu, bæði einærri lúpínu og þriggja ára alaskalúpínu. Uppskeruauki fékkst ekki fyrir blandaðan áburð umfram 70 kg N/ha ólíkt því sem fékkst í öðrum tilraunum það árið og sýnir sú niðurstaða forræktunaráhrif af niturbindandi gróðri. Kanna mætti upplýsingar um forræktun í gömlu áburðartilraunum, en oftast var lítið skráð.

Samkvæmt yfirliti yfir niðurstöður tilrauna hér á undan er að jafnaði ekki þörf fyrir >1000 kg/ha af blönduðum áburði á kartöflur, en oft mun meira vera borið á þótt áburðarmagn hafi minnkað á seinni árum. Mikilvægt er að stilla notkun áburðar í hóf. Fosfór safnast í jarðveg, en P-áburður á kartöflur þarf þó að vera umfram það sem fjarlægt er með uppskeru. Kalí umfram þarfir veldur útskolun sem spillir jarðvegi. Prófa þyrfti í tilraunum hvort spara megi P- og K-áburð á aðrar tegundir, sem fylgja kartöflum í sáðskiptum, og þannig réttlæta mikinn áburð á kartöflur. Einfaldast er að koma á sáðskiptum við kornrækt, en bygg er þó líklega ekki heppileg forræktun fyrir kartöflur, og best er að sáðskiptin séu í tengslum við búfjárrækt.

Að endingu skal sett fram hugmynd að sáðskiptum:

1. Kartöflur, t.d. í 1–3 ár,
2. Bygg í eitt eða fleiri ár, tóngróðri sáð með seinasta árið,
3. Tún í nokkur ár, t.d. hávingull og rauðsmári ef hætta á svellkali er óveruleg,
4. E.t.v. grænfóður
5. Kartöflur o.s.frv.

## 5. Framtíðarverkefni

Þegar litið er yfir sögu jarðræktartilrauna skipa tilraunir með kartöflur háan sess. Þó eru áburðartilraunir 2003–4 þær fyrstu sem fylgt er eftir með efnagreiningu á kartöflum og jarðvegi. Langflestar eldri áburðartilraunir voru með vaxandi skammta af blönduðum áburði svo að ekki er hægt að greina hlut hvers áburðarefnis í áhrifum áburðar á uppskeru. Slíkar tilraunir hafa ekki verið lagðar út á tún í meira en hálfa öld, en fyrir kom síðar að gerðar væru tilraunir með vaxandi alhliða áburð á grænfóður.

Kartöflur eru ræktaðar á mjög breytilegum jarðvegi. Nokkuð sterkar vísbendingar eru um að efnaeiginleikar jarðvegs hafi breyst verulega þegar hann hefur verið ræktaður í marga áratugi og á ofnotkun áburðar að líkindum einhvern þátt í því. Það er því ljóst að ekki á sami áburður við alls staðar, hvorki hvað varðar magn né samsetningu. Ýmsar kenningar eru um að bera á á mismunandi tíma eða úða á blöðin til að ná fram sérstökum áhrifum eða nýta áburðinn betur, en ekki er víst að árangur þess sé alltaf svo vel studdur niðurstöðum tilrauna að réttlæti þann kostnað og aukna umferð um landið sem því fylgir. Heimildir voru þó ekki kannaðar nema að litlu leyti.

Þegar borið er á um leið og sett er niður eru enn nokkrar vikur þar til kartöflurnar fara að taka upp næringarefni. Á þeim tíma leysist áburðurinn upp og gengur í samband við jarðveginn, en sumt nýta örverur til starfsemi sinnar. Á það einkum við um nitur, en að einhverju leyti verður það aftur nýtanlegt seinna um sumarið við umsetningu á lífrænu efni. Fullt tilefni er því til að rannsaka hvort bæta megi nýtingu áburðar með því að breyta eiginleikum hans eða bera á á öðrum tíma. Til dæmis mætti prófa að bera aðeins á flýtiáburð þegar sett er niður en fella annan áburð niður um það leyti sem grösin koma upp.

Athyglisvert er hve áhrif K-áburðar umfram 70 kg K/ha eru lítil. Þar sem kartöflur hafa verið ræktaðar lengi hefur mikið meira verið borið á en er fjarlæggt með uppskeru, en á Korpu var þó niðurstaðan sú sama. Nærtækt er að álykta að K-áburði beri að stilla í hóf, en einnig er ástæða til að prófa hvort rétt sé að bera kalí á seinna um sumarið. Prófa þarf með tilraunum hvort nægilegt er að bera á K til jafns við það sem fer með uppskeru, eða jafnvel minna, og þær þurfa að vera studdar jarðvegsrannsóknnum og athugunum á gæðum. Einnig þarf að athuga með tilraunum hvernig fara skuli að þar sem jónbundið Ca og Mg er orðið lítið í jarðvegi og pH hefur lækkað. Nægir að bera á blandaðan áburð sem er ríkur af þessum efnum, e.t.v. bæta við kalksaltpétri, eða þarf að kalka í tengslum við sáðskipti?

Erfitt virðist að fullnægja fosfórþörf kartaflna nema borið sé á margfalt það magn sem fjarlæggt er með uppskerunni. Til þess að finna P-áburðarþörf og hvort eða við hvaða mark megi draga úr P-áburði, þegar P-tala í jarðvegi er orðin há, þarf tugi tilrauna. Íslenskur jarðvegur er þekktur að því að binda fosfór fljótt og fast. Kartöflur koma seint upp og hafa lítið rótarkerfi. Því er hætta á að fosfórinn bindist áður en þær hafa tækifæri til að taka hann upp og þær halda áfram að taka upp næringu lengi fram eftir sumri. Auk tilrauna með magn þyrfti því að athuga staðsetningu P-áburðar betur.

Niturþörf er breytileg í allri ræktun. Þann breytileika, sem er vegna jarðvegs og veðurfars og meðferðar undanfarið ár, á að vera hægt að meta og haga áburði að vori eftir því. Hins vegar er losun að sumri breytileg og auk þess getur jarðvegsraki haft áhrif á nýtingu. Þess vegna ætti að taka upp þannig kerfi að á vorin sé aðeins borið á til að fullnægja lágmarkspörfum, en N-áburði bætt við á miðjum sprettutíma ef skortur kemur fram.

Af ýmsum ástæðum er æskilegt að kartöflurækt falli inn í sáðskipti með öðrum nytjagróðri, helst í tengslum við búfjárrækt. Þannig er betur hægt að vinna gegn plöntusjúkdómum og illgresi og nýta lífrænan áburð sem til fellur. Ætla má að með sáðskiptum varðveitist frjósemi jarðvegs betur og að jafnvel megi draga úr foki jarðvegs úr kartöflugörðum. Þróun sáðskiptakerfa þyrfti að vera studd rannsóknnum svo að sem best takist að nýta þau áhrif sem hver tegund hefur á aðgengilega plöntunæringu árið eftir.



## 6. English summary

### 6.1. Outline of the report

This report presents the results of fertilizer experiments with potatoes 2004, followed by compilation of the main results of fertilizer experiments with potatoes in Iceland since 1950. The primary purpose of the series of experiments 2002 to 2004 was to test the effect of the placement of MAP (monoammonium phosphate, OPTI START™, a product of Yara) as a start fertilizer in the row with the potatoes. For that purpose three years and three locations on farmers' fields each year was considered a minimum. In addition other treatment factors were included, and more detailed experiments were done at Korpa Experimental Station in 2003 and 2004. Results were published in annual experimental reports. A special report, including results of chemical analyses, was issued for experiments 2003 (Hólmgeir Björnsson 2004b), and an English version of the results 2002 is filed in the library of AUI<sup>1</sup>. The potato variety used was Gullauga, except for Premier in two cases.

Chapter 2 presents the results of experiments at three farmer's fields 2004, including chemical analyses and sensory evaluation of potato quality. The experiments were 3×3×2 factorial without replication so that interaction effects were used for the estimation of experimental error. Chapter 3 presents the results of four experiments at Korpa Experimental station in 2004. Chapter 4 compiles the results from the three years. In 4.5., 4.6. and 4.10. the results of Bjarni Helgason (1970, see also the appendix Viðauki C) are referred to, and in 4.9. and 4.10. the results of all earlier potato experiments with different levels of mineral fertilizers are included. Chapter 5 gives viewpoints on the needs for future research of potato nutrition. The first appendix (Viðauki A) reports observations on internal defects and skin spot on the potatoes. The second appendix (B) demonstrates the Anova of factorial experiments without replication, including half-normal plots of orthogonal contrasts. The third appendix (C) rearranges the results of Bjarni Helgason (1970), and in the fourth appendix (D) a poster presentation of a study on indicators of nitrogen supply is reproduced (Hólmgeir Björnsson 2004a).

The soils of seven experiments on farmers' fields were sandy (with Andic properties). The remaining two and the Korpa soils were (Mollic) Andosols. The soils are of volcanic origin and are known for their P-fixing properties. Soil samples were dried at 30–35°C and the results of soil analyses (1. tafla & 34. tafla) presented as percent (C, N, gravel) or me./100 g, except P as mg/100 g. P and cations were determined in AL-extract (Egner *et al.* 1960). The farmers' fields have been used as potato fields for decades, some of the sandy soils nearly continuously, and the potatoes have usually been fertilized with mixed fertilizer in excess of 1000 kg/ha or even 1500 kg/ha. The Korpa field has in recent years often been used for barley experiments with moderate fertilization.

Chemical contents of potatoes are presented as g/kg or mg/kg of fresh potatoes depending on the magnitude, and as percent of dry matter. The determination of starch was based on specific gravity.

### 6.2. Experiments 2004

The working hypothesis for fertilizer treatments on farmers potato fields, other than placement of MAP, was that 500 kg/ha of Græðir 1 (12-6.5-14, N-P-K; 2,1% Ca, 1,2% Mg, 0,1% B) provides sufficient P and K, but that added N may be required (Chapter 2).

