

Fosforgjødsling til vårkorn

Annbjørg Øverli Kristoffersen
Bioforsk Øst Apelsvoll
annbjorg.kristoffersen@bioforsk.no

I 2007 ble det innført ny fosfornorm til korn og i 2008 ble korreksjonslinja for justering av gjødselmengde ut fra P-AL endret. Den nye normen bygger på prinsippet om balansegjødsling. Målet med en slik praksis er at fjernet fosfor i avling skal tilsvare tilført fosfor i gjødsel, før det gjøres korreksjoner ut fra jordstatus.

Korreksjonene skal bidra til at P-AL over tid reguleres mot P-AL 5-7. Det er ønskelig med et moderat fosfornivå i jorda. Siden fosfor er en hovedutfordring når det gjelder eutrofiering i ferskvann, er tiltak som kan redusere risikoen for tap fra landbruksarealer viktig.

I 2006 ble en flerårig forsøksserie startet for å skaffe mer kunnskap om fosforbehovet til korn, og for å se på utviklingen av P-AL i jorda over tid. Resultatene fra disse forsøkene er aktuelle i forhold til å evaluere endringene.

Gjennomføringen av forsøkene har skjedd i samarbeid med enheter innen Norsk Landbruksrådgiving. Undersøkelsen ble delfinansiert av Statens landbruksforvaltning og Yara Norge.

Materiale og metoder

I 2006 ble det startet opp fem felt, og i 2008 ble serien supplert med ytterligere to felt (tabell 1). Da forsøkene startet, ble det tatt ut jordprøver på samtlige ruter for å kartlegge variasjonen i jorda ved start. Deretter ble det tatt ut prøver hver vår for å se på eventuelle endringer i P-AL-verdier over tid. Det ble også utført rutevise analyser av totalfosfor i kornet.

Tabell 1. Oversikt over feltenes lokalisering, jordart, samt middelverdi for pH, P-AL og K-AL (mg pr/100 g tørr jord) ved anlegg av feltene våren 2006 og 2008

Feltnr.	Sted	Anlagt	Jordart	pH	P-AL	K-AL
1	Østfold 1	2006	Siltig mellomleire	6,3	17,5	25
2	Romerike 1	2006	Siltig mellomleire	6,2	6,9	28
3	Romerike 2	2006	Silt	6,1	10,9	12
4	Ringsaker	2006	Lettleire	6,0	6,8	9
5	Solør	2006	Sandig silt	6,2	6,8	17
6	Østfold 2	2008	Lettleire	6,6	4,7	15
7	Vestfold	2008	Siltig lettleire	5,7	13,5	18

Alle forsøkene har blitt anlagt med forsøkskombisåmaskin, som både sår og gjødsler i samme operasjon. Forsøksdesignet er blokkforsøk med 9 behandlinger og 3 gjentak. Forsøksleddene har stigende mengde fosfor, gitt som Fullgjødsel[®] fra null til 2,5 kg P pr. daa (tabell 2). Fosforet radgjødsles mellom annen hver sårad og noe dypere enn såkornet. I tillegg er det med to ledd (3 og 5) hvor fosforet har blitt gitt som startgjødsel i OPTI START[™] NP 12-23-0, med mengdene 0,5 og 1 kg P pr. daa, samt et ledd hvor ½ -parten av fosforet har blitt gitt som startgjødsel og ½ -parten radgjødslet (ledd 7).

Alle leddene har blitt tilført lik N-mengde (11 kg N/daa), videre tilnærmet lik mengde K (~ 5,5 kg K/daa) og S (~ 1,5 kg S/daa). For å balansere forsøket, er det brukt OPTI-NK[™] 22-0-11, kaliumklorid 0-0-49 og Axan 27-0-0.

