

# Redusert fosforgjødsling til eng - effekt på avling og fosforstatus i jord.

Rapport til Gjødslingshåndboka. Mars 2016

Kristin Daugstad og Tor Lunnan

NIBIO Løken

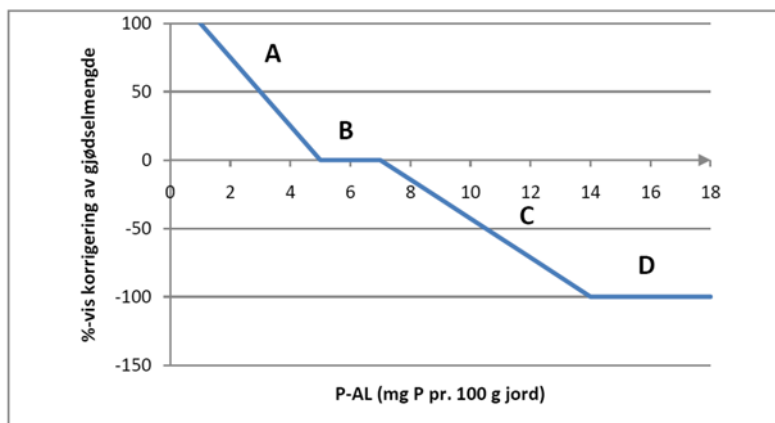
## Samandrag

Eng på jord med middels til høg fosforstatus gir store avlingar utan tilførsel av fosforgjødsel. Dette viser ein forsøksserie som gjekk over tre år frå 2006 til 2008 med felt i Fjordane, Trøndelag og Valdres. På felta med P-AL på 10-14 var avlinga på førsteslåttan 4 % lågare der det ikkje vart gjødsla med fosfor enn der det var gjødsla med 1,5 og 3 kg fosfor per dekar. Dette er ikkje stor nedgang, og det var ikkje effekt av gjødsling på seinare slåttar eller det viktigaste, på årsavlinga. På felt med P-AL 20 var det ingen avlingsutslag av fosforgjødsling. Det var elles stor variasjon på avling avhengig av året og feltstaden. Det blir mindre plantetilgjengeleg fosfor (P) i matjordlaget når gjødslinga blir redusert. I gjennomsnitt for alle felta var P-AL i dei øvste 10 cm av jorda etter tre år 12,4 mg P/100 g der det ikkje vart tilført fosfor, 13,7 der det var gjødsla med 1,5 kg P/daa og 15 der det var gjødsla med 3 kg P/daa.

## Bakgrunn

Problem med algeoppblomstring i vatn og vassdrag på 1980-talet sette fokus på næringsavrenning frå landbruket. Eit av tiltaka var å redusere mengde fosfor tilført med mineralgjødsel. I dei mest husdyrtette områda i landet har det derfor over lengre tid vore vanleg å bruke mineralgjødsel utan fosfor. Kraftfôr er ei viktig fosforkjelde, derfor vil ofte husdyrgjødsla dekke fosforbehovet til plantene og vel så det. Fosfor bitt seg sterkt i mineraljord og det vil dermed ta lang tid før innhaldet i jorda går ned. Fosforinnhaldet er derfor fortsatt høgt mange stader, noko som gir fare for tap ved erosjon.

I prosjektet 'Balansert næringsforsyning' vart fokuset på fosforgjødsling trappa opp i 2001. I første fase var aktiviteten retta inn mot fosforbehov hos planter og fosforverknad på jord med låg fosforstatus. Dette arbeidet resulterte i ei nedjustering av gjødslingsnormen for både korn (Kristoffersen m.fl. 2008), potet, grønsaker (Riley m.fl. 2011) og eng (Fystro 2007).



### Figur 1: Korrigering av fosforgjødsling utifrå fosforstatus i jorda

([www.bioforsk.no/gjodslingshandbok](http://www.bioforsk.no/gjodslingshandbok)).

Gjødslingsnormen for fosfor til eng vart i januar 2007 sett ned frå 2,1 til 1,6 kg P per dekar og år. Normen gjeld for ei eng med total tørrstoffavling på 470 kg per dekar på jord med middels P-AL (5-7). For forventta avling utover dette er det anbefalt å auke med 0,3 kg P for kvar 120 kg tørrstoff.

