

Fosfor (P)

Økologisk landbrug får fosfor fra mineraler til husdyrene og fra indkøb af husdyrgødning. Udfasning af konventionel husdyrgødning mindsker P-tilførslen til jorden. Der opstår dog ikke P-mangel fra det ene år til det andet, men det er vigtigt at følge udviklingen i P-balancer og fosfortal (Pt).

Mangel på fosfor kan medføre

- hæmmet plantevækst med små opretstående mørkegrønne til blålige blade og rødlig stængel. P-mangel kan om foråret forveksles med kuldesymptomer
- ringe buskning
- ændret forhold mellem rod og top, så der kommer forholdsmæssig mere rod i forhold til top



Foto: Ghita C. Nielsen, Videncentret for Landbrug

Fosfor i jorden

Målinger i landbrugsjord har vist et indehold på omkring 4.600 kg P pr. ha i 0–75 cm dybde. Hovedparten af dette fosfor er ikke umiddelbart tilgængelig for planterne. Kun op til 1 kg P pr. ha findes opløst i jordvæsken på den kemiske form, som planterødderne kan optage. Røddernes P-optagelse sænker jordvæskens P-koncentration og frigiver derfor lidt af det hårdt bundne fosfor, men kun inden for en afstand af 1 mm fra rodoverfladen. Optimal forsyning med fosfor forudsætter både et stort og aktivt rodnet og tilstrækkeligt med fosfor i jordvæsken.

Indhold og bortførsel af fosfor i afgrøden

Planters P-koncentration i tørstof er mere konstant end K-koncentrationen, og mindre udsat for udvaskning hen mod høst. Det skyldes bl.a., at en betydelig del af fosforet i afgrøden er bundet i kerner og frø. Koncentrationen falder også kun svagt med faldende fosfortal i jorden. Tabel 1 og 2 kan anvendes til et hurtigt overblik over bortførte næringsstoffer i høstet afgrøde.

Tabel 1. Indhold og bortførsel af fosfor (P) i høstet korn, frø, halm og kartofler.

		Pct. P i tørstof ¹⁾	Omregnet til P i handelsvare	Normaludbytte (ton pr. ha)	Bortførsel (kg P pr. ha)		
					-25 pct.	Normaludbytte	+25 pct.
Korn	Kerne	0,4 ²⁾	3,4	4	10	14	17
	Halm	0,1	0,9	2,2	1	2	2
Markært	Frø	0,5	4,3	3,5	11	15	19
Hestebønne	Frø	0,6	5,1	4	15	20	26
Lupin	Frø	0,8	6,8	3	15	20	26
Kløver	Frø	0,4	0,4	0,25	1	1	1
Rajgræs	Frø	0,5	0,4	1,0	3	4	6
	Halm	0,4	3,4	3	8	10	13
Vinterraps	Frø	0,9	8,2	2,5	15	20	26
	Halm	0,1	0,9	2,2	1	2	2
Spisekartofler	Knolde	0,2	0,4	20	6	8	10

¹⁾ DLBR-Mark normer.

²⁾ Noget tyder på, at P-indholdet i kornkerner er faldet over en årrække, hvilket betyder, at normerne kan være lidt for høje.

Tabel 2. Indhold og bortførsel af fosfor (P) i høstet kløvergræs, lucerne og majs

	Pct. P i tør- stof ¹⁾	Omregnet til kg P pr. 1000 fe	Normal- udbytte (1000 fe pr. ha)	Bortførsel (kg P pr. ha)		
				-25 pct.	Normal- udbytte	+25 pct.
Kløvergræs (30–50 pct. kløver)	0,37	4,6	8	28	37	46
Kløvergræs (over 50 pct. kløver)	0,37	4,5	8	27	36	45
Lucerne	0,3	3,9	8	23	31	39
Silomajs	0,26	3,0	8	18	24	30

¹⁾ DLBR-Mark normer.

Salg af kerner og frø medfører en betydelig P-bortførsel, mens der kun fjernes begrænsede mængder af fosfor i korn- og rapshalm. Koncentrationen af fosfor i rajgræshalm er en del større end i både korn- og raps-halm. Det betyder, at der med salg af frøgræshalm vil blive bortført en betydelig mængde fosfor fra marken. Bortførslen af fosfor i kløverfrø er ubetydelig og også ganske lille i græsfrø.