Tabell 2. Forsøksplan for flerårig forsøk med ulik fosforgjødsling til vårkorn

Ledd	Gjødsel-plassering	Gjødseltype	P, kg/daa
1		OPTI-NK	0
2	Radgjødslet	25-2-6 + OPTI-NK + kaliumklorid	0,5
3	Start	OPTI START + OPTI-NK	0,5
4	Radgjødslet	21-4-10 + OPTI-NK	1,0
5	Start	OPTI START + OPTI-NK	1,0
6	Radgjødslet	21-4-10 + OPTI-NK	1,5
7	Radgj. + start	25-2-6 + OPTI START + kaliumklorid	1,5
8	Radgjødslet	17-5-13 + Axan	2,0
9	Radgjødslet	17-5-13 + Axan	2,5

Det er registrert avling, vannprosent ved høsting, hlvekt, og proteininnhold rutevis.

Resultatene fra 2006 og 2007 er presentert i Jord- og Plantekultur 2008. Her presenteres resultatene fra 2008. Forsøksserien ble også gjennomført i 2009, men planteanalyser fra dette året er ikke ferdig analysert. Videre blir det våren 2010 tatt ut jordprøver for å følge utviklingen i P-AL. Resultatene fra 2009 er derfor ikke med i denne sammenstillingen.

Resultater

P-AL 5-7

Feltene er gruppert etter P-AL-nivået ved oppstart. Fire av feltene (felt 2, 4, 5 og 6) hadde P-AL mellom 5 og 7. I gjennomsnitt lå avlingen på 501 kg pr. daa for feltene med disse (tabell 3). Det var signifikant avlingsøkning for fosforgjødsling sammenlignet med leddet som ikke ble gjødslet med fosfor. Avlingen steg gradvis opp til høyeste fosformengde. Leddene 2 og 3, 4 og 5, 6 og 7 har parvis fått like mye fosfor, men enten gitt som dypgjødsel eller som startgjødsel. Det var ingen avlingsforskjeller mellom leddene innen samme par, det vil si at plasseringen av fosforgjødsling ikke påvirket avlingsnivået.

Vannprosenten ved høsting har gått ned med økende fosforgjødsling. Det er også kjent fra tidligere forsøk at fosfor gir tidligere modning. Hektolitervekt og proteininnhold ble lite påvirket av fosforgjødslinga.

Fosforkonsentrasjonen i kornet var i gjennomsnitt på 0,44 % av tørrstoffet. Det var små forskjeller mellom leddene (tabell 4). Avlingen fjernet dermed i gjennomsnitt 1,8 kg P pr. daa. Det ble antatt en korn/halmfordeling på 60/40. Fosforkonsentrasjonen i halmen ble ikke målt, men har i tidligere forsøk vist liten variasjon og har vært på rundt 0,1 % P av tørrstoffet. Basert på disse forutsetningene fjerner halmen 0,3 kg P pr. daa. Balanseberegningene (tilført - fjernet) viser en negativ balanse opp til 2 kg P pr. daa (ledd 8). Ved gjødsling med 2,5 kg P pr. daa er det tilført litt mer enn hva som ble fjernet med halmen og kornet.

Da ny fosfornorm til korn ble bestemt, ble det valgt en konsentrasjonsverdi på 0,4 % P i tørrstoffet. Denne konsentrasjonen er noe lavere enn gjennomsnittet for feltene i 2008, men baserer seg på et mye større utvalg. I følge normen fjerner 500 kg korn med 15 % vann 1,75 kg P. Fjernes halmen, anbefales det å øke fosformengden med 0,3 kg P pr. daa, det vil si at det totalt bør gjødsles med 2,05 kg P pr. daa. Dette gjelder i P-AL-intervallet

Tabell 3. Avling og kvalitet ved ulike P-gjødsling. Sammendrag for 4 felt i 2008. Alle lokalitetene hadde P-AL 5-7 ved oppstart