Experiment no. 604-04 at Korpa tested placement of ammonium nitrate (Kjarni) as well as two levels of MAP with the potatoes in factorial combination with two levels of Græðir 1 and with two intervals between seed potatoes. Other fertilizer was placed in a row beside the potatoes. Experiment no. 905-04 tested added N and P in factorial combination

---

<sup>1</sup> Agricultural University of Iceland

over the base level 500 kg/ha of Græðir 1. The added nitrogen was applied as ammonium nitrate or calcium nitrate in spring or during the growth period. Experiment no. 906-04 measured the effect of placement of MAP on potato yield at two nitrogen levels four times prior to normal harvest time. Experiment no. 907-04 compared set potatoes that were grown without or with gypsum as a source of calcium in 2003 at three different locations. The location factor was arranged in sub-experiments, one comparing Græðir 1 with equivalent quantities of N, P and K in univalent fertilizers, and two testing the placement of Græðir 1 with the potatoes.

### 6.3. Experimental results

The main results are presented in nine figures (1. mynd – 9. mynd), in most cases as columns showing the effect of fertilizer on potato yield with the standard error next to the right as hatched columns (1., 2. & 4. mynd, on 5. & 9. mynd other traits are also shown).

The placement of MAP has in all cases increased yield on Andosol (1. mynd to the right). On sandy soils, although positive in five of seven cases (1. mynd to the left) significant effect was only found in one experiment in 2004. In that year the potatoes were set rather early. In the other experiment on sandy soil in 2004 N-deficiency was observed during the season. Further analysis indicated an effect of placement if N-fertilization was adequate (4. tafla & Viðauki B). No yield effect was found for placement of other fertilizers than MAP (2. mynd). Placement of N- and P-fertilizer together was not tested. The effect of placement was equivalent to the growth of potato over one week (3. mynd) and it resulted in an increased number of tubers rather than larger potatoes. Experiments with barley have shown that placement of all fertilizer with the seed gives +600 kg/ha of dry grain.

P-fertilizer in excess of 32.5 kg P/ha increased yield, significantly in 3 of 6 experiments (4. mynd). Only 6 – 9 kg P/ha are removed with a potato yield of 20 t/ha and at harvest in 2003 at Korpa the tops contained around 2 kg P/ha. No yield increase was found for P in excess of 65 or 52.5 kg P/ha in the experiments 2003 and 2004 respectively, whereas in experiments 1965–7 higher P-levels gave increased yield (Bjarni Helgason 1970). The P-fertilizer was then probably spread on the surface, resulting in more contact with the P-fixing soils than when placed beside the potatoes. The P-content of potatoes was highest at Korpa although the level of available P in soil is very low. Some old potato fields have much higher P-levels than was found at the locations of these experiments.

Most Icelandic rock is low in potassium. The soils do not fix potassium and the availability is often relatively good and fertilization at or below removal is practiced in order to secure good cation balance in forage. Normally potatoes contain 5 kg K/t, a little more in Gullauga and less in Premier (32. & 33. tafla). With a potato yield of 20 t/ha 100 kg K are thus removed. In the experiments the effect of 70 K/ha over a base of 70 or 140–169 kg K/ha was tested (35. tafla & 5. mynd). Averaged over four experiments the effects on potato yield, starch and dry matter content were all negative but nonsignificant, but K-content of potatoes increased significantly. For starch content the result was compatible with the effect found in Danish experiments, -0.04% for +10 kg K/ha (Højmark, 1979). Increased K from 70 to 210 kg K/ha reduced the yield of starch significantly at Korpa 2003. In experiments at Korpa 1965–6 the mean effect of K-fertilizer over zero K was +1.5 t/ha (Bjarni Helgason 1970). Blackening of the potato upon boiling is not a problem with potatoes grown in Iceland as the tubers normally don't reach a high level of maturity and starch content. This and good availability of soil K are reasons for not considering late application. However, since the rate of K-fertilization is normally low compared to the exchangeable K-pool, fertilization in spring may only improve the K-status significantly for a relatively short time and later application may be preferable. Balancing crop removal may

be a good practice for K, and even less K-fertilizer may be justified in order to minimize outwash of Ca and Mg.

In earlier fertilizer experiments the effect of different levels of mixed fertilizer on potato yield was usually measured (7. mynd, 8. mynd to the left). On 7. mynd the yield response in each experiment is presented as kg potato/kg N over a range of a minimum of 60 kg N/ha, most often from 60–80 kg N/ha to 170–180 kg N/ha and in all cases <200 kg N/ha, and plotted against the mean yield, either total yield or potatoes >33–35 mm in diameter. Only in experiments 1965–7 and 2003–4 the effect of nitrogen alone was measured (8. mynd to the right). In the 1965–7 series the N-levels exceeded the criteria for being entered on 7. mynd (Viðauki C). The zero level on 8. mynd (both parts) was with zero N, P and K. The fertilizer response is highly variable although a half of the variation or more may be due to experimental error. The lack of correlation between yield response and yield level is obvious. Judging from the limited results available on the response to N and P separately it appears that N and P may be about equally responsible for the fertilizer effect so that its presentation as a N-effect is in reality not appropriate.

In the experiments 2003–4 the mean N-effect was 22 kg potatoes/kg N. In one experiment 2004 (Árgarði) N-deficiency was observed at 70 kg N/ha in early August, less than a month prior to harvest. Average yield increase for higher N-levels was modest (3. tafla) but the effect of placement of MAP appeared to depend on the N-supply (4. tafla). With placement the effect of increase from 70 to 120 kg N/ha was as much as 152 kg/kg N. The only replication however was two K-levels. The only results of interest of sensory evaluations (2.2.) was improved total impression of potatoes with increased N at this location, evaluated on samples from the 32 kg P/ha treatment (5. mynd), i.e. below optimum P and without the placement effect.

In 2003 two methods for measuring the N-status of the potato tops were tested three times during the season, Hydro N-tester and nitrate concentration in the leaf sap, but without a zero N-level for comparison. The nitrate measurements gave much clearer results. They showed an interesting N×P interaction such that, except for the early sampling, at low P-level (32 kg P/ha) nitrate reduction was delayed, and at mid season also at the intermediate level (65 kg/ha) compared to the high level (98 kg P/ha) (Hólmgeir Björnsson 2004b, Viðauki D). In 2004 the effect of the timing of N-fertilization was tested. The N-effect was rather small except for increased N-content at the cost of less starch. The N-content was further increased when N was applied 8 weeks after planting. The sum of starch and protein as percent of dry matter remained nearly constant within experiments but differed between experiments.

Icelandic soils are predominantly of basaltic origin and the initial status of Ca and Mg is usually good. Among 63 soil samples from potato fields 1994 and 1997 there were cases of lowered pH with signs of wash out of Ca and Mg, most likely as a result of the acidifying effect of nitrogen compounds and overdoses of K are also expected to replace exchangeable Ca and Mg. In 7 samples the ratio of K to Mg indicated a risk for Mg-deficiency (Jensen 2004). The Mg-content of potatoes, ca. 300 mg/kg, varied little between experiments (32. & 33. tafla). The effects of K or other fertilizer on Mg-content were negligible.

The mean Ca-content was  $\leq 61$  mg/kg in 4 of 8 experiments. The critical level for quality of set potatoes may be around 60 mg Ca/kg so that this is of concern. The Ca content increased at higher N-levels, especially if applied as calcium nitrate (23. tafla). Gypsum appeared to be less effective, but there were only few analyses (results 2003). Mixed fertilizers with 2–3% Ca and ca. 1% Mg at the rate 500–1000 kg/ha give 10–30 kg Ca/ha and 5–10 kg Mg/ha. A potato crop of 20 t/ha would remove 6 kg Mg/ha so that the Mg-content would hardly be sufficient for maintenance. Taking the acidifying effects of

fertilizers into account the Ca-content is probably also inadequate. In the case of low soil levels of Ca and Mg, mixed fertilizers applied in spring are probably of little if any value for the nutrition of the potato, especially not for the Ca-supply of the tuber. Ca is not relocated within plants so that the source of Ca in tubers is simultaneous uptake. The Ca applied in spring enters the exchangeable cation pool without significantly improving it. Liming, gypsum which dissolves only slowly, or late application of calcium nitrate are on the other hand likely to improve the Ca-status of the tuber.

In the case of potassium the experimental results agreed well with the working hypothesis that 500 kg/ha of Græðir 1 is adequate. At high yield levels, say >25–30 t/ha, or for exchangeable K/Mg in soil <1 on weight basis (0.31 on equivalent basis) more K might be required. K-fertilizer effects were small, most of them negative and non significant (35. tafla, 5. mynd) so that little can be inferred on the fertilizer requirements. For phosphorus, on the other hand, the results make it rather probable that at moderate soil P-levels more P-fertilizer than contained in 500 kg/ha of Græðir 1 has favorable effects. A reasonable compromise is 700 kg/ha of Græðir 1. The N-level is then 84 kg N/ha which is probably more adequate as a base level than 60 kg N/ha, at least on sandy soils. A follow up with measurements of e.g. chlorophyll in order to evaluate the need for added N-fertilization would be required. This conclusion is based on rather little experimentation and it may appear to be in contradiction to some of the older results. More research is therefore essential, both for establishing the basic fertilizer requirements, and to test a system for predicting the need for added N-fertilizer late in the season. An N-saving system is important, not only to reduce fertilizer expenses, but perhaps more importantly for maintaining soil and environmental quality.

#### **6.4. Crop rotation effects**

In Iceland potatoes are often grown more or less as a monoculture with short and infrequent breaks with other crops. The quality is often reduced by potato skin diseases. Crop rotation is therefore recommended. In addition to improved skin quality it may improve the mineral nutrient balance of the cultivation and reduce the risk of depleting certain elements. Integration or cooperation with animal husbandry would give access to organic fertilizers. In 2004 two of the Korpa experiments were partly laid out on the potato experimental field in 2003 and partly on plots with seed production of swedes in 2003. Early in the season less growth following potatoes as compared to swedes was observed, resulting in considerable yield effects as well as other effects (9. mynd). The experiments were arranged in incomplete blocks of size 6 with high order interaction effect confounded so that main treatment effects could be evaluated independently of the pretreatment effects. The residual yield effect of swedes compared to potatoes (more tubers per plant) exceeded nearly all fertilizer effects found in the experiments. Starch and dry matter content also increased, indicating late development following potatoes. The effect on P-content may indicate delayed uptake, leading to less availability. The most commonly occurring positive rotation effect is greater N-release. The lower N-content after swedes does not support this. Another possibility is that Linuron applied in 2003 for weed control in potatoes has had this strong negative effect.