Afgrøders følsomhed over for lave fosfortal

Ved lavt fosfortal justerer afgrøder deres rodvækst, så rødderne bliver længere og tyndere, og der kommer flere og længere rodhår. Hos nogle arter som lupin og raps ses øget udskillelse af forskellige syrer og substrater, som kan opløse hårdt bundet fosfor i jorden. Endvidere kommer der en øget infektion af mycorrhiza-svampen. Svampens hyfer fungerer som en forlængelse af rodnettet (minus roer, raps og andre korsblomstrede afgrøder). Mycorrhiza har særlig betydning for kornarters og ærters fosforoptagelse.

Ved lave fosfortal skal man være opmærksom på, at mycorrhiza-svampenes opformering i jorden efter en rapsmark, kan være forsinket. Det kan gå ud over fosforforsyningen i en efterfølgende kornafgrøde, især vårsæd.

Bælgplanternes evne til at forsure jorden omkring rødderne og dermed opløse bundet fosfor afhænger af jordens kvælstofniveau. Forsuringen sker når jordens indhold af plantetilgængeligt kvælstof er lavt, og når bælgplanternes hovedkilde til kvælstof derfor sker gennem fiksering. Hvis der er meget plantetilgængeligt kvælstof i jorden, optager bælgplanterne nitrat som alle andre ikke-fikserende arter. Det betyder, at forsuring ophører og dermed mobiliseringen af fosfor fra jordens mineralske fosforpulje.

Tabel 3 viser afgrødernes forskellighed, når det gælder følsomhed over for lav P-tilgængelighed. Vintersæd er generelt mindre følsom end vårsæd, da vintersæden har en længere vækstsæson og dermed tid til at udvikle et større rodnet. Der er forskel mellem sorters evner til at optage fosfor fra jorden. Denne evne indgår ikke i almindelige forædlingsprogrammer. Den høje følsomhed over for lave fosfortal hos majs, roer og kartofler er delvis knyttet til, at de dyrkes på stor rækkeafstand. Det betyder, at rødderne i afgrøderækkerne i første del af vækstperioden kun er i kontakt med en mindre del af det tilgængelige fosfor i jorden.

Tabel 3. En grov opdeling af afgrøders følsomhed over for lave fosfortal (Pt).

Meget følsom	Majs, roer, kartofler
Følsom	Vårsæd, og vårbyg er sandsynligvis den mest følsomme
Middel	Vintersæd, kløver, ært, hestebønne, vinterraps
Hårdfør	Lupin, boghvede, cikorie

Tab af fosfor gennem udvaskning og erosion

Tabet af fosfor fra det dyrkede areal er meget lille, omkring 0,5 kg/ha/år, og størrelsen kan ikke knyttes direkte til en jordtype, som den kan for kalium. Tabet gennem udvaskning og erosion er normalt så lille, at det ikke har betydning i balanceberegningerne for markerne.

Styring af P-gødskning

Der bør udtages jordprøver i pløjelaget hvert 5–6 år til bestemmelse af fosfortal (Pt). Fosfortallet er et mål for den del af jordens indhold af uorganiske P-forbindelser, der er lettest tilgængelige for planter. Gentagne målinger af fosfortallet i de enkelte marker giver mulighed for at vurdere, hvordan det gennemsnitlige fosfortal i sædskiftet ændrer sig over tid. Samtidig kan det anbefales at gennemføre simple balanceberegninger for den enkelte mark: $P\text{-balance} = P\text{-input i gødning minus } P\text{-output i afgrøde}$.

Negative balancer vil på lidt længere sigt medføre fald i fosfortallet, men det kan tage flere år, før det kan måles. Udpining af jordens P-indhold kan kun foregå over en begrænset årrække. På længere sigt skal der tilføres lige så meget P til jorden, som der bortføres.

En grov tommelfingerregel siger, at én enhed i fosfortal svarer til 25 kg fosfor pr. ha. Men når man er nede i den lave ende af skalaen for fosfortal, skal der tilføres eller bortføres betydelig større mængder end 25 kg P pr. ha for at ændre fosfortallet én enhed. Er fosfortallene lave, og ønsker man at dyrke afgrøder, der er følsomme over for lavt indhold af fosfor i jorden, så skal jordens fosfortal sandsynligvis bygges op over flere år, før de bliver tilstrækkelig høje.

Afgrøderne er normalt mere følsomme over for lave fosfortal på sandjorde end på lerjorde. Det kan bl.a. hænge sammen med, at rodudviklingen er svagere på sandjorde end på lerjorde. Det betyder også, at de kritiske niveauer for fosfortal normalt vil ligge lidt højere på sand- end på lerjorde – op til en enhed. Det er dog usikkert hvor meget.

Jo lavere fosfortal i marken des større er kravet til afgrødens rodudvikling, hvis man skal undgå udbyttetab. Jo tættere man kommer på et kritisk Pt-niveau for en given afgrøde, des større er risikoen for, at fosfor bliver udbyttebegrænsende i år med dårlig rodudvikling.

