

# Fosforgjødsling på jord med høyt fosforinnhold

Annbjörg Øverli Kristoffersen<sup>1</sup> & Anne Falk Øgaard<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NIBIO Korn og frøvekster, Apelsvoll, <sup>2</sup>NIBIO Jordressurser og arealbruk, Ås  
annbjorg.kristoffersen@nibio.no

## Innledning

All plantevekst har behov for fosfor for å vokse bra og utvikle seg optimalt. Siden fosfor også har stor betydning for vannkvaliteten i vann og vassdrag, må fosfortilførselen balanseres mellom plantenes behov og risikoen for uheldig tap til omgivelsene. Fosforgjødslingen bestemmes derfor både av plantenes behov, og hvor stor evne jorda har til å forsyne plantene med fosfor. Dette skjer gjennom en fosfornorm og en korreksjon for P-AL.

Fosfornormen og korrigeringen av P-gjødselmengde i forhold til P-AL ble endret i 2007/2008. Da ble prinsippet om balansejødsling innført (Kristoffersen *m.fl.* 2008). I det optimale P-AL-nivået sier normen at man skal gjødsle med den samme fosformengden som fjernes med avling. Det optimale P-AL-nivået er satt til 5-7. Det er et ønske om å ha mest mulig av den dyrka jorda innenfor P-AL 5-7. Jord med høye P-AL-verdier utgjør en betydelig forurensningskilde for vann og vassdrag. P-AL 5-7 anses som optimalt nivå både i forhold til plantedyrking og miljøhensyn. For at fosforinnholdet i jorda skal nærme seg det optimale nivået, anbefales det svakere P-gjødsling ved høyere P-AL-nivåer, og ved P-AL over 14 er anbefalingen at fosforgjødsling kan utelates helt. På sikt vil da P-AL nærme seg det optimale nivået, og stabilisere seg der.

Analysemetoden P-AL ekstraherer ca. 10-20 % av den totale mengden fosfor i jorda. Flere forsøk har vist relativt god sammenheng mellom avlingsrespons for fosfor og P-AL-nivå i jorda (Kristoffersen 2013). Resultatene har vist at jorda i stor grad kan forsyne plantene med nok fosfor når P-AL er over 14.

Planterøttene tar opp fosfor fra jordvæska. Mengden fosfor i jordvæska er mye lavere enn plantenes behov, kun 0,01-0,1 kg P/daa, og det er derfor behov

for en etterfylling av bundet fosfor til jordvæska gjennom vekstsesongen. Likevekten mellom løst P og partikulært P styres av jordas fosforbindingskapasitet og jordas fosformetningsgrad. Fosforbindingskapasiteten er i stor grad styrt av jordas innhold av jern og aluminiumsoksider, tekstur, pH og jordas redox-forhold. Dette er i hovedsak stabile parametere som endres lite over tid. Fosforbindingskapasiteten kan variere betydelig mellom ulike jordtyper og også nedover i jordprofilen.

Fosformetningsgraden er en mye mer dynamisk parameter, og påvirkes av gjødslingspraksisen over år. Ved overskuddstilførsel av fosfor over mange år, øker fosformetningsgraden. Det er fordi bindingsplassene for fosfor på jordpartiklene fylles opp med fosfor. Det gjenspeiles i høyere P-AL-nivå i jorda. Høy fosformetningsgrad øker jordas evne til å forsyne plantene med fosfor, men utgjør samtidig en høy risiko for uheldig tap av P til vann og vassdrag. Det er årsaken til at P-AL bør ligge i det optimale nivået, og ikke langt over.

Før 2009 ble det anbefalt å tilføre noe P-gjødsel uansett hvilke P-AL-nivå jorda hadde. I tillegg var normen for 400 kg korn/daa på 2 kg P/daa. Da normen ble endret, ble den redusert fra 2 til 1,4 kg/daa for en avling på 400 kg korn/daa, det vil si en nedgang på 0,6 kg P/daa. Dette vil også påvirke jordas P-AL-nivå over tid, slik at nivået vil nærme seg P-AL 5-7 og forbli på det nivået.

Denne artikkelen viser resultater fra tre fosforgjødslingsforsøk i korn på jord med høye P-AL-verdier. Formålet er å få mer kunnskap om effekten av å utelate fosforgjødsling på jord med høye P-AL-verdier. Forsøkene er finansiert av Landbruksdirektoratets Klima- og miljøprogram.