## 7. Heimildir

- Allison MF, JH Fowler & EJ Allen 2001a. Responses of potato (*Solanum tuberosum*) to potassium fertilizers. *Journal of agricultural science, Cambridge*, 136, 407–426.
- Allison MF, JH Fowler & EJ Allen 2001b. Effect of soil- and foliar-applied phosphorus fertilizers on the potato (*Solanum tuberosum*) crop. *Journal of agricultural science, Cambridge*, 137, 379–395.
- Allison MF, JH Fowler & EJ Allen 2001c. Factors affecting the magnesium nutrition of potatoes (*Solanum tuberosum*). *Journal of agricultural science, Cambridge*, 137, 397–409.
- Ballingall M 2007. Potato nutrition, the art is in the application of science. *National conference and trade show 2007*, Teagasc, Oak Park, Carlow, Ireland, 40–41.
- Bjarni Helgason 1970. Áburðartilraunir við ræktun kartafna. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir*, 2,2, 3–18.
- Bjarni Helgason 1979. Áburðartilraunir. Í: Sigurgeir Ólafsson (ritstjóri). Kartafnan. Tilraunir og ræktun. *Fjölrit Rala* nr. 39, 55–62.
- Burton WG 1966. *The potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage*. H. Veenmam & Zonen N.V., Wageningen, Holland.
- Daniel C 1959. Use of half-normal plots in interpreting factorial two-level experiments. *Technometrics* 1, 311–336.
- Derek Mundell & Sigurgeir Ólafsson 1982. Residues of linuron in soils and potatoes in Iceland. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir*, 14,1–2, 3–17.
- Drew MC 1975. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 75, 479–490.
- Egner H, Riehm H & Domingo R 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kalium Bestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler* 26, 199–215.
- Forsman K, E Virtanen, H Hakkola & L Jauhiainen 2002. Ca-fertilization and its after-effect on potato. Í: Wenzel G & Wulfert I (ritstj.). *Potatoes today and tomorrow*. Abstracts of papers and posters in the 15<sup>th</sup> triennial conference of the European Association for Potato Research, July 14–19 2002 Hamburg, Germany. 223.
- Friðrik Pálmason 1991. Áburðartilraunir á Íslandi. *Ráðunautafundur 1991*, 1–7.
- Friðrik Pálmason og Bjarni Helgason 1990. Samanburður á aðferðum við greiningu á nýtanlegum fosfór og kalí í jarðvegi. *Búvísindi* 3, 3–11.
- Goffart JP & M Oliver 2004. Management of N-fertilization of the potato crop using total N-advice software and in-season chlorophyll-meter measurements. Í: DKL MacKerron & AJ Haverkort (ritstj.). *Decision support systems in potato production, bringing models to practice*. Wageningen Academic Publishers, 68–77.
- Guðmundur Jónsson 1979. *Skrá um rannsóknir í landbúnaði. Tilraunaniðurstöður 1900–1965*. Rannsóknastofnun landbúnaðarins, 428 bls.
- Haug K, EL Molteberg & R Nybråten 2003. Startgjóðsling til potet. *Jord- og plantekultur 2003*, 248–250.
- Haverkort, A.J. og D.K.L. MacKerron 2000. *Management of nitrogen and water in potato production* (ritstj.). Wageningen Pers, Wageningen The Netherlands, 353 bls.
- Horn, A. 2006. Kalsíumgjóðsling til potet. *Váronnavisa* 2006, 9. bls
- Hólmgeir Björnsson 1997. Tilraunir með vaxandi áburð á kartöflur 1995. *Ráðunautafundur 1997*, 165–176.
- Hólmgeir Björnsson 2004a. Niturbörf kartafna. *Fræðaving landbúnaðarins 2004*, 306–310.
- Hólmgeir Björnsson 2004b. Tilraunir með áburð á kartöflur 2003. *RALA 028/JA-003*. 18 bls.
- Hólmgeir Björnsson 2006. Tilraunir með áburð á kartöflur, ágrip af niðurstöðum. *Fræðaving landbúnaðarins 2006*, 336–343.
- Hólmgeir Björnsson og Þórdís Anna Kristjánsdóttir 2003. Jarðræktarrannsóknir 2002. *Fjölrit Rala* nr. 213, 63 bls.
- Hydro Agri (um 2000, útgáfuár vantar). Potato. PlantMaster™ Nutrition Management Programmes. *Hydro Agri (UK) Limited*, Immingham, UK, 18 bls.
- Højmark JV 1979. Sammendrag af danske forsøg med gødskning af kartofler i perioden 1914–78. *Statens planteavleforsøg*. Beretning nr. S 1460 (Tidsskrift for planteavlens specialserie).
- Jensen, Benny 2004. Myndefni (PowerPoint) á bænda fundi um kartöflur á Íslandi 20. febrúar 2004.
- Jóhannes Sigvaldason 1996. Um jarðvegsefna greiningar. Hvernig eru þær gerðar og hvaða gagn er að þeim? *Fjölrit BRT* 19, 22 bls.
- Jón Guðmundsson 1983. Linuron, dets virkning på planterne og anvendelsemuligheder. *Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole. Afdelingen for Landbrugets Plantekultur*, 62 bls.
- Jónatan Hermannsson og Hólmgeir Björnsson 2002. Forræktun fyrir korn. *Ráðunautafundur 2002*, 249–251.
- Kristín Ingólfssdóttir, Guðborg A. Guðjónsdóttir og Sigurgeir Ólafsson 1992. Glykóalkalóíðsambönd í íslenskum kartöflum. *Læknablaðið* 78, Fylgirit 22, 87.



- Law M 2004. Placement of fertilisers for potatoes. *National potato conference proceedings 2004*, Teagasc, Oak Park, Carlow, Ireland, 14–16.
- Magnús Óskarsson 1994. Kartöflurækt I. Samkeppni og áburður. *Freyr* 90, 155–157.
- Magnús Óskarsson 1995. Áburður á kartöflur. *Handbók bænda 1995*, 24–30.
- Mengel K & Kirkby EA 2001. *Principles of plant nutrition*, 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 849 p.
- Simmons KE, Kelling KA, Wolkowski RP & Kelman A 1988. Effect of calcium source and application method on potato yield and cation composition. *Agronomy Journal* 80, 13–21.
- Stone DA 1998. The effects of “starter” fertilizer injection on the growth and yield of drilled vegetable crops in relation to soil nutrient status. *Journal of Horticultural Science & Technology*, 73, 441–451.
- Sørensen K & Forbord JO 2007. God lönnsummet med ekstra fosforgjødsling í Troll med moderat N-gjødsling. *Váronnavisa* 2007, 17. bls.
- Tisdale LS & Nelson WL 1975. *Soil fertility and fertilizers*, 3rd ed. Macmillan Publishing Co., New York, 694 bls.
- Þorsteinn Guðmundsson, Hólmgeir Björnsson og Guðni Þorvaldsson 2007. Langtímatilraunir í jarðrækt, hlutverk og dæmi um áhrif N-áburðar á auðleyst næringarefni. *Fræðaping landbúnaðarins 2007*, 287–294.

## Viðauki A. Innri skemmdir og blöðrukláði

### A1. Innri skemmdir

Vaxtarskilyrði voru þannig sumarið 2004 að nokkuð var um innri skemmdir í kartöflum. Gert var ráð fyrir að þeirra gætti hvað helst í stórum kartöflum. Stórar kartöflur voru klofnar um naflann. Ef dökkur blettur var í miðju var lengd og breidd mæld gróflega og skráð. Einnig var skráð ef vottaði fyrir dökkri rák inn frá nafla og ef kartöflur voru sprungnar. Þessi athugun var gerð í öllum tilraunum nema upptökutímatilrauninni, 4 kartöflur í reit, nema 2 í Vatnskoti (heimagarði).

Í A1. töflu er fjöldi kartaflna með dökka miðju í tilraunum á Suðurlandi fyrir hvern þátt um sig. Þegar þess er gætt að helmingi færri kartöflur voru athugaðar í Vatnskoti en í hinum tilraunum er ljóst að tíðni skemmdanna hefur verið svipuð í báðum sandgörðunum eða um 19% en um 7% í móajarðveginum á Egilsstöðum. Á Korpu fundust aðeins 6 kartöflur með miðjuskemmd eða um 2%. Í sandgörðunum voru um 60 g Ca/kg af kartöflum (33. tafla), sem er að líkindum í minnsta lagi, en >80 g/kg á móajarðvegi. Augljóst er að P- eða K-áburður hefur ekki haft áhrif á tíðnina. Hins vegar koma fram marktæk línuleg áhrif af N-áburði ef tíðnin í tilraunum þremur á Suðurlandi er tekin saman,  $P=0,033$ . N-áburður eykur magn Ca í kartöflum svo að ekki er einhlítt að það segi til um hættuna á innri skemmdum. Í tilraunum í sandgarði jók N-áburður uppskeru en lækkaði hlutfall þurrefnis svo að uppskeruaukinn var að mestu eða öllu leyti aukið vatnsmagn, en einnig jókst prótein á kostnað sterkju. Á Egilsstöðum voru áhrif N-áburðar, önnur en á hlutfall sterkju og próteins, minni. Þótt lengd og breidd blettanna væri mæld þykir ekki ástæða til að fjalla um þær niðurstöður, enda mælingar fremur fáar og ónákvæmar, og engin trygging er fyrir því að skorið hafi verið gegnum blettina þar sem þverskurðarflatarmálið er mest.

**A1. tafla. Fjöldi kartaflna með miðjuskemmdir í tilraunum í Þykkvabæ**

	P-áburður				N-áburður				K-áburður									
	Vk	Áarg	Eg	Alls	N	Vk	Áarg	Eg	Alls	K	Vk	Áarg	Eg	Alls				
a1	32,5	P	3	3	2	8	b1	70	2	2	0	4	c1	70	4	6	3	13
a2	51,5	P	2	6	0	8	b2	120	1	5	3	9	c2	140	3	7	2	12
a3	Flyti-		2	4	3	9	b3	170	4	6	2	12						

**Skemmdir inn af nafla** voru aðeins skráðar í 8 kartöflum á Suðurlandi og voru 6 við 70N og 2 við 170N. Engin slík skemmd var við 120N eða á flýtiáburðarreitum. Um of fáar kartöflur er að ræða til að draga nokkrar ályktanir.