I 2008 vart det følgd opp med ei omfattande nedjustering av tilrådd fosforgjødsling på jord med middels og høg fosforstatus i jorda ([www.bioforsk.no/gjodslingshandbok](http://www.bioforsk.no/gjodslingshandbok)). Som figur 1 viser er det ved målt P-AL over 14 anbefalt å ikkje gjødsle med fosfor.

For å sjå på langtidsverknadene av endra fosfornorm på engavling og fosforstatus i jord vart det i 2006 starta opp ny aktivitet med fokus på jord med middels til høg fosforstatus. Denne rapporten viser resultat frå desse undersøkingane.

## Metode

Det vart etablert totalt ni felt i viktige engdyrkingsområde, tre i Sunnfjord og Nordfjord, tre i Trøndelag og tre i Valdres. Forsøksfelta vart lagt ut på eksisterande førsteårseng på Bioforsk-einingar og hos landbruksrådgjevinga. Kravet til enga var at den skulle ha tett og jamn bestand, med minst muleg ugras og med maksimalt 10 % belgvekstar, det vil seie grasdominert eng. Enga skulle elles vere på mineraljord og ha middels til høg fosforstatus målt som P-AL. Tabell 1 viser plassering og fosforstatus i jorda for felta.

Tabell 1: Feltstader og P-AL-verdi i øvre matjordlag (0-10 cm)

Felt nr	Feltstad	Feltvert	Målt P-AL våren 2006, øvste 10 cm	Gruppe
1	Løken	Bioforsk	13,4	Høg
2	Etnedal	Valdres forsøksring	21,8	Svært høg
3	Vang	Valdres forsøksring	19,4	Svært høg
4	Fureneset	Bioforsk	13,6	Høg
5	Utvik	Nordfjord forsøksring	21,7	Svært høg
6	Nordfjordeid	Nordfjord forsøksring	12,4	Høg
7	Kvithamar	Bioforsk	10,8	Høg
8	Snåsa	Trøndelag forsøksring	9,6	Høg
9	Haltdalen	Trøndelag landbruksrådg.	13,0	Høg

Forsøket vart lagt ut som eit randomisert blokkforsøk med tre gjødslingsnivå (ledd) og tre gjentak, totalt ni ruter. Gjødslingsnivåa er utan fosfor, 1,5 kg P og 3 kg P per dekar og år. Tabell 2 viser kva gjødselslag som vart brukt. For å sikre at det skulle bli tilnærma lik tilførsel av svovel for alle ledd vart det laga ei blanding med like delar kaliumsulfat og kaliumklorid. På dei stadene det var aktuelt med ein tredje slått vart det gjødsle med rein nitrogen-gjødsel. Dette gjeld Fureneset alle år og Kvithamar i 2007 og 2008.

Tabell 2: Forsøksplan, gjødselslag og gjødselmengder av nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) og svovel (S)

Ledd	Kg P/daa/år	Gjødselslag til 1. slått	Gjødselslag til 2. slått	Kg N-K-S /daa/år
1	Ingen	OPTI-NK <sup>1</sup> Kaliumblanding <sup>2</sup>	OPTI-NK Kaliumblanding	20 - 17 - 4,2
2	1,5	22-2-12 <sup>3</sup> Kaliumblanding	25-2-6 <sup>5</sup> Kaliumblanding	20 - 17 - 4,5
3	3	18-3-15 <sup>4</sup>	18-3-15	20 - 17 - 4,4

<sup>1</sup>OPTI-NK™ 22-0-11

<sup>2</sup>Kaliumsulfat (41 % K og 18 % S) + kaliumklorid (49 % K)

<sup>3</sup>Fullgjødse<sup>l</sup>® 22-2-12

<sup>4</sup>Fullgjødse<sup>l</sup>® 18-3-15

<sup>5</sup>Fullgjødse<sup>l</sup>® 25-2-6

Det vart tatt rutevise jordprøver ved oppstart våren 2006 og ved avslutning hausten 2008. Hausten 2006 og 2007 vart det tatt leddvise jordprøver. Alle jordprøvene er tatt i to djup: ned til 10 cm og frå 10 til 20 cm. Jordprøvene vart analysert hos Bioforsk Lab i 2006, Analycen i 2007 og Eurofins i 2008.

