



Tilgængelighed af fosfor i forarbejdet husdyrgødning

Behandling af husdyrgødning ved f.eks. separering, afgangning og forsuring er blevet mere udbredt de senere år. Her beskrives forsøg, som har undersøgt, hvordan forskellige teknologier påvirker plantetilgængeligheden af fosfor i husdyrgødningen.

I den generelle litteratur angives fosfor i husdyrgødning for at have omtrent samme gødningsvirkning som fosfor i handelsgødning (se f.eks. Oenema et al 2012). I gødningsplanlægningen i Mark Online, der danner udgangspunkt for gødningstilførsel på mere end 80 pct. af det danske landbrugsareal, beregnes gødningsvirkningen af fosfor i alle former for husdyrgødning at være 90 pct. i første vækstsæson og tæt på 100 pct. i et langsigtet perspektiv.

I virkeligheden er fosforgødningsvirkningen, specielt i første år, mere variabel og den vil afhænge af mange forskellige forhold, herunder oprindelsesdyret, formen på husdyrgødning (eks. gylle eller fast husdyrgødning) og jordtypen samt jordens fosforstatus. Et eksempel på dette er, at placering af gylle som startgødning til majs ikke kan erstatte placeret fosfor i handelsgødning, da det tidlige optag af fosfor fra gylle ikke er på højde med optaget fra fosfor i handelsgødning (Petersen et al. 2010, Lemming et al. 2011). I Landsforsøg i 2008 og 2009 gav placering af gylle ved såning af majs lavere høstudbytter end tilsvarende placering af handelsgødnings-N og -P (Pedersen 2009).

I de senere år har flere forskellige teknologier til behandling af husdyrgødning vundet indpas i Danmark. Især tre overordnede teknologier har fået større udbredelse: Gylleseparering, gylleforsuring og bioforgasning. Disse teknologier kan alle forventes at have en betydning for fosfortilgængeligheden i det udbragte husdyrgødning. Samtidig giver specielt separering og delvist bioforgasning bedre muligheder for at redistribuere fosfor i husdyrgødningen, således at der kan opnå en udjævning af fosforfordelingen mellem husdyrtætte områder i landet og mindre husdyrtætte områder. I dette notat fokuseres på første-års-tilgængeligheden af fosfor i forarbejdet husdyrgødning.

Fosforforbindelser i husdyrgødning

Generelt findes størstedelen af fosfor i husdyrgødning som partikulært bundet uorganisk fosfor. Ifølge Christensen et al. (2009) er 70-90 % af total-P i svinegylle bundet partikulært, og Sharpley og Moyer (2000) fandt at indholdet af uorganisk P lå fra 60-90 % i en undersøgelse af flere forskellige husdyrgødningstyper. Den største andel af det totale P-indhold er dermed partikulært bundet uorganisk P.

Tabel 1 giver en oversigt over eksempler på P-forbindelser fundet i husdyrgødning. Generelt kan det opløste orthofosfat betegnes som umiddelbart tilgængeligt for planterne, mens det partikulært bundne P kan blive det i højere eller mindre grad. En frigivelse af det partikulært bundne P kan for eksempel ske, hvis det adsorberede P desorberes, Mg- og Ca-P-mineraler opløses, eller hvis de organiske P-forbindelser nedbrydes mikrobielt (Cooperband og Good, 2002).

Table 1. Eksempler på uorganiske (u) og organiske (o) fosfor-forbindelser i husdyrgødning.

	Beskrivelse	Kemisk betegnelse
Opløst P	Orthofosfat (u)	$H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}$ når $5 < pH < 10$
	Opløst organisk P (o)	
Partikulært bundet P	P adsorberet til mineraler (u)	
	P bundet til Mg og Ca (u)	$MgHPO_4, CaHPO_4, Ca(H_2PO_4)_2, Ca_3(PO_4)_2$ m.fl.
	P i struvit (u)	$MgNH_4PO_4$
	P i fytat/fytinsyre (o)	
	Fosfat-monoestere (o)	
	Fosfolipider (o)	
	P i DNA (o)	

Fraktioner af separeret gylle og afgasset gylle

Ved separering af gylle opnås en flydende del ('væskefraktionen') med et højt indhold af tilgængeligt kvælstof og et lavt indhold af fosfor og en fast del ('fiberfraktionen'), som oftest vil indeholde størstedelen af gyllens oprindelige fosforindhold.