Á Korpu var skráð dökk æð inn af nafla í 23 kartöflum í 904-04 (24 reitir), 18 í 905-04 (18 reitir), 8 í Gullauga í 907-04 (16 reiti) en 12 í Premier (8 reitir). Helst er að muni eftir P-áburði í 905-04, 10, 5 og 3 kartöflur við 0P, 20P og 40P sem aukaskammt. Um marktækan mun að ræða ( $P=0,024$ ,  $n=24$ ) ef 0P er borið saman við meðaltal P-áburðarskammtanna og útkoman er svipuð ef prófuð eru línuleg áhrif. Að öðru leyti er erfitt að greina nokkurn mun. Í reitum í 904- og 905-04, þar sem kartöflur voru árið áður, voru 11 slíkar skemmdir og er skiptingin eftir forræktun í réttu hlutfalli við fjölda reita. Í 904-04 voru 13 við 500 kg/ha af Græði 1 en 10 við 1000 kg, 14 við 25 sm milli ræða og 9 við 30 sm og því ekki um marktækan mun eftir magni áburðar eða vaxtarrými í þessari tilraun að ræða. Samkvæmt upplýsingum frá Halldóri Sverrissyni er dökk æð inn af nafla að líkindum skemmd af bakteríusmiti en ekki skortseinkenni.

Sprungur voru aðeins skráðar í tveimur tilraunum, fyrst og fremst á Egilsstöðum, og hafa verið litlar eða engar í hinum. Í Áargarði voru sprungur í tveimur kartöflum í einum reit, a1b3c2, þ.e. mesta skammta af N og K og 32P. Skráningin á Egilsstöðum var ekki nákvæm og takmarkaðist ekki við kartöflurnar sem voru skornar í sundur. Skráður fjöldi alls var 5, 15 og 27 við 70N, 120N og 170N. N-áhrifin eru þó ekki eins eindregin og gæti virst. Annars vegar var skráningin ónákvæm, einkum þar sem margt var, og hins vegar var

greinilega reitamunur óháð áburði. Þannig voru 3 reitir af 6 án sprunginna kartaflna við 70N og 120N og 1 við 170N. Einnig má benda á að áhrif N-áburðar voru tiltölulega lítil í þessari tilraun. Ekki er ástæða til að rekja fleiri niðurstöður.

Helstu niðurstöður þessara athugana á gæðum kartaflna eru að mikill N-áburður auki líkur á að dökkur hringur myndist í miðju kartaflna. Ástæður þessa galla í kartöflum eru taldar af tvennum toga, annars vegar skortseinkenni vegna skorts á Ca, B eða K, hins vegar vaxtartruflanir þegar vöxtur stöðvast, t.d. vegna þurrks, og hefst svo snögglega aftur, eða vegna óhagstæðra vaxtarskilyrða (Jensen, 2004). Kalískort er vart um að ræða og í Græði 1 er 0,1% B, sem gefur 0,5–1 kg/ha af bóri ef borin eru á 500–1000 kg/ha, og er það talið nægja til að koma í veg fyrir bórskort. Aðrar tegundir garðáburðar munu einnig vera með bór, t.d. 0,03% hjá Yara og er það væntanlega einnig nægilegt. Þá gæti verið spurning um kalsíum. Uptaka þess gæti stöðvast á undan vexti hnýðanna í þurrki og skemmdanna gætti einkum í þeim tveim gördum þar sem kalsíum var minnst. Hins vegar hækkar kalsíum með auknum N-áburði þótt þá séu skemmdirnar einnig vaxandi.

Aðrar niðurstöður eru að aukin hætta sé á að dökkni inn af nafla ef P skortir og að hættan á að Gullauga springi geti aukist ef N-áburður er mikill. Þessar ályktanir eru þó á veikum grunni vegna þess að athuganir voru fáar og ekki að öllu leyti vandaðar. Greining á dökkri miðju í kartöflum verður þó að teljast vönduð. Hins vegar var ekki alltaf vel ljóst að skráð skemmd við nafla væri raunveruleg. Sprungur virtust nokkuð misjafnar milli reita þótt meðferð væri sú sama, auk þess sem skráning var ekki nákvæm.



Í einni af þeim kartöflum, sem voru klofnar, náði dökkur litur frá nafla inn í miðju.

## A2. Blöðrukláði

Kartöflur úr 6 reitum úr hverri tilraun á Suðurlandi 2004 voru geymar í kartöflugeymslu á Egilsstöðum og sóttar þangað 13. apríl 2005 til að meta smit. Valdir voru reitir sem fengu stærri K-skammtinn (c2) og sleppt reitum með lægri P-skammtinn (a1). Þeir mynduðu því 2×3 þáttasamsetningu af A (nefnt OP í Viðauka B) og B (N-áburður).

Yfirborðsskemmdir voru metnar eftir tvo daga á 20 kartöflum úr hverjum reit á skala sem fenginn var hjá Sigurgeiri Ólafssyni (A2. tafla). Reiknuð var

$$\text{meðalþekja} = 100(62,5 S + 17,5 M + 5 L + T)/(62,5 \times 20); S, M, L \text{ og } T \text{ er fjöldi kartaflna í flokki.}$$

Í reiknaðri meðalþekju vega kartöflur í flokkum M og S mjög mikið og hætt er við að dreifing verði skekkt. Því var einnig reiknuð

$$\text{einkunn} = (4S + 3M + 2L + T)/20$$

**A2. tafla. Kartöflur flokkaðar eftir því hve blöðrukláði er útbreiddur, fjöldi kartaflna samtals í 3 tilraunum og meðaleinkunn.**

	F	T	L	M	S		
	Enginn	<10	Þekja	Þekja	Þekja>1/4	Meðal-	Meðal-
	blettur	blettir	<1/10	1/10 – 1/4		þekja	einkunn
<b>B. N kg/ha</b>							
70	30	60	27	2	1	3,9	1,03
120	24	62	27	5	2	5,5	1,16
170	14	62	40	4	0	4,3	1,28
<b>A. MAP</b>					$s_{mm}$	1,61	0,131
Með áburði	38	90	46	4	2	4,6	1,12
Í kartöflurás	30	94	48	7	1	4,6	1,19
Alls	68	184	94	11	3	4,6	1,16

Næsta augljóst er að staðsetning MAP (OPTI START™) hefur ekki haft áhrif. Til að meta skekkju (staðalskekkju mismunarins,  $s_{mm}$ ) voru notaðir A-liðir og víxlhrif þeirra við N og staði, 9 frítölur. Þótt meðaleinkunn fari jafnt hækkandi með N-áburði er ekki marktækur munur.

Önnur leið til að meta áhrif áburðar er að bera saman tíðni kartaflna án bletta (A3. tafla). Samkvæmt A2. töflu hefur hlutfall kartaflna án bletta lækkað úr 25% í 12% þegar áburður er aukinn úr 70 í 170 kg N/ha. Ef um óháðar athuganir er að ræða fylgir fjöldi óskemmdra kartaflna tvíkostadreifingu (binomial). Líkurnar eru óþekktar og geta verið ólíkar eftir áburði og milli bæja. Vel gefst að gera ráð fyrir því að líkurnar fylgi umhverfðum veldisvísiferli (*logistic curve*):

$$\theta_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha_i + \beta_i x_j)}}$$

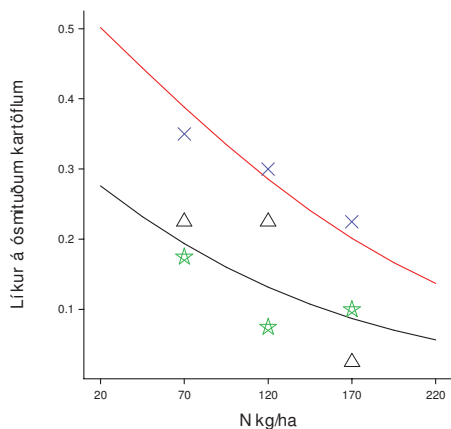
Þær má umreikna í hlutfallið af líkum deilt með (1-líkur) og lógariþminn af þessu hlutfalli gefur líkan á línulegu formi, s.k. *logit*:

$$\frac{\theta_{ij}}{1 - \theta_{ij}} = \frac{1}{e^{-(\alpha_i + \beta_i x_j)}} \quad \ln\left(\frac{\theta_{ij}}{1 - \theta_{ij}}\right) = \alpha_i + \beta_i x_i$$

Þetta líkan fellur undir útvíkkuð línuleg líkön (*Generalized linear models*), t.d. í forriti eins og Genstat. Í greiningu á breytileika fást „devíansar“ sem samsvara fertölusummum í fervikagreiningu og fylgja kí-kvaðratdreifingu ef um hendingu eina en ekki raunveruleg áhrif er að ræða. Með frádrætti er gerð tafla sem samsvarar fervikagreiningartöflu, en gæta verður þess að það skiptir máli í hvaða röð þættirnir eru teknir inn í líkanið, þótt fullt jafnvægi sé í gögnunum, þar sem ekki er um eiginlegt línulegt líkan að ræða (A3. tafla).

**A3. tafla. Uppgjör á tíðni ósmitaðra kartafna (A2. tafla) eftir stöðum og N-áburði, t.h. tíðni skemmda umfram lágmarksflokk af skemmdum alls.**

	Frítölur	Devíans (viðbót)	P	Meðal-devíans	Deilt með afgangi, „F“	„P“	>10 blettir	
							Dev.	P
Bæir	2	12,73	0,002	6,37	5,66	0,026	9,09	0,011
+N	2	7,68	0,021	3,84	3,42	0,08	1,34	0,51
+Bæir×N	4	6,12	0,19	1,53	1,36	0,32	4,33	0,36
Afgangur	9	10,75	0,29	1,124			12,32	0,20



Áhrif N-áburðar á líkur þess að kartöflur séu ósmitaðar af blöðrukláða. Fundið hlutfall (tilraunir aðgreindar með táknum) og reiknaður ferill, sameiginlega fyrir tilraunir í sandjörð.