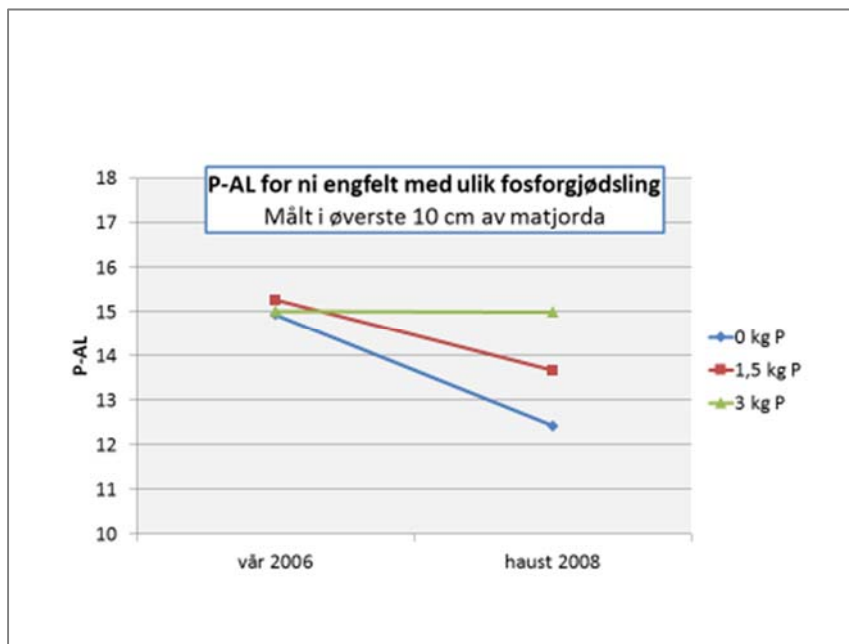
Me registrerte overvintring, avling og botanisk samansetjing i tre engår. Førkvaliteten vart undersøkt ved NIRS-metoden ved Bioforsk Løken. I tillegg vart fosforinnhaldet i avlinga analysert kjemisk på eit utval prøver av Analycen og Eurofins. Resultat frå førkvalitetsmålingane er ikkje presenterte her.

Minitab (Anova-GLM) er brukt på den statistiske analysa.

## Resultat

### Fosforstatus i jord

Felta vart plasserte på skifte der det tidlegare var målt middels til høg fosforstatus i jorda. Våren 2006 og hausten 2008 (ved oppstart og avslutning) tok me rutevise jordprøver. Analysen viser effekt av gjødslingsnivå på P-AL i dei øvste 10 cm hausten 2008 ( $p=0,001$ ).

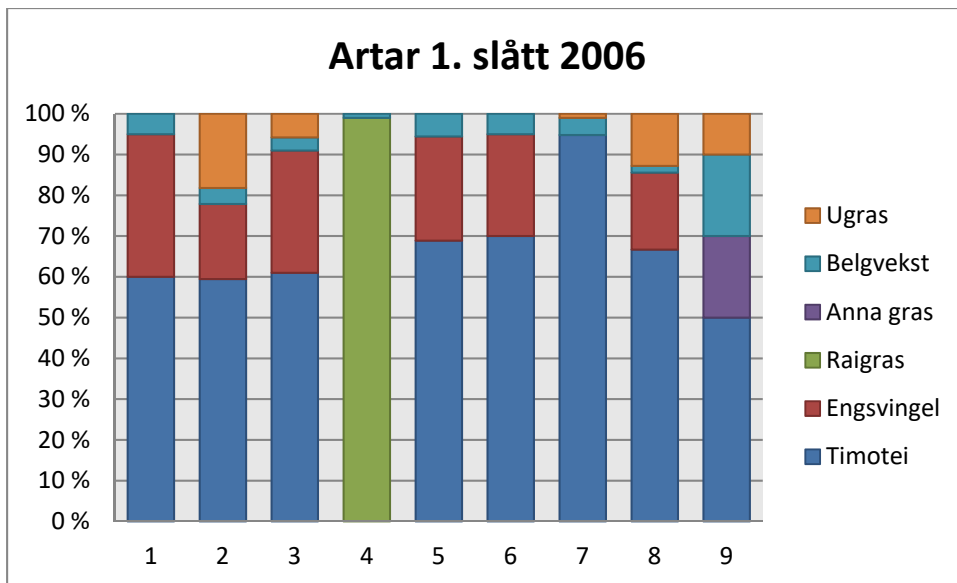


Figur 2: Gjennomsnittlig P-AL- nivå for ni felt med tre gjødslingsnivå av fosfor, målt ved oppstart våren 2006 og ved avslutning hausten 2008.

