



Fosforgjødsling til korn bestemt av P-AL

I Norge brukes P-AL-verdier som mål på jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor. P-AL-nivå i jord bør ligge mellom 5-7 for å sikre gode avlinger med minst mulig risiko for tap av fosfor til miljøet. Ved P-AL over 14 er det viktig å redusere P-AL-nivået ved å ikke gjødsle med fosfor. Det reduserer fosfortapene til vassdrag samtidig som unødvendig bruk av fosfor som er en begrenset ressurs unngås.

Plantenes behov for fosforgjødsling styres av avlingsnivået, og av jordas evne til å levere fosfor. I Norge brukes P-AL-verdier som mål på jordas innhold av plantetilgjengelig fosfor. Jordas P-AL-nivå endres langsomt, men ved gjødsling med mer fosfor enn det som fjernes med avling, øker P-AL-nivået gradvis. På grunn av økt risiko for å tape fosfor til vann og vassdrag hvis fosforinnholdet i jorda er høyt, har gjødslingsanbefalingene som hensikt å styre fosforinnholdet i dyrka jord mot et optimalt nivå samtidig som gode avlinger sikres.

FOSFOR I JORD

Det totale innholdet av fosfor i matjordlaget ligger i størrelsesorden 200-240 kg pr. daa, langt over kornplantenes behov som er rundt 1,0-2,0 kg P pr. daa. Innholdet av fosfor i jordvæsken, den fraksjonen røttene forsyner seg av, er i størrelsesorden 0,01-0,1 kg P pr. daa, men jordvæska etterfylles fra bundet fosfor gjennom vekstsesongen. Plantene utnytter derfor en fraksjon mellom det totale fosforet, og det som er løst i vann.

FOSFORGJØDSLING STYRT AV P-AL-SKALAEN - ET MILJØ- OG RESSURSTILTAK

Optimal P-AL

Det mest optimale P-AL-nivået for norsk jord når en tar hensyn til både avling og miljø er P-AL 5-7. Her anbefales det å gjødsle til balanse, det vil si med like mye fosfor som fjernes med avlingen. En kornavling på 400 kg pr. daa fjerner i snitt 1,4 kg P pr. daa hvis halmen beholdes på jordet. Ved balansegjødsling vil jorda hverken bli anriket eller tappet for fosfor. Om plantene klarer å nyttiggjøre seg fosforet i jorda, avhenger også av de fysiske forholdene i jorda for rotvekst og fosforopptak. Det er både steds- og årshengig.

Høy P-AL

Det har vært en kraftig oppgjødsling av jordbruksjorda med fosfor siden andre verdenskrig. Fosfor vaskes i liten grad nedover i jorda, og det meste av overskuddsfosforet akkumuleres derfor i matjordlaget. Når P-AL-nivået kommer over 12-14, viser de fleste kornforsøk liten respons for fosforgjødsling. Fosfornormen til korn anbefaler å utelate fosforgjødsling når P-AL er over 14 (figur 1). Målinger av jordas evne til å binde fosfor viser at denne avtar sterkt når P-AL kommer over dette nivået. Dette reflekteres i økende konsentrasjon av vannløselig fosfor med økende P-AL (figur 2). Med høyere konsentrasjon av lettløselig fosfor i jorda blir det mindre behov for å tilføre lettløselig fosfor med gjødsel. Når fosforet ikke bindes like sterkt til jordpartiklene, øker samtidig risikoen for tap av fosfor til vann og vassdrag. Mer fosfor frigjøres fra jorda ved overflateavrenning og erosjon, og kan transporteres ut i vassdrag hvor det gir næring til algevekst. På slik jord er det viktig å tære på jordas fosforreserver for å senke P-AL-verdiene til et lavere nivå. Det vil være et viktig tiltak for å redusere fosfortap fra åkeren. Men på samme måte som oppbygging av fosforinnholdet 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.

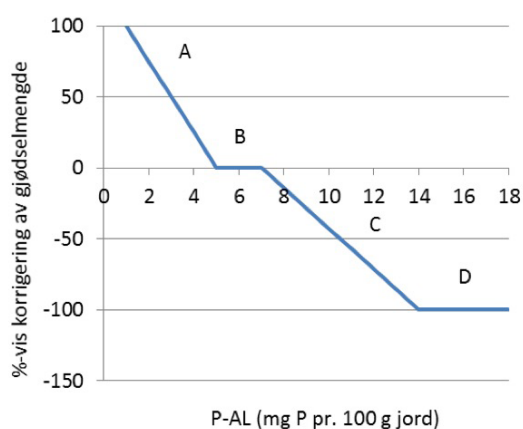
Utnyttelse av akkumulert fosfor i jord med høye P-AL-tall er også viktig ut i fra ressurs-hensyn. Fosfatstein som brukes til produksjon av fosfor til mineralgjødsel er en begrenset ressurs, og mer effektiv bruk av fosfor i matproduksjonen er derfor nødvendig.