Áhrif N-áburðar eru nær eingöngu línuleg (Dev. = 7,31) og marktæk ef þau eru prófuð sérstaklega („F“ = 6,50, „P“ = 0,03). Því má staðhæfa með noruð öruggi að hættan á smiti af blöðrukláða aukist með auknum N-áburði, en ekki fannst marktæk aukning á umfangi skemmda á einstökum kartöflum eftir áburði þótt mismunur sé milli staða. Á línuritinu má sjá að við 170N í móajarðvegi var tíðni ósmitaðra svipuð og við 70N að meðaltali í sandjarðvegi og falla ferlarnir saman ef þeim er hliðrað sem þessu nemur. Mismunur tilrauna er a.m.k. að hluta vegna þess að áður hafði verið tún á móajarðveginum.

Afgangsbreytileiki greiningar á tíðni ósmitaðra kartafna sýnir ekki marktæk frávik samkvæmt kí-kvaðratprófi og það sama á við um tíðni >10 bletta á kartöflum. Þau frávik frá reiknuðum ferlum, sem sjást á mynd hér til hliðar, eru því um það bil jafn stór og vænta má af hreinni tilviljun. Vegna þess að væntanlegur fjöldi er lítil í sumum reitum töflunnar hefði þó mátt vænta lægra gildis en samkvæmt kí-kvaðratdreifingu. Á móti kemur að telja verður fremur líklegt að í rauninni séu einhver gagnkvæm áhrif milli kartafna í sama reit og þær því ekki óháðar hver annarri og líkur á smiti þar með eitthvað misjafnar milli reita. Því er afgangurinn deilt með frítölum notaður sem skekkja í prófi sem líkir eftir F-prófi í ferveikgreiningu og er það sennilega ekki fjarri því að gefa rétta niðurstöðu.

Bæjamunur er ótvíræður. Áhrif N-



Tuttugu kartöflum úr 4 reitum raðað í bakka, ósmitað t.v., þekja >¼ lengst t.h.



## Viðauki B. Þáttatilraunir án endurtekningar

Tilraunir nr. 798-04 með áburð á kartöflur voru  $3 \times 3 \times 2$  þáttatilraunir með  $P \times N \times K$  þar sem hver samsetning áburðarmagns kom fyrir aðeins einu sinni og þættirnir því nýttir sem endurteking hver á öðrum. Forsenda þess að það sé hægt er að víxlhrif þátta, flest eða öll, séu annað hvort engin eða óveruleg svo að þau megi nota sem mat á tilraunaskekkju. T.d. gefur endurteking P-liða á 6  $N \times K$  reitum meiri nákvæmni en í tilraun með fosfór einan í 4 endurtekingum. Í þessum viðauka er tekið til athugunar hversu vel þessi högun tilrauna hefur gefist og jafnframt sýnt hvernig má nota hálf-normalrit á hornréttum samanburðarliðum (*orthogonal contrasts*) til að skoða niðurstöður slíkra tilrauna.

Fyrst er útdráttur úr ferveikagreiningu í Genstat á uppskeru kartaflna. P-þátturinn er táknaður OP. Skotið er inn þeim hluta víxlhrifa sem var samþættur smáblokkum (aðallega þriggja þátta en einnig að hluta  $OP \times N$ ), meðaltölum smáblokka, staðalskekkju mismunar þar sem endurtekningar eru 6, og staðalfrávik (s).

### Egilsstöðum

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
OP	2	77,935	38,968	12,07	0,001
N	2	1,253	0,627	0,19	0,83
K	1	4,096	4,096	1,27	0,28
Residual	12	38,749	3,229		
(þar af blokkir	2	4,714	2,357)		
Total	17	122,033			

(Large residuals. \*units\* 5 -3,28 s.e. 1,47)

Blokkir 1 2 3  
22,7 21,9 21,4

OP P32 P52 OP  
19,9 21,2 24,8  $s_{mm}=1,04$   $s=1,81$

N N70 N120 N170  
21,6 22,2 22,2

K K70 K140  
22,5 21,5

### Vatnskoti

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
OP	2	64,050	32,025	6,40	0,013
N	2	14,330	7,165	1,43	0,277
K	1	0,005	0,005	0,00	0,975
Residual	12	60,055	5,005		
(þar af blokkir	2	16,578	8,289)		
Total	17	138,440			

(large residuals: \*units\* 1 4,72 s.e. 1,83)

OP P32 P52 OP  
21,15 21,54 25,33  $s_{mm}=1,29$   $s=2,24$

N N70 N120 N170  
21,56 22,71 23,75

K K70 K140 Blokkir 1 2 3  
22,69 22,66 23,5 21,3 23,2

### Áargarði

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
OP	2	81,741	40,870	12,82	0,003
N	2	49,140	24,570	7,71	0,014
OP,N	4	42,845	10,711	3,36	0,068
K	1	0,931	0,931	0,29	0,60

Residual	8	25,506	3,188						
(þar af blokkir	2	11,89	5,95						
Afg.	6	13,62	2,27)						
Total	17	200,164							
						Blokkir	1	2	3
OP	P32	P52	OP				24,6	22,8	23,0
	20,8	23,6	26,0	$s_{mm}=1,03$	$s=1,79$				
N	N70	N120	N170						
	21,1	24,5	24,8						
		N70	N120	N170					
P32		19,3	20,6	22,5					
P52		23,2	24,5	23,1					
OP		20,8	<b>28,5</b>	<b>28,7</b>					

Niðurstöður benda ekki til þess að blokkamunur hafi verið verulegur. Í tveimur tilraunum koma aðeins fram áhrif eins þáttar og því vart um svo mikil víxlhrif þátta að ræða að mat á skekkju verði of hátt. Í Árgarði sýna hins vegar tveir þættir marktæk áhrif, OP og N, og þar eru einnig nokkur víxlhrif,  $P=0,068$ , þ.e. 6,8% líkur á jafnmiklum eða meiri mun ef um tilviljun eina væri að ræða. Tvívíð tafla með meðaltölum bendir til að N-áhrif hafi vart fengist nema OP (flýtiáburður) kæmi í kartöflurásina (4. tafla aðeins tvær tölur á bak við hvert meðaltal), eða með öðrum orðum að flýtiáburður hafi ekki haft áhrif þar sem N-skortur, sem sást á grösunum um sumarið, var verulegur.

Í þáttatilraunum án endurtekningar getur verið erfitt að ákveða hvernig skuli meta skekkju. Þær tilraunir af þessu tagi, sem mest hefur verið fjallað um, eru  $2^n$  tilraunir, fjöldi þátta er  $n$  og hver með aðeins 2 stig (af eða á, lítið eða mikið o.s.frv.) og samsetningar þáttanna eru þá  $2^n$  talsins. Á hverju stigi eins þáttar verða  $2^{n-1}$  athuganir. Mismunur meðaltala (t.d. A1-A0) er með sömu skekkju hver sem þátturinn er. Hafi meðferðin engin áhrif er mismunur meðaltala vegna tilraunaskekkju. Margar tölur verða að baki hverju meðaltali og því gera má ráð fyrir að þau fylgi normaldreifingu vegna þess sem nefnt er helsta markgildissetning tölfræðinnar (*central limit theorem*) þótt sjálfar séu mælingarnar e.t.v. ekki normaldreifðar. Öll víxlhrif tveggja eða fleiri þátta (mismunur mismunanna) má einnig setja fram sem mismun tveggja meðaltala með  $2^{n-1}$  athuganir í hverju meðaltali. Þannig geta orðið til  $2^n - 1$  gildi, sem er fjöldi frítalna í tilrauninni, og eru þau óháð hvert öðru vegna þess að í  $2^n$  tilraun er jafnvægi m.t.t. allra hrifa. Hafi enginn þáttanna í tilrauninni raunveruleg áhrif fylgja gildin normaldreifingu og falla nærri beinni línu í normalriti (*normal plot*), nema hvað ekki er hægt að gera upp á milli formerkja þegar mismunur er reiknaður. Þess vegna eru aðeins tölugildin tekin og hálf-normalrit teiknað. Daniel (1959) setti fram aðferð til að finna fjölda marktækra hrifa í  $2^n$  þáttatilraun með því að nota hálf-normalrit. Í stað þess að rekja þá aðferð nákvæmlega verður sýnt hvernig nota má slíkt rit til að lýsa niðurstöðum þáttatilraunar sem er án endurtekningar.

### B1. Hornréttir samanburðarliðir

Með samanburðarliðum (*contrasts*) er átt við hvers konar samanburð á meðaltölum liða þar sem þess er gætt að væntanlegt meðaltal (þ.e. án tilraunaskekkju) sé núll ef mismunandi meðferð tilraunaliða hefur ekki haft áhrif (væntanlegt gildi = *expected value* = 0). Þetta er venjulega táknnað með stuðlum og summa margfelda þeirra við meðaltöl eða einstakar mælingar lögð saman. Líkan (*model*) þeirrar tilraunar, sem hér er fjallað um, má skrifa

$$y_{ijk} = p_i + n_j + k_h + pn_{ij} + pk_{ih} + nk_{jh} + pnk_{ijh}, \quad i=1,2,3, j=1,2,3, h=1,2$$

**K**-hrifin eru einfaldur mismunur meðaltala og táknuð þannig með stuðlum:

$$\begin{array}{cc} \text{K70} & \text{K140} \\ -1 & +1, \end{array}$$

K-hrif =  $-\bar{y}_{..1} + \bar{y}_{..2}$  eða  $K = \frac{1}{8} \sum_{ijh} y_{ijh} \times l_{ijh}$  þar sem  $l_{ijh} = -1$  ef  $h=1$  og  $+1$  ef  $h=2$ .

K-hrifin eru mismunur á meðaltölum 8 mælinga og dreifni (*variance*) mismunarins er  $2 \times (\sigma^2/8)$ . Í tilraun á  $n$  reitum má finna  $n-1$  óháða samanburðarliði,  $A_k$ , stuðlar þeirra eru táknaðir  $l_k$  og um alla gildir að summa bæði stuðlanna og krossmargfelda þeirra er núll

$$\sum_m l_{km} = 0 \text{ og } \sum_m l_{km} l_{k'm} = 0 \text{ ef } k \neq k', \text{ þar sem } k=1,2,\dots,n-1, \text{ þ.e. númer samanburðarliðar,}$$

og  $m=1,2,\dots,n$  er númer reits. Hér er skrifað  $l_{km}$  en bæði á undan og á eftir er skrifað  $l_{kijh}$ .