Figur 2 viser at etter tre år med ulik gjødsling har det ugjødsla leddet P-AL på 12,4, leddet som har fått 1,5 kg P per dekar og år har P-AL på 13,7 og leddet med 3 kg P per dekar og år har P-AL 15. P-AL vart også målt på 10-20 cm djup. Der var det ikkje signifikant effekt av gjødslingsnivå.

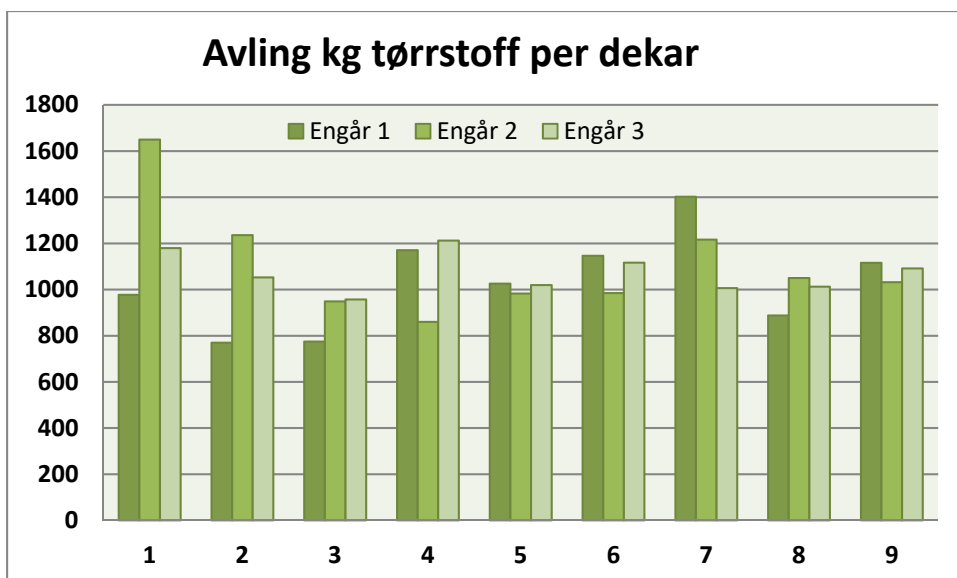
### Tørrstoffavling og botanisk samansetjing

Den botaniske samansetjinga er vist i figur 3. Det var ulike artar og mengdeforhold mellom artane på felta. Felt 4 Fureneset hadde ei tilnærma rein raigraseng, medan dei åtte andre felta bestod av mest timotei og som oftast noko engsvingel. Felt 9 Haltdalen hadde også ein stor del «anna gras», som i dette tilfellet var bladfaks. Innhaldet av belgvekstar varierte ein del, der felt 9 Haltdalen hadde 20 %. Felt 2 Etnedal hadde vel 18 % med ugras (høymole). Det var også felt som etter kvart fekk stort innslag av kveke, som felt 6 Nordfjordeid.



Figur 3: Botanisk samansetjing visuelt observert juni 2006 på 9 ulike stader. 1= Løken, 2=Etnedal, 3=Vang, 4=Fureneset, 5=Utvik, 6= Nordfjordeid, 7= Kvithamar, 8= Snåsa, 9= Haltdalen.

Det var store forskjellar på avlingsnivå mellom feltstadene og mellom åra (Figur 4). Det er ikkje uvanleg at avlinga varierer mellom ulike stader og mellom ulike år, både innan og i mellom dei tre regionane. Dette kjem av stor ulikheit i klima, vekstforhold og drift.



Figur 4: Total tørrstoffavling per dekar og år, for ni felt i tre år. 1= Løken, 2=Etnedal, 3=Vang, 4=Fureneset, 5=Utvik, 6= Nordfjordeid, 7= Kvithamar, 8= Snåsa, 9= Haltdalen.