Tabel 4. Vejledende tilførsel af fosfor.

Fosfortal	Handling
Større end 4	Tilførsel af fosfor i gødning kan i de fleste tilfælde undlades.
2–4	Ved dyrkning af "middel" og "hårdføre" afgrøder (tabel 3) kan udpiningen af jorden fortsætte, til fosfortallet er nede på omkring 2 på lerjord og 2,5–3 på sandjord, uden at der opstår udbyttetab. Dette kan tage 10–20 år. "Meget følsomme" afgrøder gødes derimod med samme mængde fosfor, som de bortfører.
1–2 på lerjord 1,5–2,5 på sandjord	Flere planteavlere dyrker afgrøder i dette interval og måske også uden udbyttetab. Succes forudsætter dog, at afgrøderne er "middel" til "hårdføre" (tabel 3), og at de har mulighed for god rodudvikling. "Følsomme" afgrøder tilføres som minimum samme mængde i fosfor, som der bortføres ved høst. Det er risikabelt at dyrke "meget følsomme" afgrøder, da en etårig tilførsel af fosforholdig gødning næppe vil kunne dække deres P-behov. Det skyldes, at den fosfor-udpinte jord binder tilført fosfor så hårdt, at afgrøderne ikke kan få fat i det.

Gødninger med fosfor og andre næringsstoffer

Tablet 5. Oversigt over næringsstofindhold i gødninger. Tallene er eksempler, og de kan derfor variere afhængig af leverandør, staldsystem, husdyrgruppe og fortynding.

Produkt	Total- kvælstof (N)	Total Fosfor (P)	Total Kalium (K)	Total Svovl (S)	Magnesium (Mg)
	Kg pr. ton				
Biogrow	100	30	10	-	-
Blødt formålet råfosfat	-	12–14	-	-	-
Protamylasse	18	5	55	8	4
Komposteret haveparkaffald	5,6	1,3	27	4	1,1
Kartoffelfrugtsaft	1	0,3	3,6	0,6	0,17
Slagtekyllingedybstrøelse	16,3	6,5	12	-	-
Kvægdybstrøelse	9,4	1,5	11,1	-	-
Slagtesvinegylle	4,9	1,1	2,6	0,5	0,5
Kvæggylle	5,6	0,9	5,2	0,4	0,3

NB! Vær opmærksom på gældende restriktioner for de enkelte gødningstyper.

Der er behov for at recirkulere fosfor, da reserverne er små. Det betyder, at der på den lidt længere bane sikkert vil komme flere fosforholdige restprodukter, der kan anvendes som gødning.

Tablet 6. Plantetilgængeligheden af P i gødninger varierer og kan grov-opdeles i tre grupper.

Størst	Husdyrgødningerne, protamylasse, kartoffelfrugtsaft
Mellem	Biogrow, komposteret haveparkaffald
Lav	Blødt råfosfat

Mobilisering af fosfor i jord og gødning

Der findes fortsat megen bunden fosfor i mange marker, som kan udnyttes.

Udvikling af rodnettet: Da mobiliteten af fosfor i jorden er meget lav, er det rødderne ”der skal komme til fosforet” og ikke omvendt. Det betyder at en god rodudvikling er helt central, når man dyrker afgrøder ved lavt fosfortal. Optimal rodudvikling opnås ved rettidig såning i et godt såbed, ved at have et højt input af organisk stof til jorden og ved at minimere jordpakning med tunge maskiner.

Grøngødning og efterafgrøder: En stor pulje af organisk stof i jorden fra grøngødninger og efterafgrøder er med til at opretholde høj mikrobiel aktivitet og dermed også en pulje af organisk bunden fosfor, der kan frigives når mikroorganismene dør.

Korsblomstrede og/eller lupin som efterafgrøder: Korsblomstrede og lupiners evner til, via forskellige mekanismer, at udskille syre fra rødderne kan anvendes til at opløse mineralisk P fra jorden og indbygge det i en letomsættelig organiske pulje. Dette mobiliserede fosfor kan i en vis udstrækning frigives, når rødder, halm og blade omsættes, og herefter komme efterfølgende afgrøder til gode.

Faktasiderne er udarbejdet i projektet "Konsekvens for fosfor- og kaliumforsyning ved udfasning af konventionel husdyrgødning" finansieret af Fonden for økologisk landbrug og Fødevareministeriet og EU.

Reference: Askegaard, M. 2012. Faktaark om kalium i økologisk planteproduktion.
www.landbrugsinfo.dk/oekologi/planteavl/goedskning/naeringsstoffer