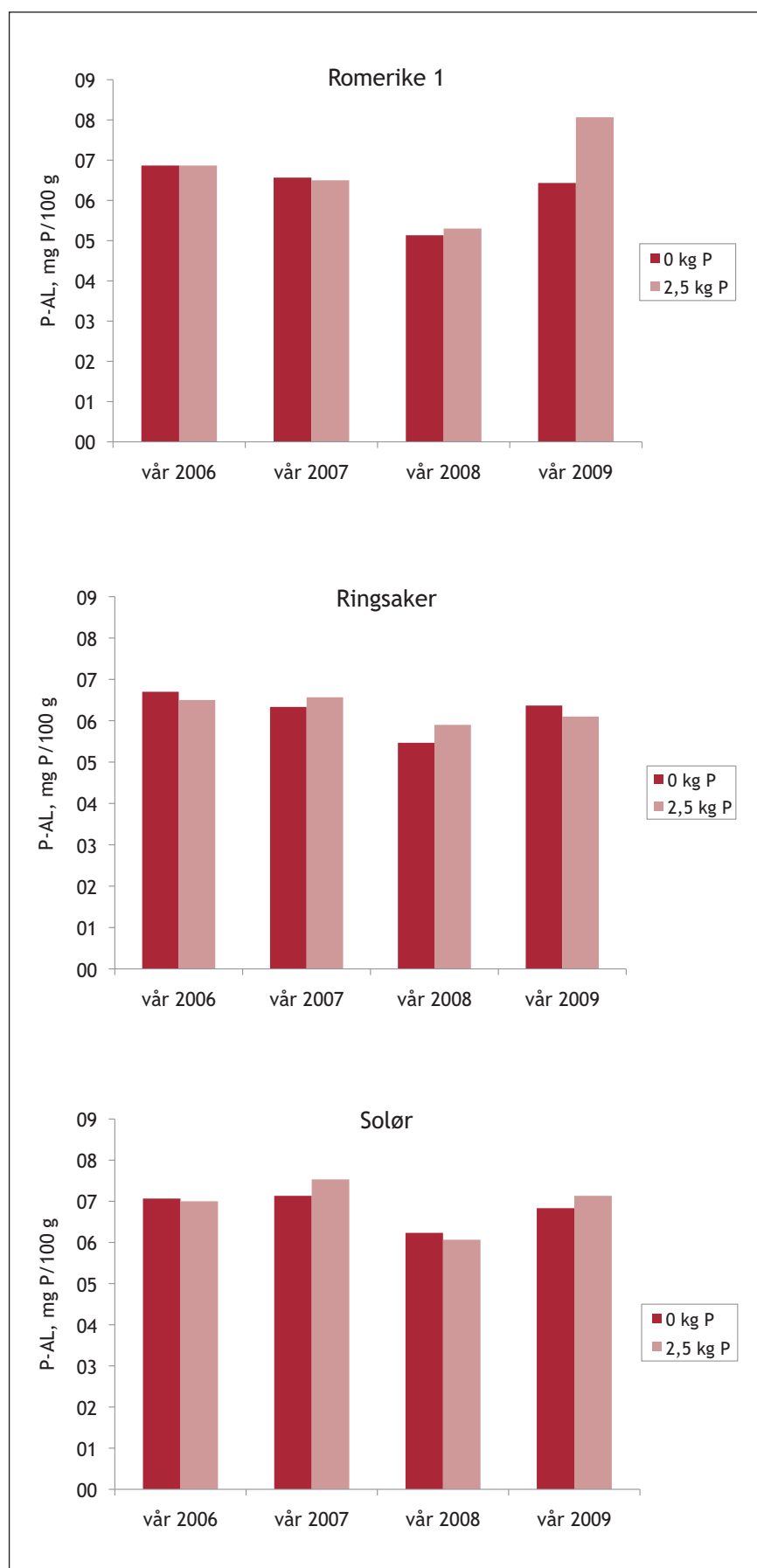
Behandling	Gjødsel-plassering	P kg pr. daa	kg korn v/15 % vann	Rel. avling	Vann % v/høsting	HI-vekt	Protein
1		0,0	477	100	22,7	75,7	12,5
2	Radgjødslet	0,5	503	105	22,7	75,5	12,8
3	Start	0,5	495	104	22,5	76,0	12,5
4	Radgjødslet	1,0	494	104	22,2	76,2	12,5
5	Start	1,0	496	104	22,1	75,9	12,6
6	Radgjødslet	1,5	502	105	22,2	75,9	12,6
7	Radgj. + start	1,5	508	107	21,8	76,2	12,5
8	Radgjødslet	2,0	515	108	21,9	75,9	12,3
9	Radgjødslet	2,5	518	109	21,8	75,9	12,3
P %			1,6		9	i.s.	i.s.
LSD 5 %			18				

Tabell 4. P-konsentrasjon i kornet, P-balanse og P-AL. Sammendrag for fire felt i 2008. Alle lokalitetene hadde P-AL 5-7 ved oppstart

Behandling	Gjødsel-plassering	P kg pr. daa	P% i korn ¹	Balanse ²	P-AL
1		0,0	0,44	-2,1	6,3
2	Radgjødslet	0,5	0,45	-1,7	6,5
3	Start	0,5	0,44	-1,7	6,4
4	Radgjødslet	1,0	0,44	-1,2	6,6
5	Start	1,0	0,43	-1,1	6,4
6	Radgjødslet	1,5	0,43	-0,7	6,5
7	Radgj. + start	1,5	0,44	-0,7	6,3
8	Radgjødslet	2,0	0,43	-0,2	7,0
9	Radgjødslet	2,5	0,43	0,3	6,8
P %			12		5,0
LSD 5 %					0,6

¹⁾ i tørrstoffet

²⁾ Balanse = tilført P i gjødsel – fjernet P i korn og halm



Figur 1. Årlig P-AL-nivå på leddet uten P-gjødsling og leddet med høyeste gjødselmengde for feltene 2, 4 og 5.

5-7. I forsøket oppnådde vi balanse gjødsling mellom 2 og 2,5 kg P pr. daa for feltene med P-AL-verdier mellom 5 og 7. Det vil si at det er godt samsvar mellom den nye normen og resultatene fra feltforsøkene.

Jordprøveresultatene viser at det har vært små endringer i P-AL-verdiene mellom leddene. Dette er etter tre år med forsøk for felt 2, 4 og 5, og etter et år for felt 6. Leddet som ikke har fått noe fosforgjødsel har en gjennomsnittsverdi på 6,3 mg P/100 g jord, mens verdien er på 6,8 mg P/100 g jord for leddet som ble gjødslet med 2,5 kg P pr. daa.

Figur 1 viser P-AL-verdiene for feltene 2, 4 og 5 det enkelte år på leddet som ikke har fått fosfor (ledd 1) og det med høyest gjødselmengde (ledd 9). Det er generelt liten forskjell mellom disse to leddene. Det er kun på feltet på Romerike, våren 2009, at det er en signifikant forskjell i P-AL-verdien ($P\% = 5$). Her ligger P-AL på leddet som ble gjødslet med 2,5 kg P pr. daa ca. 1,5 enhet over leddet som ikke fikk tilført fosfor. Dette feltet er plassert på en siltig mellomleire på Romerike. Våren 2010 blir det tatt ut nye jordprøver som vil fange opp eventuelle endringer etter vekstsesongen 2009. Det blir interessant å se om forskjellene har blitt tydeligere.

P-AL over 10

Tabell 5 viser resultatene for tre felt med P-AL over 10 (felt 1, 3 og 7). I 2008 var det signifikant avlingsøkning for fosforgjødsling også på disse feltene. Det er meravling for både 1,5 og 2,5 kg P pr. daa i forhold til ingen fosforgjødsling. Ved laveste fosformengde, 0,5 kg P pr. daa, har startgjødsling gitt høyere avling sammenlignet med lik mengde fosfor dypgjødslet. Ved sterkere gjødsling har plassering ikke hatt noen betydning.

Resultatene er gjennomsnitt av tre felt. Det er særlig felt 3, ei siltjord på Romerike med P-AL 11, som har bidratt til gjødslingsresponsen. Feltet i Østfold (P-AL 18) og feltet i Vestfold (P-AL 14) hadde ikke sikre utslag for fosforgjødsling (data ikke vist).

Når P-AL-nivået i jorda er over 14, anbefales det ved ny norm å droppe fosforgjødsling. Jorda skal bidra med nok fosfor til å dekke plantenes behov. For at plantene skal kunne nyttiggjøre seg dette fosforet, er det viktig med god rotvekst. Riktig jordstruktur og tilstrekkelig drenering er faktorer som fremmer rotveksten og legger til rette for et effektivt næringsopptak.

Tabell 5. Avling og kvalitet ved ulik P-gjødsling. Sammendrag for 3 felt i 2008. Alle lokalitetene hadde P-AL over 10 ved oppstart

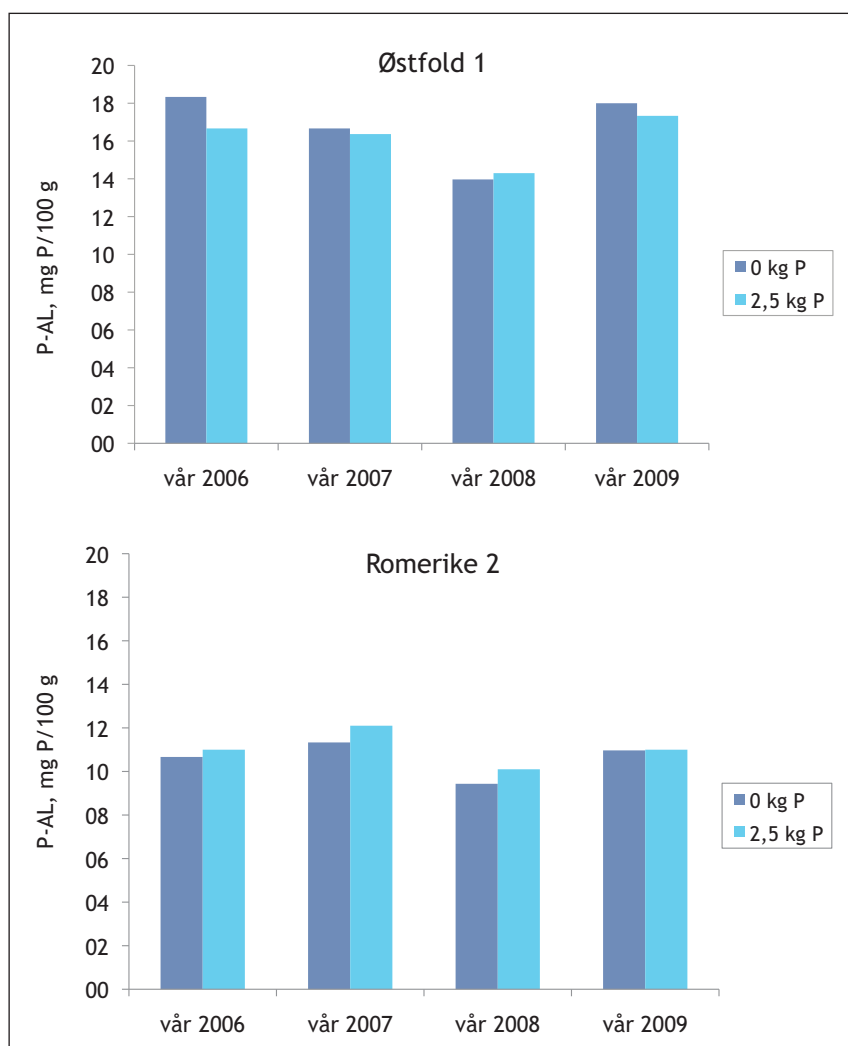
Ledd	Gjødsel-plassering	P kg pr. daa	kg korn v/15 % vann	Rel. avling	Vann% v/høsting	HL-vekt	Protein
1		0,0	544	100	19,9	75,9	11,5
2	Radgjødslet	0,5	539	99	19,8	75,8	11,6
3	Start	0,5	559	103	19,7	76,1	11,8
4	Radgjødslet	1,0	554	102	19,7	75,8	11,5
5	Start	1,0	551	101	19,7	75,2	11,3
6	Radgjødslet	1,5	576	106	19,7	76,1	11,5
7	Radgj. + start	1,5	576	106	19,7	76,0	11,5
8	Radgjødslet	2,0	557	102	19,8	75,8	11,4
9	Radgjødslet	2,5	581	107	19,6	75,9	11,7
P %			0,5		i.s.	i.s.	i.s.
LSD 5 %			21				

Tabell 6. P-konsentrasjon i kornet, P-balanse og P-AL. Sammendrag for tre felt i 2008. Alle lokalitetene hadde P-AL over 10 ved oppstart

Behandling	Gjødsel-plassering	P kg pr. daa	P % i korn ¹	Balanse ²	P-AL
1		0,0	0,42	-2,3	14,9
2	Radgjødslet	0,5	0,43	-1,9	14,1
3	Start	0,5	0,42	-1,9	14,9
4	Radgjødslet	1,0	0,43	-1,4	14,6
5	Start	1,0	0,42	-1,4	14,2
6	Radgjødslet	1,5	0,43	-1,0	15,0
7	Radgj. + start	1,5	0,42	-0,9	14,7
8	Radgjødslet	2,0	0,42	-0,4	14,9
9	Radgjødslet	2,5	0,43	0,0	14,6
P %			16		i.s.

¹) i tørrstoffet

²) Balanse = tilført P i gjødsel - fjernet P i korn og halm



Figur 2. Årlig P-AL-nivå på leddet uten P-gjødsling og leddet med høyeste gjødselmengde for feltene en og tre.

Det var ingen sikre forskjeller mellom gjødslingsnivåene med hensyn til vannprosent i kornet ved høsting, hektolitervekt eller proteininnhold.

Fosforkonsentrasjonen i kornet var i gjennomsnitt for de tre feltene på 0,42 %, og det var marginale forskjeller mellom leddene (tabell 6). Balanseberegningene viser negativ balanse opp til 2 kg P pr. daa, likt som feltene med lavere P-AL. Ved gjødsling med 2,5 kg P pr. daa er det tilført like mye fosfor som fjernet med avling.

Den gjennomsnittlige P-AL-verdien for alle tre feltene er på 14,6 mg P/100 g jord, med en variasjon fra 14,1 til 15,0. Ulik gjødsling har dermed ikke ført til store endringer i P-AL-nivået i jorda. Det viser også figur 2, hvor P-AL-verdiene til leddene 1 og 9 er vist for felt 1 og 3. Det er små forskjeller i P-AL-verdi mellom leddet som ikke har fått gjødsel og leddet som er kraftigst gjødslet. Det gjelder for alle årene og for begge feltene.

Derimot er det en viss årsvariasjon i P-AL-nivået. På feltet i Østfold var det liten endring fra 2006 til 2007, men fra 2007 til 2008 gikk P-AL ned med ca. 2 enheter på hele feltet. Fra 2008 til 2009 var det en økning i P-AL på over tre enheter. En ser den samme trenden for feltet på Romerike, selv om endringene er mindre, mellom en og to enheter. Hvis en ser på figur 1, feltene med lavere P-AL, ligger også her P-AL-verdiene i 2008 lavere sammenlignet med 2007 og 2009.

Når jordanalyseresultatene fra jordprøvene som skal tas ut våren 2010 foreligger, vil det bli sett mer på resultatene fra vekstsesongen 2009. Resultatene vil bli brukt i videre evaluering av normendringene som er gjort for fosforgjødsling til korn. Dagens norm tar kun hensyn til P-AL-nivået i jorda. I praksis ser man at forhold som jordtype også har betydning for hvor tilgjengelig fosforet er. Kanskje kan en på sikt få et system som tar hensyn til flere parametere enn bare P-AL.