Lav P-AL

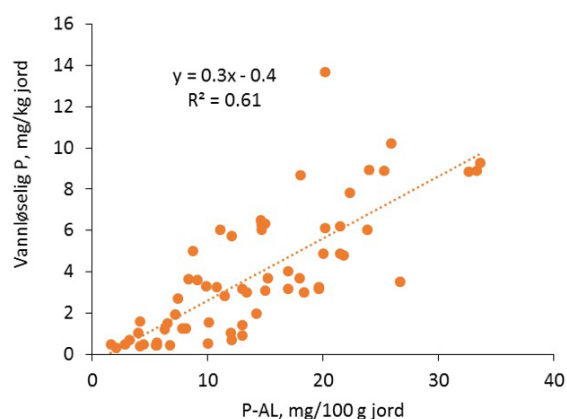
I nedre ende av skalaen, fra P-AL 1 og opp til 4-5, har mesteparten av norsk mineraljord svært stor evne til å binde fosfor. Fosforgjødsel blir raskt adsorbent til jordpartikler og blir over tid svært utilgjengelig for planterøttene. Konsentrasjonen av fosfationer

i jordløsningen vil være lav på slik jord, og forsyningsgraden fra jorda til planterøttene vil i de fleste tilfellene være begrensende for planteveksten. På jord med P-AL under 5 vil det være aktuelt å gjødsle med mer fosfor enn det som fjernes med avlingen for å sikre tilstrekkelig med fosfor til plantene, og for på sikt heve P-AL mot 5-7 hvor fosfatkonsentrasjonen i jordvæska er tilstrekkelig høy.

Ved P-AL over 12-14 er det som regel liten respons for fosforgjødsling. Fosfornormen anbefaler å utelate fosforgjødsling når P-AL er over 14.



Figur 1. Grafisk fremstilling av den prosentvise korreksjonen av P-gjødsling ved stigende P-AL.



Figur 2. Sammenheng mellom P-AL (mg P/100 g jord) og vannløselig P (mg P/kg jord) i jord hentet fra åkre på Østlandet og Jæren, med stor variasjon i jordart.

RESULTATER FRA FELTFORSØK I KORN PÅ JORD MED P-AL OVER 14

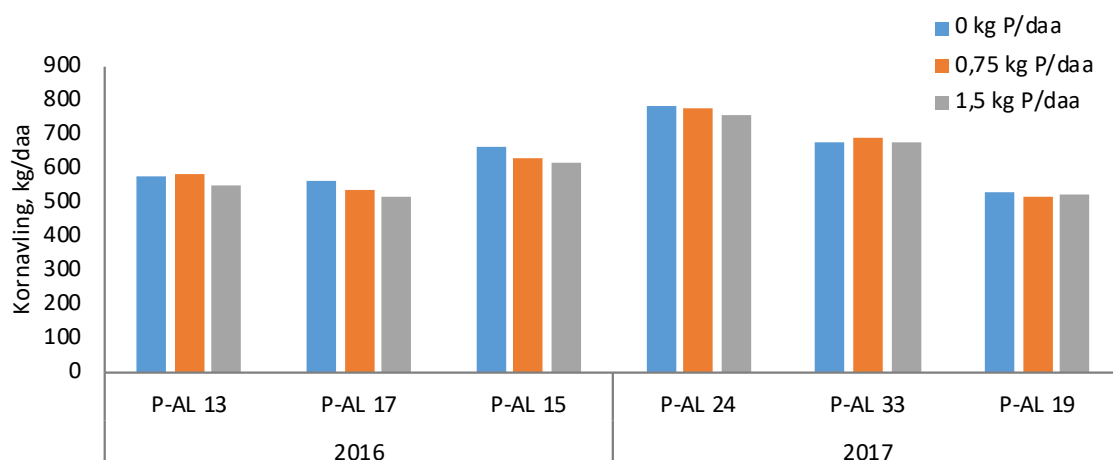
Forsøkene som ble gjennomført på ulike steder på Østlandet i 2016 og 2017 hadde tre gjødslingsledd; uten fosfor, 0,75 kg P/daa og 1,5 kg P/daa og tre gjentak. Andre nødvendige næringsstoffer ble tilført i tilstrekkelige mengder. Tabell 1 viser jordart og jordanalyser for de enkelte feltene.

Tabell 1. Gjennomsnittsverdier for jordprøver tatt ut ved anlegg av feltene.

Felt	År	Jordart	pH	P-AL	K-AL	Glødetap
				mg/100 g		%
1	2016	Siltig lettleire	5,8	13,3	22	9,2
2	2016	Siltig lettleire	5,8	17,3	13	4,1
3	2016	Silt	5,8	14,8	28	5,7
4	2017	Siltig lettleire	6,6	23,9	16	5,5
5	2017	Silt	6,1	33,2	22	6,2
6	2017	Siltig sand	6,9	19,2	14	4,4

Avlingstallene i tabell 2, som er gjennomsnitt av seks felt, viser at det var ingen statistisk signifikante forskjeller på avlingsnivået mellom de ulike leddene. Det var like høy avling på leddet som ikke ble gjødslet med fosfor, som på leddene som ble gjødslet med 0,75 eller 1,5 kg P/daa. Dette bekrefter anbefalingen om at på jord med P-AL over 14 er det ikke behov for fosfor i gjødsel.