Samanburðarliðir með krossmargfeldið núll eru hornréttir (*orthogonal*) og þar af leiðandi óháðir. Heppilegt er að umreikna allar andstæður í gildi með dreifnina  $\sigma^2$ . Þá gildir

$$A_k = \frac{1}{d_k} \sum_{ijh} y_{ijh} \times l_{ijh}, \text{ þar sem } d_k = \left( \sum_{ijh} l_{kijh}^2 \right)^{1/2}.$$

Deilir samanburðarliðarins,  $d_k$ , er kvaðratróttin af kvaðratsummu stuðlanna,  $A_k$ . Með því að deila með honum fást stærðir sem eru allar með sömu dreifni, þ.e. tilraunaskekkju tilraunarinnar ( $\sigma^2$ ). Hafi mismunandi meðferð tilraunaliða áhrif er hins vegar væntanlegt gildi samanburðarins  $E(A_k^2) > \sigma^2$ . Hér er deilirinn jafnan sýndur í öðru veldi,  $d_k^2$ .

Skammstöfun samanburðarliðanna er dregin af þeirri tilraunameðferð sem þeir mæla. **K**-hrifin eru einfaldlega táknuð með **K** og gefið númer  $k=1$ . Af **N**-áburði eru 3 stig með jöfnu bili og beinast liggur við að sýna **N**-hrifin (2 frítölur) með hornréttum margliðum eins og algengt er í kennslubókum:

$k$		N70	N120	N170	$d_k^2$
2	<b>Nl</b> línulegt	-1	0	+1	12
3	<b>Nq</b> 2. gráða ( <i>kvaðratískt</i> )	+1	-2	+1	36

Þriðji þátturinn, sem hér er nefndur OP, er erfiðari. Tilraunaliðirnir voru táknaðir P32 = 32 kg P/ha í þrifosfati, P52 = bætt er við 20 kg/ha í OptiStart, og OP = sama og P52, nema OptiStart notað sem flýtiáburður, þ.e. í rás með kartöflunum. Tryggast er að bera bæði P32 og OP saman við P52, en sá hængur er á að það eru ekki óháðir samanburðarliðir, skekkjan á P52 hefur áhrif á báða. Með tilliti til túlkunar á niðurstöðum er þó sú bót í máli að gera má ráð fyrir einhliða áhrifum og að P52 verði á milli P32 og OP ef hvort tveggja hefur áhrif. Því verður neikvæð fylgni milli skekkjunnar á P52-P32 og OP-P52, en algengara er að um jákvæða fylgni sé að ræða þegar margir tilraunaliðir hafa sömu viðmiðun. Í þeim þrem tilraunum, sem fjallað er um, er P52 alls staðar á milli P32 og OP, þó mun nær P32 í tveimur þeirra. Í Áargarði er P52 hins vegar nær því að vera mitt á milli, og þó heldur nær OP.

Hér á hins vegar að setja upp samanburðarliði sem eru hornréttir og þar með óháðir hvað varðar áhrif skekkju, en e.t.v. ekki óháðir hvað varðar áhrif áburðar. Þeir geta ekki báðir orðið hreinn mælikvarði á þau áburðaráhrif sem við viljum mæla. Lægri P-skammturinn, 32 kg P/ha, er meira en þrefalt það magn, sem kartöflurnar taka upp að jafnaði, og á löngum tíma hefur mikill P-áburður safnast í jarðveginn. Því var talið ólíklegt að viðbót sem nemur 20 kg P/ha myndi skila uppskeruauka þótt gildin á P-AL séu reyndar ekki orðin mjög há (1. tafla). Ef það stæðist mætti mæla áhrif flýtiáburðar (OptiStart í kartöflurásina) með því að bera OP saman við meðaltal P32 og P52. Þótt niðurstöður tilraunanna samræmist ekki alveg þessari tilgátu eru samanburðarliðir settir upp samkvæmt henni:

$k$		P32	P52	OP	$d_k^2$
4	<b>P1</b> Aukinn P-áburður	-1	+1	0	12
5	<b>P2</b> Flýtiáburður	-1	-1	+2	36

Annar möguleiki væri að meta summu áhrifa P-áburðar og flýtiáburðar sem **OP-P32** og prófa svo hvort þau séu jöfn eða önnur stærri en hin með því að bera **P52** saman við meðaltal **P32** og **OP**. Tafla með stuðlum yrði þá eins og hjá N-áburði.

Stuðlar, sem greina víxlhrif í hornréttu samanburði, einn á hverja frítölu, fást með því að margfalda saman stuðla þáttanna, fyrst **NK**

$k$			N70	N120	N170	N70	N120	N170	$d_k^2$
			K70	K70	K70	K70	K70	K70	
1	<b>K</b>	K-hrif	-1	-1	-1	+1	+1	+1	18
2	<b>NI</b>	línulegt	-1	0	+1	-1	0	+1	12
3	<b>Nq</b>	2. gráða	+1	-2	+1	+1	-2	+1	36
6	<b>NIK</b>	N-línul. $\times$ K	+1	0	-1	-1	0	+1	12
7	<b>NqK</b>	$N^2 \times K$	-1	+2	-1	+1	-2	+1	36

Ef t.d. 6. samanburður er skoðaður sést að víxlhrif má réttilega kalla mismun mismunanna.

**N $\times$ OP** taflan er þannig:

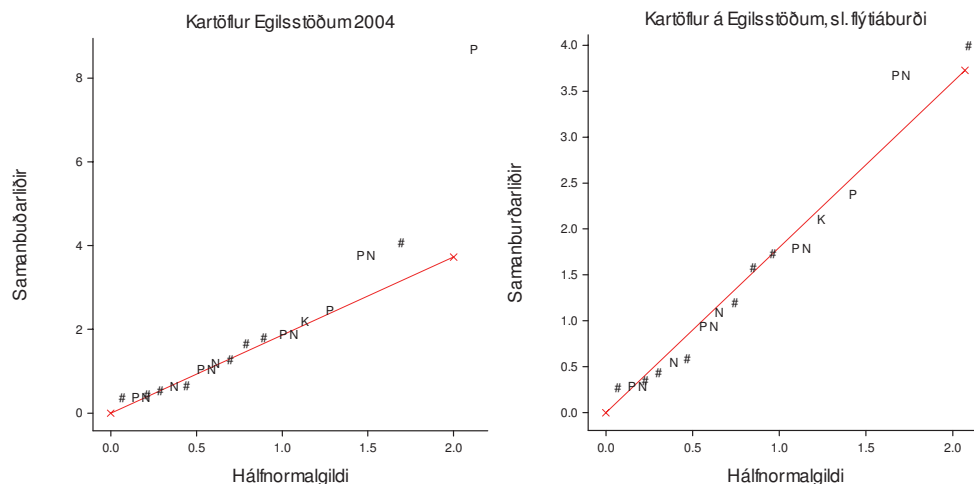
$k$		N70	N120	N170	N70	N120	N170	N70	N120	N170	$d_k^2$
		P32	P32	P32	P52	P52	P52	OP	OP	OP	
2	<b>NI</b>	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	12
3	<b>Nq</b>	+1	-2	+1	+1	-2	+1	+1	-2	+1	36
4	<b>P1</b>	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0	0	0	12
5	<b>P2</b>	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+2	+2	+2	36
8	<b>NIP1</b>	+1	0	-1	-1	0	+1	0	0	0	8
9	<b>NIP2</b>	+1	0	-1	+1	0	-1	-2	0	+2	24
10	<b>NqP1</b>	-1	+2	-1	+1	-2	+1	0	0	0	24
11	<b>NqP2</b>	-1	+2	-1	-1	+2	-1	+2	-4	+2	72

Þannig má halda áfram og setja upp töflur fyrir **OP $\times$ K** og **N $\times$ OP $\times$ K** með 2 og 4 frítölum, en tæplega er ástæða til að sýna þær.

Eftirfarandi línurit eru hálfnormalrit með samanburðarliðum úr hverri tilraun um sig. Gildunum er raðað eftir stærð án tillits til formerkis og færð á y-ás, þeim gefin raðgildi ( $r = 1, 2 \dots 17$ ) og samsvarandi gildi fundin af jákvæða helmingi staðlaðrar normaldreifingar:

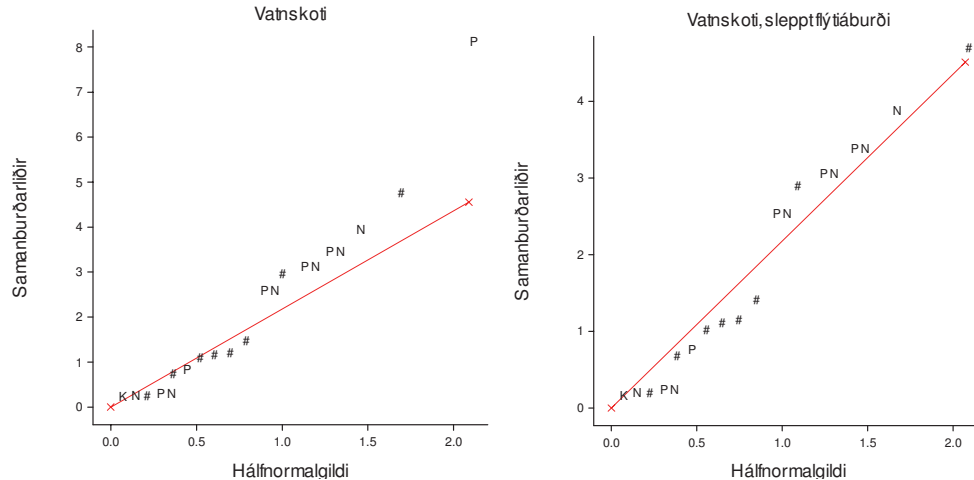
$$q_r = N(0,5 + 0,5 \times (r-0,375) / (v+0,25)), \quad v = 17 \text{ ef allir eru með,}$$

og færð á x-ás, en gildi samanburðarliða eru á y-ás. Oft eru rit af þessu tagi sýnd með normalgildi á y-ás og fundin gildi á x-ás, þ.e. spegilmynd um línu með  $45^\circ$  halla miðað við það sem hér er sýnt. Fylgi gildin normaldreifingu falla þau nærri beinni línu og er hallatalan mat á staðalfráviki hennar.