## Materialer og metoder

Våren 2016 ble det anlagt tre forsøk på Østlandet. Forsøkene var plassert på Romerike og i Buskerud (tabell 1). Feltene ble plassert på jord med P-AL > 14. Det var tre gjødslingsledd; uten fosfor, 0,75 kg P/daa og 1,5 kg P/daa og tre gjentak. Alt fosfor ble tilført med Fullgjødsele® (22-2-12 og 20-4-11). Null-leddet ble gjødslet med Opti-NK™. For å balansere forsøksplanen med hensyn på N og K, ble også ledd 2 og 3 gjødslet med noe Opti-NK™. Det ble gjødslet med 10 kg N/daa og 5-5,3 kg K/ daa, samt 1,2-1,4 kg S/daa. I forsøkene ble det sådd Brage, som er en halvtdlig 6-rads-sort i bygg.

Forsøkene ble behandlet som åkeren rundt med hensyn på ugras- og soppekjempelse.

## Resultater

Alle tre fosforforsøkene gav høye avlinger, i snitt henholdsvis 577, 538 og 638 kg korn pr. daa (tabell 2). Det var ingen avlingsrespons for fosforgjødsling på de tre feltene. Avlingsnivået var heller mindre på leddene med fosforgjødsling, men forskjellene var ikke signifikante. Det ble i snitt fjernet henholdsvis 2,0, 1,8 og 2,2 kg P pr. daa fra feltene.

Kvalitetsparameterne var heller ikke påvirket av fosforgjødslingen på de tre feltene. Det eneste unntaket var tusenkornvekten på felt 1. Der ble det målt høyest tusenkornvekt ved gjødsling med 0,75 kg P pr. daa, men tusenkornvekten var ikke signifikant forskjellig fra gjødslingsleddet uten fosfor.

Jordprøvene tatt ut ved anlegg av feltene, viste gjennomsnittlige P-AL-verdier på henholdsvis 13,3, 17,3 og 14,8 for de tre feltene (tabell 3). Dette er verdier

Tabell 1. Sted, sådato og høstedata for forsøkene

Felt	Sted	Sådato	Høstedata
1	Romerike, Kjelle vgs.	12. mai	31. august
2	Romerike, Eidsvoll verk	8. mai	24. august
3	Buskerud, Rosthaug vgs.	11. mai	2. september

Tabell 2. Resultater fra tre felt, sommeren 2016

Felt	P-gj. kg/daa	Kornavling kg/daa	Vann % v/høst.	HI-vekt kg	Tusen-kv. g	Protein %	Fjernet P m/avling kg/daa	Fjernet N m/avling kg/daa
1	0	579	21,5	65,6	40,1ab	10,1	2,0	7,9
1	0,75	586	21,1	66,2	41,4a	10,1	2,0	8,0
1	1,5	548	21,0	65,6	39,6b	10,2	1,9	7,6
P-verdi		i.s.	i.s.	i.s.	0,02	i.s.		
2	0	562	17,0	69,3	42,6	10,2	1,9	7,8
2	0,75	537	17,2	68,7	41,3	10,0	1,8	7,3
2	1,5	516	17,0	68,2	41,7	9,8	1,8	6,9
P-verdi		i.s.	i.s.	i.s.	i.s.	i.s.		
3	0	667	15,1	68,3	42,5	12,2	2,3	11,1
3	0,75	631	14,7	68,0	41,2	12,3	2,1	10,6
3	1,5	615	15,2	68,2	42,2	12,8	2,1	10,7
P-verdi		i.s.	i.s.	i.s.	i.s.	i.s.		

Tabell 3. Resultater fra jordprøver tatt ut ved anlegg av feltene. Alle AL-tallene er oppgitt som mg/100 g jord

Felt	Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Glødetap
1	1,3	5,8	13,3	22	33	130	9,2
2	1,4	5,8	17,3	13	4	73	4,1
3	1,2	5,8	14,8	28	10	77	5,7

som er rett under og litt over P-AL 14, der det anbefales å ikke gjødsle med fosfor.

Tre felt og ett år er få resultater å konkludere ut fra. Men resultatene fra forsøkene gjennomført sommeren 2016 bekrefter tidligere resultater med fosforgjødsling til korn (Kristoffersen 2013). Ved høye P-AL-nivå i jorda, er det mye plantetilgjengelig P i jorda, som plantene klarer å nyttiggjøre seg av.

### Reduksjon av P-AL

Årets avling fjerner ca. 2 kg P fra samtlige ledd. Det ble da en negativ fosforbalanse på ledd uten fosforgjødsling på - 2 kg P pr. daa (tilført fosfor minus fosfor fjernet med avling). Høye avlinger, som fjerner mye fosfor fra jorda, er den mest effektive måten å redusere P-innholdet i jorda på.