Feltet på Kvithamar hadde størst avling av alle første engår (2006). Dette året var det varmt i juli og august, og med om lag halvparten så lite nedbør som normalt. Felta i Valdres hadde relativt låg avling første engår (2006) som var ein tørr og varm sommar. Nedbøren i juni var berre ein tredel av gjennomsnittet etter 1990.

Andre engår (2007) gav rekordavling på Løken og også bra avling på dei andre felta i Valdres. Dette var eit år der juni var varmare enn gjennomsnittet. I tillegg kom det 90 % meir nedbør i juli enn normalt, noko som gav ein stor andreslått.

Tabell 3: Tørrstoffavling (kg per dekar) for tre gjødslingsnivå og ni felt, middel over tre engår. Vist for kvart felt og som middel av ni felt. Statistisk signifikans er vist med stjerner: \*\*\*  $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ .

Feltnr		1.slått	2.slått	3.slått	Sumavling
<b>1 Løken</b>	0 kg P	624	666		1290
	1,5 kg P	649	588		1237
	3 kg P	665	615		1279
<b>2 Etnedal</b>	0 kg P	566	463		1028
	1,5 kg P	526	457		984
	3 kg P	567	479		1046
<b>3 Vang</b>	0 kg P	548	365		913
	1,5 kg P	537	329		866
	3 kg P	551	351		901
<b>4 Fureneset</b>	0 kg P	511	302	248	1061
	1,5 kg P	551	312	231	1094
	3 kg P	545	315	228	1088
<b>5 Utvik</b>	0 kg P	628	403		1031
	1,5 kg P	625	386		1011
	3 kg P	592	395		986
<b>6 Nordfjordeid</b>	0 kg P	633	447		1080
	1,5 kg P	662	411		1072
	3 kg P	662	433		1095
<b>7 Kvithamar</b>	0 kg P	608	421	226	1180
	1,5 kg P	636	429	241	1226
	3 kg P	629	433	235	1219
<b>8 Snåsa</b>	0 kg P	478	503		981
	1,5 kg P	476	485		961
	3 kg P	491	518		1009
<b>9 Haltdalen</b>	0 kg P	643	437		1080
	1,5 kg P	656	442		1097
	3 kg P	636	427		1063
<b>Middel alle felt</b>	0 kg P	<b>582</b>	<b>445</b>	<b>239</b>	<b>1072</b>
	1,5 kg P	<b>591</b>	<b>426</b>	<b>235</b>	<b>1061</b>
	3 kg P	<b>593</b>	<b>440</b>	<b>231</b>	<b>1076</b>
<b>Analyse alle felt</b>	Middelfeil gjødsling	5,8	7,2		10,1
	gjødsling	-	-		-
	feltstad	*	***		***
	gjødsling x feltstad	-	-		-
	engår	-	**		***
	engår x gjødsling	-	-		-
	engår x feltstad	***	***		***

Gjennomsnittleg tørrstoffavling over tre engår for alle ni felta er vist i tabell 3. I middel over alle felt fekk ein minst avling utan fosforgjødsel på førsteslåttan og med 1,5 kg P per dekar på andreslåttan. Men analysa viste ingen statistisk sikre forskjellar grunna gjødsling når me analyserte alle ni felta i saman (sjå tabell 3), og heller ikkje når me analyserte enkeltår eller enkeltfelt (analyseresultat ikkje vist her). Unntaket er tredje engår på felt 1 Løken der førsteslåttan hadde signifikant høgare avling for ledd 3 enn for ledd 1 og 2 ( $p=0,013$ ). Analysa for enkeltfelt viste elles at det var effekt på avling forklart av engår, stort sett for alle slåttar og også sumavling per år. Unntaket er felt nr 5 Utvik som hadde jamne årsavlingar og felt nr 9 Haltdalen som hadde både årsavling og slåttar som var rimeleg like åra i mellom. Dette kan me også sjå av figur 4.

### Gruppering av felta etter fosforstatus i jord

Plasseringa av dei ni felta vart gjort utifrå tidlegare målte P-AL-verdiar på skiftet. Då ein analyserte jordprøver på nytt våren 2006 såg ein at tre av felta hadde ein god del høgare fosforverdiar enn dei andre. Tabell 1 viser at felt 2 Etnedal, felt 3 Vang og felt 5 Utvik hadde P-AL-verdiar på omlag 20. Dei andre seks felta hadde P-AL på mellom 10 og 14. Det er derfor valt å gruppere felta i ei «svært høg P-AL» gruppe, og ei «høg P-AL» gruppe i den vidare analysa.