Uten fosforgjødsling ble avlingsnivået på 635 kg korn/daa i gjennomsnitt for 6 felt. Kornavlingen fjernet 2,2 kg P/daa. Fosforgjødsling økte ikke avlingene ytterligere.



Figur 3. Kornavling (kg/daa) på seks enkeltfelt i 2016-2017. Fosforgjødslingen lå på 0,75 og 1,5 kg P/daa, i tillegg til ledd som ikke ble gjødslet med fosfor.

Tabell 2. Gjennomsnitt av 6 felt over 2 år. Respons for 0, 0,75 og 1,5 kg P/daa på vanninnhold i kornet ved høsting, avling, proteininnhold, og fosfor fjernet med kornavlingene. (i.s. = ikke signifikant)

P-gj. kg/daa	vann % v/høst	avling kg/daa	protein %	P i avling kg/daa
Uten P	17,9	635	10,8	2,2
0,75 kg P	17,9	624	10,9	2,2
1,5 kg P	17,8	606	10,8	2,1
p-verdi	i.s.	i.s.	i.s.	i.s.

Resultatene fra enkeltfeltene (figur 3) gav heller ikke statistisk signifikante forskjeller mellom gjødslingsleddene. Figuren viser at det er mulig å ta svært høye avlinger, selv uten fosforgjødsling, siden jorda bidrar med fosfor når fosfornivået i jorda er høyt.

Kald siltjord er ofte nevnt som årsak til at det gjødsles med fosfor selv om P-AL-tallene er høye. Resultatene fra disse feltforsøkene viser imidlertid at det heller ikke var respons på fosforgjødsling på siltjord. Tidligere målinger har vist at når jorda er lagelig for våronn er temperaturen i siltjorda ikke lavere enn i andre jordtyper (Kristoffersen m.fl. 2005).

God agronomi som sikrer gode jordfysiske forhold for rotutvikling er nødvendig for effektiv utnyttelse av alle næringsstoffer. Fosfortilførsel bidrar ikke til bedre rotutvikling, slik det ofte hevdes. Det er heller slik at plantene investerer mer i røtter når fosfortilgangen er knapp for å få tak i mer fosfor. Dette resulterer i at det blir mer røtter i forhold til overjordisk plantemasse ved lav fosfortilgang (f.eks. Wang m.fl. 2015).

OPPSUMMERING AV FELTFORSØK

Ved P-AL over 13 var det ikke behov for fosforgjødsling. Jorda forsynte plantene med inntil 2,7 kg P pr. daa, som var nok til en avling på nesten 800 kg korn pr. daa på ett av feltene. Det var ingen ytterligere avlingsøkning ved fosforgjødsling.

For å senke P-AL i jorda til et nivå som utgjør en mindre risiko for miljøet, er det nødvendig med negative fosforbalanser over mange år. Oppbygging av fosforinnholdet i jorda pågikk over flere tiår, og det vil derfor ta mange år før arealene med meget høyt innhold av fosfor vil være nede på det optimale nivået. Å følge normen og korreksjonen for P-AL som ble innført i 2007/2008 (www.nibio.no/tjenester/gjodslingshandbok), er det viktigste tiltaket for mer effektiv bruk av en begrenset fosforressurs og for å få redusert fosforinnholdet i jorda på arealer hvor nivået ligger for høyt.

REFERANSER

Kristoffersen, A.Ø., Riley, H. and Sogn, T.A. 2005. Effects of P fertilizer placement and temperature on root hair formation, shoot growth and P content of barley grown on soils with varying P status. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 73:147-159

Wang, Y., Almvik, M., Clarke, N., Eich-Greatorex, S., Øgaard, A.F., Krogstad, T., Lambers, H. & Clarke, J.L. 2015. Contrasting responses of root morphology and root exuded organic acids to low phosphorus availability in three important food crops with divergent root traits. *AoB PLANTS*. doi: 10.1093/aobpla/plv097

LES MER:

NIBIO sin gjødslingshåndbok (www.nibio.no/tjenester/gjodslingshandbok)

Kristoffersen, A.Ø. & Øgaard, A.F. 2017. Fosforgjødsling på jord med høyt fosforinnhold. *Jord- og Plantekultur* 2017. NIBIO BOK 3(1): 120-123.

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.

Gruppe	P-AL	Klasse
A	1-5	Lavt
B	5-7	Optimalt
C1	7-10	Moderat høyt
C2	10-14	Høyt
D	>14	Meget høyt

Figur 4. Gruppering av P-AL-nivåer i jord. Grønt felt viser ønsket område for norsk landbruksjord



FORFATTERE:

Annbjørg Øverli Kristoffersen (annbjorg.kristoffersen@nibio.no),
Anne Falk Øgaard (anne.falk.ogaard@nibio.no)