I en undersøgelse af Møller et al. (2007) varierede andelen af fosforet som endte i fiberfraktionen omkring 60-75 %, når gyllen blev separeret med dekantercentrifuge. Ved separering med skru Presse var andelen kun omkring 6-15 %, mens en kemisk behandling medførte, at 85 % af fosforet endte i fiberfraktionen. Den flydende del anses for at være en værdifuld kvælstofkilde på bedriften selv, mens fiberfraktionen og dermed fosforet kan eksporteres fra bedriften, f.eks. til bedrifter uden husdyrproduktion.

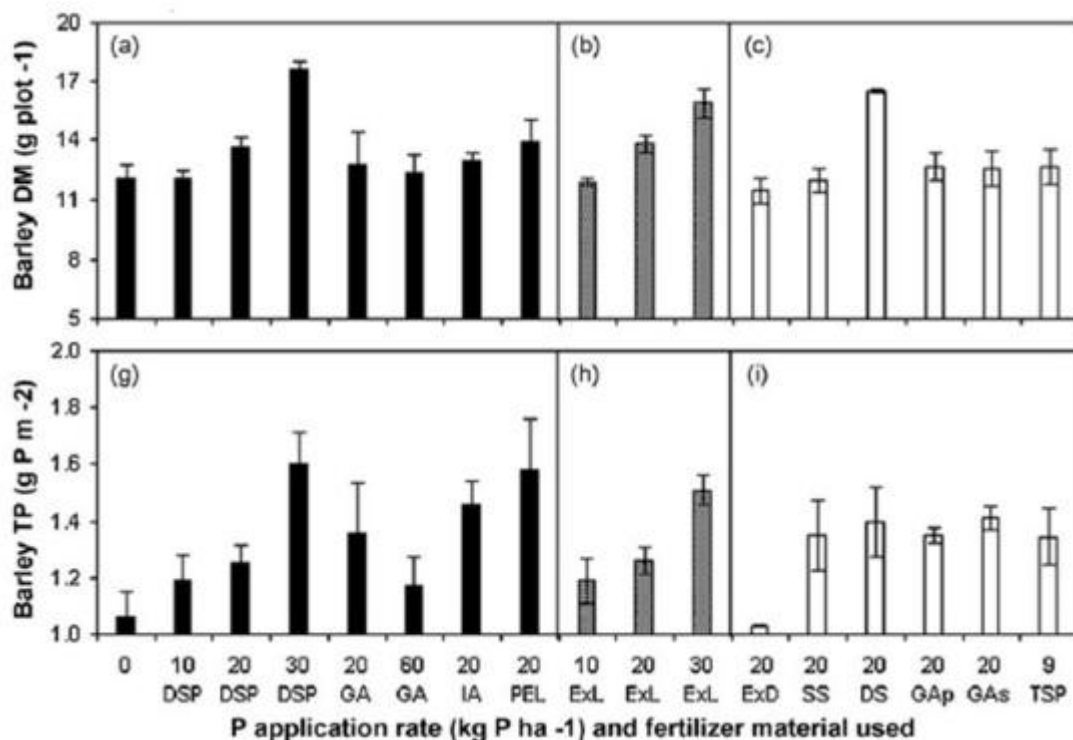
Anvendelse af separeringsteknologien giver ifølge dansk lovgivning mulighed for at øge bedriftens husdyrproduktion. I 2010 blev omkring 3 pct. af den samlede gyllemængde i Danmark separeret (Birkmose og Thygesen 2010).

Den fosforholdige fiberfraktion kan enten udbringes direkte på landbrugsjorden, eller den kan indgå i videre forarbejdning som f.eks. afbrænding, termisk gasificering, kompostering eller anvendes som input i et biogasanlæg.

Møller et al. (2007) har sammenlignet fosfortilgængeligheden fra forskellige fraktioner af svinegylle: væskefraktion, fiberfraktion, bundaske (bottom ash), flyveaske (fly ash) og afgasset gylle. Sammenlignes tilgængeligheden udelukkende ud fra andelen af vandekstraherbart fosfor, var tilgængeligheden faldende i rækkefølgen: Flyveaske (70-90%) > Afgasset gylle (ca. 65 %) > Flydende fraktion (ca. 60 %) > Fiberfraktion (15-25 %) > Bundaske (5-8 %). Omtrent samme mønster ses for andelen af citrat-ekstraherbart fosfor, men specielt forskellene mellem afgasset gylle, fiberfraktion og flydende fraktion synes ikke helt entydige.