Tabell 4: Middel av tørrstoffavling (kg per dekar) for tre gjødslingsnivå på ni felt gruppert med seks felt med målt P-AL frå 10 til 14 og tre felt med målt P-AL på om lag 20. Signifikansnivå vist med stjerner: \*\*\*  $p<0,001$ , \*\*  $p<0,01$ , \*  $p<0,05$ .

<b>Gjødslingsnivå</b>	<b>6 felt: P-AL 10-14</b>			<b>3 felt: P-AL 20</b>		
	1.slått	2.slått	Sum	1.slått	2.slått	Sum
0 kg P	<b>583</b>	<b>463</b>	<b>1112</b>	<b>581</b>	<b>410</b>	<b>991</b>
1,5 kg P	<b>605</b>	<b>444</b>	<b>1115</b>	<b>563</b>	<b>391</b>	<b>954</b>
3 kg P	<b>605</b>	<b>457</b>	<b>1125</b>	<b>570</b>	<b>408</b>	<b>978</b>
<b>Analyse</b>						
Middelfeil gjødsling	5,2	8,6	9,6	13,9	13,3	23,6
gjødsling	**	-	-	-	-	-
feltstad	***	***	***	-	**	-
gjødsling x feltstad	-	-	-	-	-	-
engår	***	**	-	***	***	***
engår x gjødsling	-	-	-	-	-	-
engår x feltstad	***	***	***	***	***	***

Analysen av dei tre «svært høg P-AL» felta viste ingen signifikant forskjell på avlinga som kan forklarast ved ulikt gjødslingsnivå, verken for 1. eller 2. slåttan. Forklaringa på dette kan vere det høge innhaldet av fosfor i jorda, men også fordi det var få felt og stor tilfeldig feil i felta. Resultat av analysa er vist i tabell 4.

Analysen av dei seks «høg P-AL» felta viste signifikant forskjell på avlinga for førsteslåttan som kan forklarast med ulikt gjødslingsnivå ( $p=0,007$ ). Ledd 1 utan fosforgjødsel hadde om lag 4 % lågare avling enn ledd 2 og 3. For andre (og tredje) slått var det ikkje utslag på avling med ulik fosforgjødsling (tabell 4).

## Diskusjon

I eldre forsøk med fosforgjødsling til eng vart superfosfat brukt som fosforkjelde. Det er derfor vanskeleg å skilje effekten av tilført fosfor og svovel i desse forsøka, spesielt der jorda i utgangspunktet hadde låg næringsstatus. Forsøksserien til Lunnan og Haugen (1993) viste at det er små avlingsutslag med tilførsel av fosfor på jord med høg fosforstatus (P-AL meir enn 10). På jord med låg fosforstatus vart det store avlingsutslag, men her er det altså usikkert om det er vel så mykje svovel som fosfor som er årsaka. Nesheim m.fl. (2005) unngjekk bruk av superfosfat på tre feltforsøk på jord med låg fosforstatus (P-AL 2,2 - 4,8). Auke i fosforgjødslinga frå 0 til 5 kg/daa gav uventa små utslag på avlinga i dei to engåra forsøket gjekk. Sjå forøvrig Fystro m.fl. (2012) for oversikt over forsøksseriar med fosforgjødsling i Norge.

Den påviste avlingsnedgangen i denne forsøksserien når ein ikkje gjødsler med P er liten. Det var berre på førsteslåtten det var ein liten, men statistisk signifikant avlingsnedgang på seks felt med P-AL 10-14, medan det for årsavlinga totalt ikkje var sikker forskjell mellom forsøksledda. Det er derfor liten fare å bruke mineralgjødning utan fosfor ved god P-status i jorda. Sidan avlingsnedgangen kom på førsteslåtten, kan det tyde på at fosfortilgangen er viktigast om våren. Seinare i sesongen kan sannsynlegvis enga få nok fosfor gjennom mineralisering av organisk materiale og grasrøtene sin evne til å ta opp fosfor.