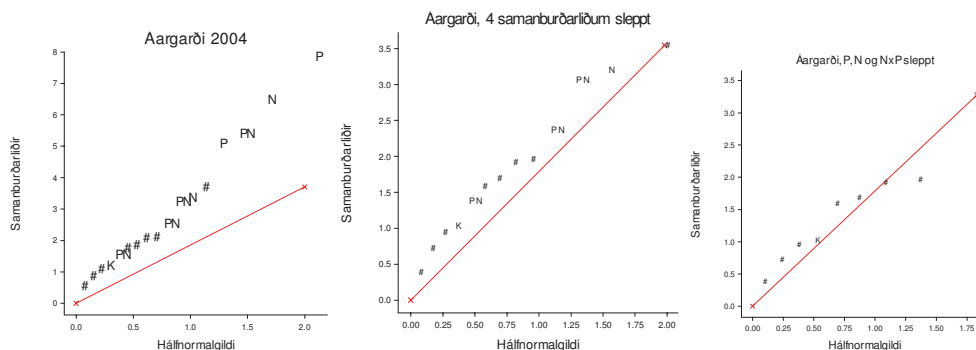


Auk hálfnormalritsins er dregin lína með halla sem svarar til þess staðalfráviks sem fyrr var fundið. Auðkenndir eru með hástöfum þeir punktar sem svara til aðalhrifa (N, P, K) og

einnig víxlhrifa N og OP (merkt **PN**), en ekki eru aðrir punktar auðkenndir. Á Egilsstöðum er einn punktur langt utan línunnar, en hún fellur vel að öðrum punktum. Er það **P2**, þ.e. áhrif flýtiáburðar. Tveir aðrir punktar eru nokkuð utan línunnar, en til hægri hefur **P2** verið sleppt og þá falla þeir allvel að henni.



Í Vatnskoti falla gildin einnig vel að línu skekkjunnar þegar **P2** hefur verið sleppt, en samkvæmt fyrri greiningu var flýtiáburður eini samanburðurinn sem sýndi marktækan mun. Þó vekur athygli að bæði **NI** og þrjár frítölur úr **N×OP** eru enn meðal 6 hæstu gilda. Getur það, og sú óregla að nokkurt stökk er um miðbikið, bent til þess að einhverjir fleiri þættir áburðarmeðferðar hafi haft áhrif, en ekki svo mikil að unnt sé að greina hvaða áhrif helst sé um að ræða. Óneitanlega verður að telja línuleg áhrif N-áburðar (**NI**) líklegust og er það næsthæsta gildi þeirra sem eftir eru, og næst er **NIP2** sem einmitt mælir víxlhrif flýtiáburðar og línulegra N-áhrifa. Hæst er hins vegar eitt gildi úr víxlhrifum þriggja þátta sem er táknad **NqP2K**. Telja verður mjög ósennilegt að um nokkur slík áhrif sé í rauninni að ræða. Miðblokkinn var nokkru uppskeruminni en hinar, en samanburður hennar við aðrar blokkir gefur þó ekki eins hátt gildi og **NqP2K**. Skýring þess gæti verið að við áburðardreifingu víxluðust K-skammtar í eitt skipti milli reita í gagnstæðum endum tilraunarinnar án þess þó að raska jafnvægi N- og OP-liða við blokkir. Ekkert tillit var tekið til þess í uppgjöri þar sem aukinn K-áburður hafði ekki áhrif, en þessi mistök valda ójafnvægi milli blokka og samanburðarliða.



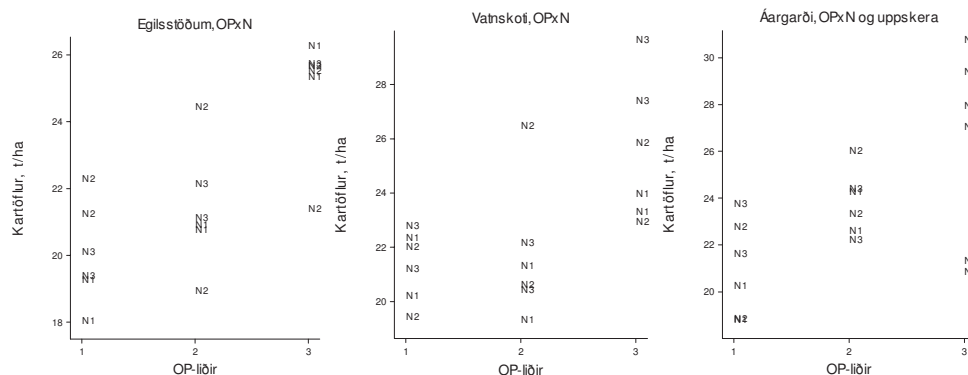
Í Aargarði voru áburðaráhrif langmest. Í mati á tilraunaskekkju (rauð skálína) voru aðeins **N×K**, **OP×K** og **N×OP×K**, 8 frítölur. Hér skera sig úr sem marktæk áhrif flýtiáburðar (**P2**), fosfór (**P1**), línuleg N-áhrif (**NI**) og víxlhrif þeirra við flýtiáburð (**P2NI**). Á hálfnormalritinu í miðjunni hafa þessir samanburðarliðir verið felldir niður, en punktarnir liggja þó að mestu



ofan þeirrar línu sem sýnir skekkju. Hæst gildi gefur nú **P2K** og má telja víst að þar sé um hreina skekkju að ræða. Um tvennt er að ræða. Ef öll gildi, sem enn eru með, eru alveg laus við áburðaráhrif hefur skekkjan verið vanmetin. Hins vegar er fremur ólíklegt að t.d. N-áburður hafi eingöngu haft línuleg áhrif og einnig er líklegt að víxlhrifa **N×OP** gæti í meira en einum samanburði. Þau voru einangruð við mat á skekkju í fervikagreiningu, en staðal-frávikið (skálfínan) er fengið úr henni. Á hálfnormalritinu lengst til hægri eru aðeins þeir samanburðarliðir, sem voru notaðir til að meta skekkju, og áhrif K-áburðar að auki.

## B2. N × flýtiáburður

Víxlhrif N og OP koma á óvart og gefa tilefni til skoðunar á einstökum gildum. OP-liðir eru á x-ás og N-liðir merktir N1, N2 og N3 eftir því hvort N er 70, 120 eða 170 kg N/ha.



Línuritinn staðfesta fyrri ályktanir í aðalatriðum. Á Egilsstöðum er ekki um nein áhrif af N og P að ræða, aðeins af staðsetningu OptiStart, þ.e. flýtiáburði, og það sama getur vel átt við í Vatnskoti. Í Árgarði koma víxlhrif við N glögg fram, þótt athuganir séu helst til fáar, og nitur hefur tæplega gefið uppskeruauka nema með flýtiáburði. Ef betur er að gáð sýna niðurstöður heima í Vatnskoti þá tilhneigingu að N-áhrifa gætti með flýtiáburði, sem áður var vikið að, en reitir eru fáir og áhrif ekki marktæk. Víxlhrif í Árgarði er eðlilegt að skýra þannig að flýtiáburður hafi gefið nokkurt forskot snemma á vaxtartímanum, en að það hafi glatast þegar nitur fór að skorta. Í Vatnskoti eru hvorki upplýsingar um sýnilegan skort á nitri á vaxtartímanum né aðrar mælingar sem benda til þess að hans hafi gætt. Því er ekki nægilegt tilefni til að vænta raunverulegra víxlhrifa þar.

## B3. Lokaorð

Í þessum viðauka hefur verið staðfest að þáttatilraunir án endurtekningar eru afkastamiklar og gefa nákvæmar niðurstöður á tiltölulega fáum reitum. Til þess að þættirnir nýtist að fullu sem endurtekning mega áhrif þeirra ekki vera breytileg eftir því hver meðferðin er að öðru leyti. Það getur orðið ef svo lágt er farið með stig einhvers þátta að valdi röskun á vexti eða þroska plöntunnar. T.d. getur það valdið því að annar áburður nýtist ekki að fullu og þá koma fram víxlhrif þátta. Þetta varð í einni tilrauninni þar sem N-skortur var áberandi um mitt sumar. Skorturinn skerti uppskeru kartaflna ekki mikið, en hafði áhrif á gæði, og áhrif flýtiáburðar (og/eða P-áburðar) til að flýta sprettu og auka uppskeru komu ekki fram nema meira nitur væri borið á. Endurtekningar voru í fæsta lagi til að þessa niðurstöðu megi telja örugga, og í annarri tilraun hefði þurft heila endurtekningu á tilrauninni í viðbót til að greina hvort um sambærileg víxlhrifa væri að ræða.

Sýnt var hvernig fara má dýpra í túlkun á niðurstöðum tilrauna með því að sundurliða þær í hornréttu samanburðarliði sem eru jafnmargir og frítölur í tilrauninni. Þetta er fyrirhafnarsamt, og í Genstat torveldar það myndræna framsetningu að ekki fæst hálfnormalrit með einfaldri skipun nema til að skoða frávik frá línulegu líkani.

## Viðauki C. Útdráttur úr tilraunum Bjarna Helgasonar (1970) með áburð á kartöflur

Helstu tilraunir, sem áður hafa verið gerðar með einstök áburðarefni á kartöflur, N, P og K, eru þær sem segir frá í grein Bjarna Helgasonar (1970). Tilraunirnar voru þáttatilraunir með þremur endurtekningum á Korpu og tveimur í Þykkvabæ. Á Korpu og 1965 í Þykkvabæ voru tilraunirnar 4×4×4 N×P×K þáttatilraunir með núllreit af hverju áburðarefni. Í Þykkvabæ voru þær 3×3×3 N×P×K þáttatilraunir án núllreita 1964 og 1967, en 1966 var einnig 0K-liður með 3×3 N×P. Vaxtarrými var 60×30 sm og 15 kartöflur í reit, nema í Þykkvabæ voru stærri reitir 1966 og 1967. Áburði var dreift ofan á (Bjarni Helgason 1979), en ekki kemur fram hvort hreykt var eða sett í flatt. Lýsing tilrauna verður að öðru leyti ekki rakin hér en vísað í greinina.

