



BØR FOSFORTALLET ERSTATTES AF EN DGT-ANALYSE?

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug

Flere landsforsøg har vist betydelige merudbytter for fosfortilførsel på trods af høje fosfortal. På disse arealer, har DGT-metoden i flere tilfælde været bedre til at forudsige behovet for fosfor.

INDLEDNING

I Danmark har vi siden 1987 brugt fosfortalsmetoden til at vurdere markens fosforbehov. Flere landsforsøg har imidlertid vist eksempler på at fosfortallet (Pt) ikke har været tilstrækkeligt til at forudsige fosforbehovet. Derfor er der i perioden 2013 til 2017 udført i alt 35 landsforsøg med vårbyg, hvor den nyere metode DGT (Diffusive Gradients in Thin films) er afprøvet sammen med fosfortallet.

Aarhus Universitet har i 2017 udført en vidensyntese, hvori resultaterne fra forsøgene fra 2013 til 2016 er opgjort, og der er lavet et litteraturstudie over øvrige forsøg med metoden. Rapporten findes her: [“Can the DGT and Olsen P soil analyses predict phosphorus fertilisation requirements on Danish soils?”](#)

Denne planteavlsorientering indeholder en kort oversigt over resultaterne fra 2013 til 2017 samt viser resultater af afprøvning af metoden på jorder fra langtidsforsøg i St. Jyndeved, Tylstrup og Borris.

DGT-METODEN

DGT-metoden til bestemmelse af den tilgængelige fosformængde i jord er en meget anderledes type af metode end fosfortalsmetoden. Fosfortalsmetoden er en jordekstraktionsmetode, hvor man ryster jorden med kemikaliet natriumbikarbonat i en given tid

og derefter måler, hvor meget fosfor, der er blevet ekstraheret fra jorden. DGT-metoden efterligner mere den måde, hvorpå en planterod optager fosfor. En DGT består af en plasticenhed, der indeholder en jernoxid-gel, som kan absorbere fosfor. Når DGT'en placeres på en fugtig jordoverflade (se figur 1), vil fosfor fra jorden diffundere ind i DGT'en, og blive absorberet. Metoden har siden 2013 været anvendt kommercielt i Australien, hvor der årligt analyseres 3.-6.000 jordprøver med DGT.



Billede 1: DGT på en jordoverflade. DGT'en indeholder en jernoxid-gel der absorberer fosfor på en måde, der minder om den måde en planterod optager fosfor på. Billede fra Mason 2017.

RESULTATER AF LANDSFORSØG 2013 TIL 2017

For at sammenligne fosfortallet og DGT-metoden er der i perioden 2013 til 2017 udført i alt 35 forsøg med tilførsel af fosfor til vårbyg. I otte af forsøgene har der været signifikante merudbytter for at tilføre fosfor. Med fosfortallet ville man have forudsagt merudbytte i to af de otte forsøg, mens man med DGT'en ville have forudsagt merudbyttet i seks af forsøgene (se tabel 1). Med DGT-metoden ville man dermed have fanget flere af arealerne med behov for merudbytte end med fosfortallet.

Vurderer man metoderne i forhold til hvor gode de er til at forudsige, at der *ikke* er behov for fosfortilførsel, så har fosfortallet faktisk været bedre end DGT-metoden. Af de 27 forsøg, hvor der ikke var merudbytte, ville man med fosfortalsmetoden have forudsagt rigtigt i 25 af forsøgene, mens man med DGT-metoden kun ville have forudsagt rigtigt i 17 af forsøgene (tabel 1). I 10 af forsøgene, hvor der ikke var merudbytte, ville man med DGT'en altså have forudsagt et merudbytte, som ikke var der.

Tabel 1. Analysemetoderne evne til at forudsige merudbytter eller ikke-merudbytte i 35 landsforsøg fra 2013 til 2017. Som grænse for hvornår, der forventes merudbytte ud fra analysemetoden er anvendt 2 for fosfortalsmetoden og 65 µg pr. L for DGT-metoden.

	8 forsøg med merudbytte		27 forsøg uden merudbytte	
	Rigtige	Forkerte	Rigtige	Forkerte
Fosfortal	2 forsøg	6 forsøg	25 forsøg	2 forsøg
DGT	6 forsøg	2 forsøg	17 forsøg	10 forsøg

Tabel 2 giver en oversigt over de otte forsøg, hvor der var signifikante merudbytter. Det fremgår, at der af de forsøg, hvor fosfortallet umiddelbart ikke har forudsagt et merudbytte ved grænsen på Pt = 2, er en overvægt af sandede arealer (tre ud af fire). På sandede jorde er mulighederne for rodudvikling generelt dårligere, og planterne har derfor behov for en større tilgængelighed af fosfor end på mere lerede jorde. Der har derfor været foreslået højere grænser for fosfortal på sandede jorder helt op til Pt =3 (Magasinet Mark, november 2017). Hvis man anvender denne grænse i stedet for Pt = 2, ville man med fosfortallet kunne forudsige fire af de otte forsøg.