At gjødsling gir større utslag på avlinga først i sesongen, kan henge saman med kor tilgjengeleg fosfor er ved låge temperaturar. Temperatur verkar både på diffusjonshastigheita av fosfor i jordvæska, på kor fort røtene klarer ta opp fosfor og ikkje minst på veksten, inkludert rotveksten, til plantene. Dersom planteveksten blir hemma av til dømes ein kald vår og forsommar, kan lite tilgjengeleg fosfor få ein effekt på veksten. Tilgjengelegheit av fosfor om våren er forøvrig eit av fleire område der det ifølge Fystro m.fl. (2012) manglar kunnskap.

Ein kunne vente at fråvær av gjødsling over fleire år vil forsterke avlingsnedgangen. Våre resultat støttar ikkje dette, til det varte forsøket for kort tid. Her er det mest sannsynleg miljøforholda dei enkelte åra som har mest å seie for plantene sin evne til å ta opp fosfor. Noko liknande er funne i fleirårig forsøk i korn. Hoel m.fl. (2005) antok at det ville bli stadig større forskjell i avlingsmengd og kvalitet mellom ledd som vart gjødsla og ledd som ikkje vart gjødsla. Det viste seg at i år med store avlingar grunna gunstige veksttilhøve var det liten verknad av gjødslingsnivå. Derimot i år med dårlegare veksttilhøve fekk ein større utslag for gjødslingsnivå.

På andreslåtten er det ein tendens til lågast avling på leddet som fekk 1,5 kg P per dekar, medan både null-leddet og leddet med 3 kg P per dekar fekk høgare avling. Dette gjeld både for analysa av alle ni felta og når ein deler opp i høgt (seks felt) og svært høgt P-AL nivå (tre felt). Denne tendensen er vanskeleg å forklare, og me antar det er eit utslag av tilfeldig feil.

Utifrå denne forsøksserien kan ein med rimeleg stor sikkerheit seie at å gjødsle eng på jord med P-AL på over 10 utover 1,5 kg fosfor per dekar ikkje gir utslag på avlinga, verken på



første-, andre- eller tredjeslått. 1,5 kg P per dekar får ein til dømes ved å tilføre tre tonn storfegjødsel per dekar. Det er først når ein kuttar heilt ut å gjødsle med fosfor at ein kan få ein liten, i dette tilfellet 4 %, nedgang i avlinga på førsteslått. Dei nye tilrådingane for fosforgjødsling med utgangspunkt i P-AL som vart gjort i 2008, der ein ved P-AL 14 og høgare heilt kuttar ut fosfor ser også rimeleg ut. Det aller meste av engarealet i Norge blir tilført husdyrgjødsel i større eller mindre mengder. I praksis er det derfor svært lite eng som ikkje får tilført fosfor, sjølv om P-AL-verdiane skulle tilseie det.

## Litteratur

Fystro, G., Kristoffersen, A.Ø., Krogstad, T., Løes, A-K., Lunnan, T. 2012. Differensiert fosforgjødsling – betydning for avling og miljø. Bioforsk Rapport 7 (165). 63 s.

Fystro, G. 2007. Fosforgjødsling til eng – behov for endring. Plantemøtet Vest 2007. Bioforsk FOKUS 2(7):40-42.

Hoel, B., Kristoffersen, A.Ø., Bakkegard, M. & Tandsæther, H. 2005. Flerårig forsøk med fosfor- og kaliumgjødsling til vårkorn. Jord- og Plantekultur 2005. Grøn kunnskap 9(1):116-128.

Kristoffersen, A.Ø., Hoel, B., Krogstad, T. & Øgaard, A.F. 2008. Reduserte fosfornormer til korn. Bioforsk FOKUS 3(1):50-51.

Lunnan T. & Haugen L.E. 1993. Kalk, fosfor og nitrogen til eng i fjell- og dalbygdene på Austlandet. Norsk Landbruksforskning 7:57-64. ISSN 0801-5333.

Nesheim L., Fystro G., Harbo O. 2005. Respons på fosfor til eng på fosforfattig jord. Plantemøtet Østlandet 2005. Grøn kunnskap 9 (2): 467-473.

Riley, H., Stubhaug, E., Kristoffersen, A.Ø., Krogstad, T., Guren, G. & Tajet, T. 2012. P-gjødsling til grønnsaker. Evaluering og nye anbefalinger. Bioforsk Rapport 7(68): 44 s.