Í greininni kemur ekki fram mat á tilraunaskekkju og uppskera af reit er ekki umreiknuð á flatareiningu. Það er gert hér á eftir. Einnig er fundin tilraunnaskekkju og er hún gefin sem staðalskekkja mismunar tveggja meðaltala ( $s_{mm}$ ) og til þess eru farnar tvær leiðir. Í upphaflegri grein voru niðurstöður sýndar í tvívíðum N×P-töflum í öllum tilraunum. Nú var víxlverkun þátta, að slepptum reitum með 0 kg/ha af N eða P, reiknuð og notuð sem mat á skekkju, en frítölur eru aðeins 4. Til samanburðar var reiknuð skekkja eins og hún væri ef frávikshlutfallið (CV) væri 15% að slepptum öllum núllreitum. Þessi úrvinnsla var komin nokkuð á veg þegar fjallað var um tilraunirnar á Fræðþingi 2006 (Hólmgeir Björnsson 2006).

**C1. tafla. P í Þykkvabæ, 0N 1965 sleppt úr meðaltölum, skekkja mismunar reiknuð á tvennan hátt, sjá texta.**

1964		1965		1966		1967		Mt. 65-67
P kg/ha	t/ha	P kg/ha	t/ha	P kg/ha	t/ha	P kg/ha	t/ha	
		0	4,8					
87	2,3	66	9,0	87	16,6	66	13,6	13,06
131	2,5	109	9,3	131	16,0	109	14,1	13,16
175	2,3	153	11,1	175	17,2	153	16,4	15,14
<i>Meðalsvörun við P umfram 0P</i>			5,06					
<i><math>s_{mm}</math> reiknuð sem</i>								
<i>víxlverkun</i>		0,25	0,86	0,84		1,60		0,67
<i>CV=15%</i>		0,12	0,49	0,83		0,74		0,40

**C2. tafla. N í Þykkvabæ, 0P 1965 sleppt úr meðaltölum, skekkja sú sama og í C1. töflu.**

1964		1965		1966		1967		Mt. 65-67
N kg/ha	t/ha	N kg/ha	t/ha	N kg/ha	t/ha	N kg/ha	t/ha	
		0	2,6					
150	2,7	100	8,7	200	16,6	150	13,8	13,05
250	2,5	200	10,5	300	16,7	250	14,5	13,90
350	1,9	300	10,3	400	16,5	350	16,5	14,41
<i>Meðalsvörun við N umfram 0N</i>			7,25					

Tilraunaskekkja reiknuð eftir víxlverkun er nokkuð mikil í tilraunum í Þykkvabæ (C1. og C2. tafla), meiri en CV=15% sem er þó hátt hlutfall. Í tvívíðum töflum með meðaltölum skera einstök gildi sig mikið úr (sjá frumheimild). Mest sker sig úr liður með 153P og 350N árið 1967, 21,2 t/ha, meðaltal 6 reita (3 K-skammtar × 2 endurt.). Það er gagnstætt öllu sem þekkt er um áburðarsvörun að hæstu skammtar gefi mun meiri svörun en aðrir og því vart um annað ræða en að þetta sérstaka frávik sé vegna mikillar tilraunaskekkju. Hafa má í huga að í hverri endurtekningu af tilrauninni voru 27 reitir og því er veruleg hættá á ójöfnu landi innan endurtekningar. Svona stórar tilraunir þarf að skipuleggja með smábökkum þar sem einhver hluti víxlverkunar, venjulega víxlverkunar þriggja þátta, er samþættur

blokkamun (*confounded*). Í heild virðist hafa verið einhver uppskeruauki umfram lægstu skammta, sem þó voru háir, en hann er nokkuð óviss.

**C3. tafla. P á Korpu, 0N ekki í meðaltölum.**

	1964	1965	1966	Mt. 65-66
P kg/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
0	1,4	7,0	8,9	7,95
66	2,1	18,6	13,6	16,14
109	2,9	19,3	15,6	17,46
153	3,0	21,8	16,9	19,32
<i>P</i> -svörun ( $P>0$ ) – ( $P=0$ )	1,3	12,9	6,4	9,69
<i>s<sub>mm</sub></i> reiknuð sem				
víxlverkun	0,27	0,76	0,32	0,41
CV=15%	0,09	0,65	0,53	0,42

**C4. tafla. N á Korpu, 0P ekki í meðaltölum, skekkja sú sama og í C3. töflu.**

	1964	1965	1966	Mt. 65-66
N kg/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
0	1,8	14,5	9,9	12,2
100	3,2	20,3	15,0	17,7
200	2,4	19,0	15,3	17,1
300	2,4	20,4	15,8	18,1
<i>N</i> -svörun ( $N>0$ ) – ( $N=0$ )	0,9	5,4	5,5	5,45

Í tilraunum á Korpu (C3. og C4. tafla) er ekki um eins mikla N×P víxlverkun að ræða og í Þykkvabæ og skekkja því hóflegri, en skekkja á mismun liða er einnig lægri vegna fleiri endurtekninga. Þarna virðist nokkuð öruggur uppskeruauki fyrir meira en 66P og jafnvel 109P. Hins vegar ekki fyrir N umfram 100 kg/ha.

Á Korpu er áberandi mikið meiri uppskeruauki fyrir P en N og háir P-skammtar gefa uppskeruauka. Ýmsar tilraunir hafa síðar sýnt P-skort á Korpu. Í Þykkvabæ var e.t.v. fremur N-svörun, en svörun umfram lægstu P-skammta er nokkuð óregluleg og að meðaltali sú sama og svörun umfram 150N.

**C5. tafla. Kalí á Korpu. Í meðaltölum eru 0N og 0P með.**

K kg/ha	1964	1965	1966	Mt. 65-66
0	2,1	14,6	11,5	13,1
124	2,1	15,5	12,5	14,0
208	2,3	15,8	13,0	14,4
290	2,4	16,5	13,8	15,2
<i>Mt K</i>	2,29	15,96	13,12	14,54
<i>Meðalsvörun</i> ( $K>0$ ) – ( $K=0$ )	0,19	1,34	1,58	1,44
<i>s<sub>mm</sub></i>				
Víxlverkun	0,20	0,57	0,24	0,31
CV=15%	0,07	0,49	0,40	0,32

Skekkjan á mismun meðaltala eftir K-áburði (C5. tafla) er lægri en í C3. og C4. töflu vegna þess að fleiri tölur eru í meðaltali. Uppskeruauki virðist vera fyrir >124 K kg/ha.

## Viðauki D. Veggspjald á ráðunautafundi 2004



### Niturþörf kartafna

Hólmgeir Björnsson  
Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Keldnaholti, 112 Reykjavík

#### Inngangur

**Áburður á kartofur** eykur uppskeru, einkum söluhæfra kartafna.

Áburður, ekki síst N-áburður, hefur einnig áhrif á **efnasamsetningu** kartafna og þar með **gæði**.

Þörfin fyrir N-áburð fer eftir jarðvegi og er **breytileg milli ára**.

**Notkun N-áburðar undir þörfum** er óhagkvæm, sumarið er ekki fullnýtt til sprettu og áhrifin á gæði geta verið óáskilleg.

**Notkun N-áburðar umfram þarfir** er óhagkvæm, blaðvöxtur verður mikill, hún seinkar þroska, áhrifin á gæði eru talin neikvæð og eftirstöðvar nitrats menga loft og vatn.



Áburði er dreift í rás til hlóðar við útsæðis-kartöflumar sem hafa verið huldar mold



#### Lýsing tilraunar

Sumarið 2003 var gerð 3×3×3

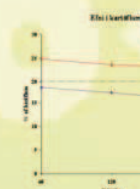
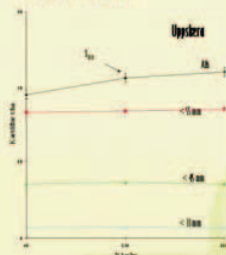
þáttatilraun með NPK-áburð á kartöflur á Korpu. Afbrigðið var Gullauga.

	N	P	K
Sumarið 2003 var gerð 3×3×3	60	32,5	70
þáttatilraun með NPK-áburð á kartöflur á Korpu. Afbrigðið var Gullauga.	120	65	140
	180	97,5	210

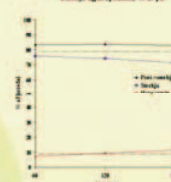
Meðaláburðurinn, 120N, 65P og 140K kg/ha, er eins og 1000

Ákæ mælinga á uppskeru og helstu eiginleikum þeirrar var fylgt með einkennum um N-ástand um sumarið, annars vegar með því að mæla nitrát í blaðvökva og hins vegar með lítamælingu á blóðum, en hún er mælikvarði á blaðgrænu. Sú mæling gaf ekki skýra niðurstöðu. Nitrát í kartöflum verður mælt.

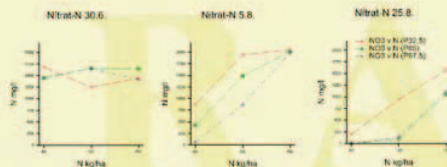
#### Niðurstöður



Stærja og þröppót, % af þó.



Hlutfall þurrefnis í kartöflum minnkar með auknum N-áburði. Sterkja minnkar enn meira, í sama mæli og hráprótein eykst. Uppskeyra af sterkju í kartöflum eykst ekki þótt uppskeyra kartafna aukist með N-áburði.



Mælingar á **nitrati** í blaðvökva sýndu skort við 60 kg N/ha í byrjun ágúst.

Undir lok vaxtartímans á nitrát að vera orðið lítið í jarðvegi. Hagkvæmasti N-áburður hefði sennilega verið rúmlega 120 kg/ha.

Víxlverkun N×P, sem kemur fram í mælingum á nitrati í blóðum, sýnir mikilvægi fosfórs í efnaskiptum.

#### Umfræður

Margs þarf að gæta til að áburður skili sem mestri hagkvæmni. Plantan þarf að taka upp nitrát fram eftir sumri meðan grös vaxa, en í lok sprettutímans á nitrát í jarðvegi að vera upp úrið. Sterkja má ekki verða mjög mikil í kartöflum vegna hættu á göllum í suðu. Þó er lítil hættu á því hér á landi, nema e.t.v. ef N-áburður er sparaður um of.

Mjög stórar kartöflur af Gullauga eru ekki góð markaðsvara.

#### Ályktanir

Til þess að hámarka nýtingu áburðar til uppskeru en komast samt hjá mengun er rétt að bera að vori á allan P- og K-áburð og nítur til að fullnægja lágmarksþörfum.

Þörf á að bæta við nitrí skal meta þegar kemur fram á sumar.

Þörf er á rannsóknar- og þróunarstarfi.