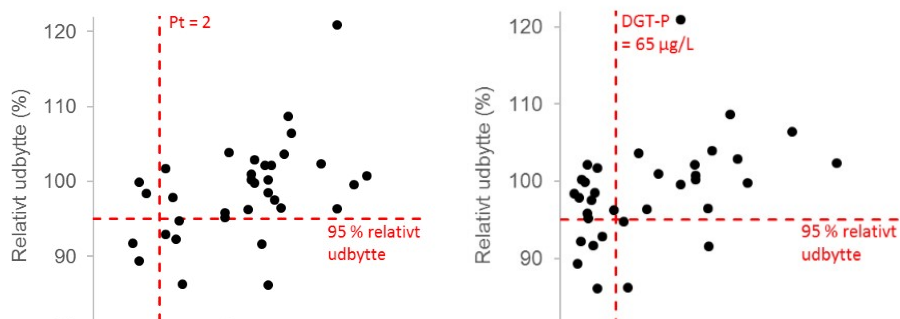
Tabel 2. Data for de otte landsforsøg signifikant merudbytte for fosfortilførsel, samt angivelse af om man med analysemetoden ville have forudsagt et merudbytte (fosfortal < 2 og DGT-P < 65 µg pr. L).

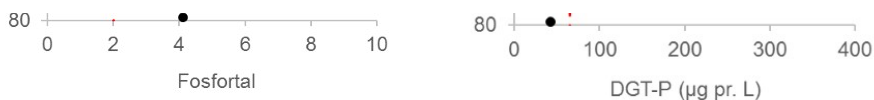
JB-nr.	Rt	Signifikant merudbytte(hkg pr. ha)	Fosfortal	DGT-P(µg/l)
1	6	6,0	2,2 ÷	49 OK
2	7	6,5	1,2 OK	39 OK
3	3	5,0	5,3 ÷	43 OK
4	3	5,3	4,1 ÷	42 OK
5	1	5,4	1,4 OK	20 OK
6	3	6,1	2,5 ÷	24 OK
7	1	5,8	5,1 ÷	174 ÷
8	4	5,8	2,7 ÷	80 ÷

I figur 1 er alle resultaterne opgjort, hvor det relative udbytte er vist i forhold til hhv. fosfortallet og DGT-P. Det relative udbytte er et udtryk for udbyttet i en behandling, hvor der ikke er tilført fosfor i forhold til udbyttet i en behandling, hvor der er placeret 30 kg P pr. ha ved såning, og er beregnet således:

$$\text{Relativt udbytte} = \frac{\text{Udbytte (uden P)}}{\text{Udbytte (med P)}} \times 100\%$$

For ingen af analysemetoderne er der en specielt god overordnet sammenhæng mellem analyseresultatet og det relative udbytte (Figur 1). På figuren er også vist linjer, der angiver 95 % relativt udbytte samt linjer, der indikere grænserne for hvornår man vil forvente merudbytte med de to metoder. For fosfortallet er grænsen omkring 2, mens den for DGT er omkring 65 µg pr. L. Den manglende overordnede sammenhæng mellem analysemetoderne og udbytteresponset, gør at det vil være mere hensigtsmæssigt at vurdere metoderne ud fra enkeltforsøgene, som gjort i tabel 1 og 2.





Figur 1. Relativt udbytte i forhold til hhv. fosfortal (til venstre) og DGT-P (til højre). Den vandrette stiplede linje viser 95 % relativt udbytte. Den lodrette stiplede linje viser den grænse, hvorunder man vil forvente udbytterespons for at tilføre fosfor for hhv. fosfortallet (venstre) og DGT (højre).

RESULTATER AF ANALYSER PÅ JORDER FRA LANGTIDSFORSØG

For nærmere at belyse forskellen i resultater mellem DGT og Pt blev der i efteråret 2017 udført DGT-analyser på jordprøver fra AU's langtidsforsøg. Dels på jordprøver udtaget i 2016 fra kalk- og fosforforsøg i St. Jynde vad (læs mere om forsøget i Rubæk 2008) og dels på arkiverede jordprøver udtaget fra nu nedlagte forsøg i Borris og Tylstrup (læs mere om forsøgene i Rubæk og Sibbesen 2000) i 1994. Alle forsøgene er på sandede jorder. Tabel 3 giver en oversigt over forsøgene og resultater.