Kugilowski et al. (2010) har i markforsøg med byg sammenlignet tilgængeligheden af forskellige produkter afledt af svinegylle, herunder fiberfraktion (skru Presse), afgasset gylle i både tørret/pelleteret form og ubehandlet form og forskellige asker og askeekstrakter. Produkterne blev afprøvet i markforsøg i to forskellige år; i første år blev udvalgte af produkterne afprøvet på både en grovsandet jord og en sandet lerjord; i andet år blev alle produkter afprøvet på den grovsandede jorde. Forsøget viste ikke nogen meget klare tendenser.

I første år var udbytte generelt lavere for de afprøvede produkter af svinegylle end for en opløsning af uorganisk fosfor, mens der ikke var signifikante forskelle i fosforoptagelsen. I andet år gav specielt de to varianter af afgasset gylle anledning til positive resultater (se figur 1). Den afgassede gylle (DS) gav de højeste udbytter blandt alle behandlinger og udbyttet var signifikant større end for den tilsvarende mængde opløst uorganisk P. P-optaget var lidt, men ikke signifikant, større. For den pelleterede afgassede gylle (PEL) var udbyttet på niveau med tilførsel af den tilsvarende mængde opløst uorganisk P, mens P-optagelsen var mere end dobbelt så stor.



Figur 1. Tørstofudbytter (øverst) og fosforoptyag (nederst) for byg dyrket i en sandet jord ved forskellige gødningsbehandlinger. DSP=dissodium phosphate solution (uorganisk opløst P), PEL=Tørret, pelleteret afgasset svinegylle, GA=Aske fra termisk gasificering af PEL, ExL=Neutraliseret syreekstrakt fra GA, ExD=Tørret ExL, SS=Tørret fraktion af separeret svinegylle (skruetpresse), DS=Afgasset svinegylle, GAp=Aske fra termisk gasificering af fjerkrægødning, Gas=Aske fra termisk gasificering af svinegylle, TSP=Triple Super fosfat.

Loria og Sawyer (2005) har undersøgt ændringer i ekstraherbart fosfor i jorden (bl.a. Olsen-P, som svarer til P-tal) efter tilførsel af hhv. ubehandlet svinegylle, afgasset svinegylle og uorganisk P-gødning. Forsøget blev lavet på en lerjord og udviklingen i ekstraherbart fosfor blev fulgt over 112 dage efter tilførslen. Den afgassede gylle og den ubehandlede gylle gav samme forøgelse i jordens fosforstatus. I løbet af de første 28 dage var forøgelsen for de to gyllebehandlinger mindre end for den uorganiske gødning, men herefter var der ingen signifikante forskelle mellem behandlingerne.

Forsuret gylle

Forsuring af gylle er i Danmark en velanset metode til reduktion af ammoniakfordampningen fra gylle, og i 2012 blev omkring 10 % af den samlede gyllemængde forsuret. Der findes flere godkendte teknologier, som enten kan være en betingelse for, at landmanden kan udvide sin husdyrproduktion (staldforsuring) eller som kan anvendes som alternativ til danske lovkrav om nedfældning af gylle (forsuring under udbringning). Formålet med gylleforsuring er reduktion af ammoniakfordampning, men nyere undersøgelser har vist, at forsuring også kan øge tilgængeligheden af fosfor i gyllen (Lemming et al. 2011).

Reduktion af fosforoverskud på kvægbrug ved anvendelse af forsuret kvæggylle som startgødning til majs

Ved dyrkning af majs i Danmark er det normal praksis at placere 10-15 kg fosfor som startgødning ved siden af majsrækken ved såning. Denne praksis står for næsten en fjerdedel af den handelsgødning, der anvendes i dansk landbrug. På kvægbrug, hvor langt størstedelen af al majs i Danmark dyrkes, kan dette resultere i et øget fosforoverskud, fordi tilførslen sker ud over den mængde fosfor, der allerede tilføres gennem husdyrgødning. Flere danske forsøg har vist, at placering af fosfor i gylle ikke kan erstatte fosfor i startgødning (Petersen et al. 2010, Pedersen 2009), men samtidig tyder nyere resultater på, at placeret forsuret gylle kan virke ligeså godt som placeret fosfor i startgødning (Lemming et al. 2011).

Resultaterne er fundet i pottforsøg udført i klimakamre, hvor der blev undersøgt placering af både ubehandlet gylle (pH 7,0), forsuret gylle (pH 5,5) og traditionel placering af mineralsk fosfor i mængder svarende til 10 kg P pr. ha. Andre næringsstoffer end fosfor blev tilført i overskud for at undgå at mangel på andre næringsstoffer kunne påvirke resultaterne. Jorden i forsøget var en sur grovsandet jord (JB1) med et målt P-tal på 6,5 (Olsen-P=65 mg pr. kg). I forsøget var fosforoptagelsen i majsplanterne ved placering af forsuret gylle 75 pct. højere end fosforoptagelsen ved placering af ubehandlet gylle (45 dage efter fremspiring) (se tabel 3). Sammenlignet med placering af mineralsk startgødning (N og P) var optagelsen lidt, men ikke signifikant, højere ved placering af forsuret gylle.

Resultaterne fra forsøget tyder på, at forsuret gylle har potentiale til at kunne erstatte startgødning til majs. Nærmere undersøgelser er dog nødvendige for at kunne afgøre, om effekten kan udbredes til andre forhold, herunder specielt andre jordtyper. Forsuringen i forsøget ville svare til tankforsuring eller staldforsuring, og det ville være interessant at undersøge, om forsuring under udbringning (SyreN) ville kunne give samme effekt.

Tabel 2: Tørvægt og fosfor-optag i majsplanter hhv. 40 og 45 dage efter fremspiring ved placering af ubehandlet gylle, forsuret gylle, mineralsk kvælstof og mineralsk kvælstof og fosfor. Fra Lemming et al. (2011).

	Tørvægdudbytte (g pr. potte)		Fosforoptagelse (mg pr. potte)	
	Dag 40	Dag 45	Dag 40	Dag 45
Ubehandlet gylle	4,6	7,7	9,8	12,9
Forsuret gylle	7,0	11,1	16,2	22,6
Uorganisk N	2,8	6,3	5,5	10,6
Uorganisk N+P	5,1	10,8	10,3	19,3
<i>LSD</i> _{0,95}	1,3	<i>n.s.</i>	3,6	5

Litteratur

Birkmose, T. og Thygesen, O. (2010): Status over anvendelsen af gylleseparering i Danmark, maj 2010. Videncentret for Landbrug og Syddansk Universitet. [Artikel på Landbrugsinfo](#).

Christensen, M., Hjorth, M. og Keiding, K. (2009). Characterization of pig slurry with reference to flocculation and separation. *Water Research*, 43(3):773-783.

Cooperband, L. og Good, L. (2002). Biogenic phosphate minerals in manure: Implications for phosphorus loss to surface waters. *Environmental Science & Technology*, 36(23):5075-5082.

Kugilowski, K., Poulsen, T.G., Rubæk, G.H. og Sørensen, P. (2010): Plant availability to barley in ash from thermally treated animal manure in comparison to other manure based materials and commercial fertilizer. *Europ. J. Agronomy* 33, 293-303.

Lemming, C., Petersen, J., Rubæk, G.H. & Sørensen, P. (2011): Acidified cattle slurry as a starter fertiliser for maize – investigation of the phosphorus supply during early growth. NJF seminar 443 - Utilization of manure and other residues as fertilizers, s. 34-37.

Loria, E. R. og Sawyer, J.E. (2005): Extractable Soil Phosphorus and Inorganic Nitrogen following Application of Raw and Anaerobically Digested Swine Manure. *Agronomy Journal*, 97, s. 879-885.

Møller, H.B., Jensen, H.S., Tobiasen, L., og Hansen, M.N. (2007): Heavy metal and phosphorus content of fractions from manure treatment and incineration. *Environmental Technology* 2007.

Oenema, O., Chardon, W., Ehlert, P., van Dijk, K., Schoumans, O og Rulkens, W., (2012): Phosphorus fertilisers from by-products and wastes. Paper presented to The International Fertiliser Society at a meeting in Cambridge on 7th December 2012.

Pedersen, J.B. (2009) (red.): Oversigt over Landsforsøgene. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion.

Petersen, J., Høgh-Jensen, H. og Rubæk, G. (2010): Phosphorus fertilization of maize seedlings by side-band injection of animal slurry. I: Cordovil, C. & Ferreira, L. (red.). *Proceedings CD of the 14th Ramiran International Conference of the FAO ESCORENA Network on the recycling of municipal and industrial residues in agriculture, RAMIRAN 2010, 12-15th September 2010, Lisboa, Portugal*, side 763-766.

Sharpley, A. og Moyer, B. (2000). Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality*, 29(5):1462-1469.

Sidst bekræftet: 03-01-2013 Oprettet: 03-01-2013 Revideret: 03-01-2013