Det tar lang tid å endre P-AL-nivået i jorda. Siden P-AL-fraksjonen bufferer mot mer tyngre tilgjengelige P-fraksjoner, har det totale P-innholdet i jorda innvirkning på hvor fort P-AL kan endres. I tabell 4 er det vist hvor mange år det tar å redusere P-AL med 5 enheter ved ulike negative fosforbalanser. Ved beregning av antall år, er det brukt funksjoner for sammenhengen mellom total-P og P-AL. Videre er det brukt en jordtetthet på 1,2 kg/dm<sup>3</sup> ved omregning fra fosforkonsentrasjon i jord (mg/100 g) til kg P per dekar i de øverste 20 cm.

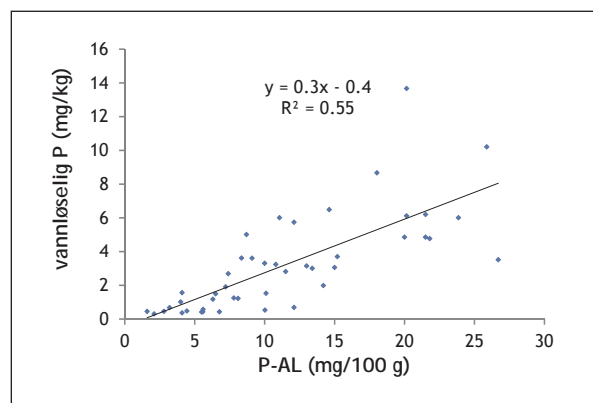
Tabellen viser at jo høyere startverdien er for P-AL, jo raskere reduseres P-AL ved negative fosforbalanser.

Tabell 4. Estimert antall år det vil ta å redusere P-AL med 5 enheter fra henholdsvis P-AL 30, 25, 20 og 15 ved ulike negative fosforbalanser (tilført fosfor minus fosfor fjernet med avling)

Fosforbalanse kg P/daa/år	P-AL 30 → 25 År	P-AL 25 → 20 År	P-AL 20 → 15 År	P-AL 15 → 10 År
- 0,5	32	36	44	56
- 1,0	16	18	22	28
- 1,5	11	12	15	19
- 2,0	8	9	11	14

Dette skyldes at en del av fosforet er mindre sterkt bundet ved høye P-AL-verdier enn ved lavere P-AL-verdier. I tillegg har fosforbalansen betydning for endring av P-AL-nivået i jorda. Tabellen viser også at tidsperspektivet er langt ved justering av P-AL-nivå i jord. Ved en negativ fosforbalanse på en kilo fosfor hvert år, vil det ta 56 år å redusere P-AL fra 30 til 15. Hvis fosforbalansen er -1,5 kg P pr. år, vil det ta 38 år å redusere fra P-AL 30 til 15.

P-AL-fraksjonen bufferer også mot vannløselig fosfor. Siden det er den vannløselige fraksjonen som er mest tilgjengelig for algevekst i vann, har denne størst betydning i miljøsammenheng. Figur 1 viser sammenhengen mellom P-AL og vannløselig P. Resultatene i figuren er hentet fra måling av P-AL og vannløselig P gjennomført på jord samlet inn fra en rekke jordbruksområder i Sør-Norge. Som figuren viser, vil en

Figur 1. Sammenheng mellom P-AL og vannløselig fosfor (ekstrahert med 0,0025 M CaCl<sub>2</sub>-løsning).

nedtrapping av P-AL også ha en gunstig effekt på innholdet av vannløselig P i jord, og dermed for risikoen som jorda utgjør i miljø sammenheng.

## Oppsummering

Resultatene fra feltforsøkene viste at ved P-AL over 14 var det ikke behov for fosforgjødsling. Jorda forsynte plantene med 1,8 til 2,3 kg P pr. daa, og avlingsnivået uten P-tilførsel var fra 562 til 667 kg korn pr. daa. Det var ingen ytterligere avlingsøkning ved P-gjødsling.

For å klare å senke P-AL i jorda til nivåer som utgjør en mindre risiko for miljøet, er det nødvendig med negative fosforbalanser over mange år. På samme måte som oppbygging av P-innholdet i jorda pågikk over flere tiår, vil det ta flere tiår før områdene med meget høyt innhold av fosfor vil være nede på mer akseptable nivåer. Å følge normen og korreksjonen for P-AL som ble innført i 2007/2008, er det viktigste tiltaket for å få redusert fosforinnholdet i jorda på skifter hvor nivået ligger for høyt.

## Litteratur

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

Kristoffersen, A.Ø. 2013. Fosforgjødsling til vårkorn i forhold til P-AL-nivå i jorda. Jord- og Plantekultur 2013. Bioforsk FOKUS 8(1):138-143.