Jorderne fra forsøget i St. Jynde vad blev inddraget i undersøgelsen grundet deres gradient i fosforniveauer og reaktionstal som følge af forskellige kalknings- og fosforbehandlinger. Det er af og til blevet foreslået, at fosfortallet kan være mindre velegnet på sure, sandede jorde, og resultaterne her viser da også, at fosfortallet giver en let forøget værdi sammenlignet med DGT-P for den sureste af jorderne ($R_t = 4,1$), som har været uden kalk- og fosfortilførsel siden 1942. Det samme er dog ikke tilfældet for den næst-sureste jord ($R_t=4,2$), og resultaterne kan derfor ikke bruges til at bekræfte, at fosfortallet skulle være mindre velegnet på sure, sandede jorde.

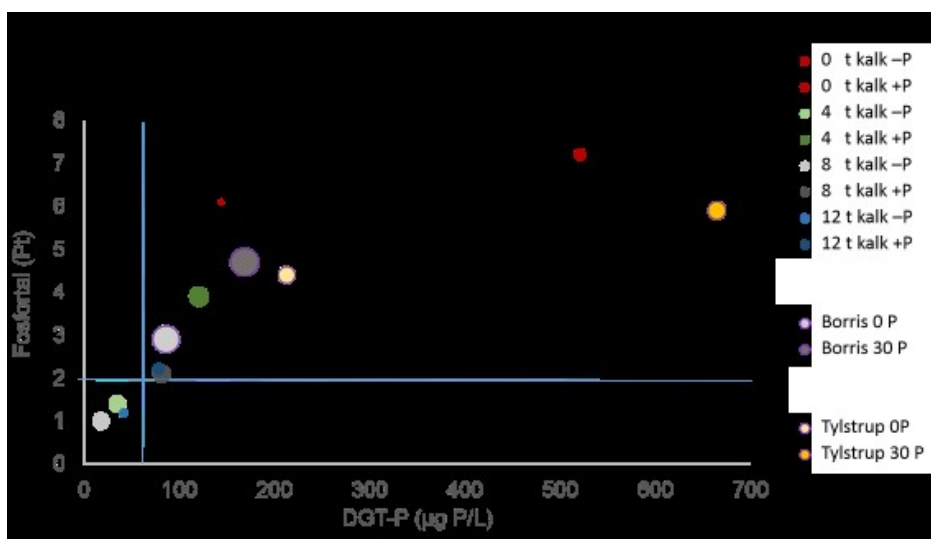
Jorderne fra forsøgene i Borris og Tylstrup blev inddraget, fordi man hen mod langtidsforsøgenes slutning i 1994 begyndte at høste større udbytter på jorderne, der havde fået 30 kg P pr. ha sammenlignet med jorderne uden P-tilførsel, på trods af at fosfortallene i 0P-behandlingerne stadig lå relativt højt (Rubæk og Sibbesen 2000). Således var der et signifikant højere udbytte i 30P-behandlingerne på 7 hkg i Borris-forsøget og 4 hkg i Tylstrup-forsøget på trods af fosfortal på hhv. 2,9 og 4,7 i 0 P-behandlingerne, hvor man normalt ikke ville forvente respons for fosfortilførsel. Ud fra de nye DGT-resultater, ser det dog ikke ud til at DGT-metoden bedre ville have kunne forudsagt dette udbytterespons. Med værdier på hhv. 86 og 213 $\mu\text{g pr. L}$ i 0P-jordene, var resultaterne over de 65 $\mu\text{g pr. L}$, som kan sættes som grænsen hvorunder der forventes udbytterespons. DGT-metoden har derfor ikke været bedre end fosfortallet til at forklare udbytteresponsen i dette tilfælde.

Tabel 3. Oversigt over de 12 prøver fra langvarige forsøg samt målte R_t , Pt og DGT-P på jorderne.

Nr.	Sted, JB-nr. prøveår,	Kalkning (tons/5-8 år)	P-gødskning	R_t	Pt	DGT-P ($\mu\text{g/L}$)
1	St.	0	Engangsdosis på 156 kg P i 1942	4,1	6,1	144

2	Jyndeved, JB1, 1994	0	Engangsdosis + 15 kg P/ha/år	4,2	7,2	521
3		4	Engangsdosis på 156 kg P i 1942	5,5	1,4	35
4		4	Engangsdosis + 15 kg P/ha/år	5,5	3,9	121
5		8	Engangsdosis på 156 kg P i 1942	7,1	1,0	18
6		8	Engangsdosis + 15 kg P/ha/år	7,4	2,1	82
7		12	Engangsdosis på 156 kg P i 1942	7,6	1,2	41
8		12	Engangsdosis + 15 kg P/ha/år	7,7	2,2	79
9		Borris, JB1, 1994	-	0 kg P/ha/år siden 1975	6,1	2,9
10	-		30 kg P/ha/år siden 1975	5,8	4,7	169
11	Tylstrup, JB2, 1994	-	0 kg P/ha/år siden 1975	6,1	4,4	213
12		-	30 kg P/ha/år siden 1975	6,0	5,9	664

I figur 2 er fosfortallet afbildet mod DGT-P for alle 12 jorde, og udbyttet på de enkelte jorde i prøvetagningsåret er illustreret med størrelsen af punktet. Det fremgår, at der overordnet er en god overensstemmelse mellem fosfortallet og DGT-P. Især i det laveste område (DGT-P < ca. 200), er der en pæn lineær sammenhæng. En undtagelse fra dette er dog St. Jyndeved-jorden uden kalk- og fosfortilførsel siden 1942, som har et relativt højt fosfortal i forhold til DGT-værdien. Det er også bemærkelsesværdigt, at den meget store stigning i DGT-værdier over 200 (fra 200 til 500-650) kun modsvares af relativt små stigninger i fosfortal (fra ca. 5 til 5,5-6,5). Helt ekstremt er det, hvis man sammenligner punktet for St. Jyndeved '0 t kalk -P' med punktet 'Tylstrup 30 P'. De to jorde har stort set samme fosfortal, mens DGT-værdien er ca. 4,5 gange større for Tylstrup-jorden end for Jyndeved-jorden.



Figur 2. Fosfortal (Pt) vs. DGT-P for 12 jorde fra langtidsforsøg på tre lokaliteter. Symbolstørrelsen korresponderer til størrelsen af udbyttet. Afgrøden af byg ved St. Jyndeved og Tylstrup og havre i Borris. De vandrette og lodrette linjer illustrerer grænserne for hhv. Pt og DGT-P som også er anvendt i figur 1. Figuren er udarbejdet af Gitte H. Rubæk, Aarhus Universitet.

KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER:

I 35 landsforsøg i vårbyg, heraf 8 med merudbytter for fosfortilførsel, har DGT-metoden i flere tilfælde end fosfortallet kunnet forudsige fosforbehovet.

I de 27 af forsøgene, hvor der ikke har været merudbytter, har fosfortallet forudsat rigtigt i flere tilfælde end DGT'en.

På arealer, hvor fosfortallet ikke giver et retvisende billede, kan fosfortals-analysen med fordel suppleres med en DGT-analyse. SEGES vil i den kommende tid opfordre relevante laboratorier til at inkorporere DGT-metoden, så analysen kan tilbydes danske landmænd.

DGT og fosfortals-analyser på jorder fra langtidsforsøg viser en overordnet en god sammenhæng mellem fosfortal og DGT-P, dog med enkelte afvigelser. Analyserne har ikke yderligere kunnet kvalificere på hvilke jorde, fosfortallet med fordel kan suppleres med DGT.

Forsøg med vinterhvede anlagt i efteråret 2017 forventes at kunne bidrage til yderligere identifikation af de typer af arealer, hvor DGT-metoden bør være et supplement til fosfortallet.

Litteratur:

Christensen, J.T., Pedersen, I.F., og Rubæk, G (2017): Can the DGT and Olsen P soil analyses predict phosphorus fertilization requirements on Danish soils? Department of Agroecology, Aarhus University.

Mason, S. (2017): Commercialisation of Diffusive Gradients in Thin-films (DGT) for Phosphorus Measurements in Australian soils. The story to date.

Rubæk, G.H. 2008: Long-term effects of liming and phosphorus fertilization on soil properties. I 'Long-term field experiments – a unique research platform'. Red: B.T. Christensen, J. Petersen, M. Schact. Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet 2008, s. 56-59.

Rubæk, G.H. og Sibbesen, E. 2000: Long-term phosphorus fertilization – Effects on crop yield and soil phosphorus status. DIAS report Plant Production no. 31. Danish Institute of Agricultural Sciences, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries.