

Komposterad strögödsel från häst som ett miljövänligt fosforgödselmedel och jordförbättringsmedel för jordbruksmark

Barbro Ulén,

SLU, Institutionen för Mark och Miljö, Box 7014, SE-750 07 Uppsala Sweden

Barbro.ulen@slu.se *Tel 018-671251*

Sammanfattning

Tre olika strömaterial (vetehalm, torv, och träflis) undersöktes för deras vattenhållande förmåga och kemiska egenskaper inklusive deras innehåll av vattenlöslig fosfor. I ett laboratorieförsök täcktes sedan jorden med ett av dessa material och ovanpå lades ett lager färsk hästspilling. Sedan simulerades regn. Spån av träflis visade sig vara ett möjligt material att använda som marktäckare, medan halm och torv befanns vara mindre lämpliga för att minska fosforläckaget.

Tillsats av färsk gödsel från häst ökade fosforkoncentrationen i läckagevattnet medan ett lager träflis mellan hästgödsel och marken minskade fosforkoncentrationerna med nästan hälften under de första tre regnsimuleringarna. Strömaterial av torv och vetehalm ökade fosforkoncentrationerna betydligt: med 8,3 respektive 7,7 kg P ha⁻¹, i form av löst reaktiv fosfor. Möjligen konkurrerade organiska föreningar i torv och halm med bindningsplatserna för fosfor och satte igång en bortstötning av anjoner som resulterade i ett stort fosforläckage. Vi drog slutsatsen att av de tre materialen var det endast spån som har potentialen att minska fosforförluster från platser där hästarna lämnar sin träck. Detta behöver dock testas under fältförhållanden.

Bakgrundsläckaget från en organogen jord var högt för fosfor, liksom för läckaget av kväve och organiskt kol jämfört med från en sandjord och en lerjord. Tillsats av maximalt rekommenderad giva av komposterad hästströgödsel (36 ton per hektar) ökade det potentiella läckaget från sandjorden och lerjorden men inte från den organogena jorden.

BAKGRUND

Hästens hälsa påverkas av valet av strömedel eftersom ströbädden är hemvistet för svampsporer och mykotoxiner. Halm tillfredsställer hästens behov att tugga och bita och den tillbringar mer tid att ligga ner och få optimal vila med REM-sömn om den har tillgång till halm. Halm kan dock lätt bilda mögel, det kan lätt bli lukt av ammoniak och luften kan få höga koncentrationer av partiklar. Träflis gör stallmiljön ljusare jämfört med torv och är också lättare att arbeta med. Träflisen ger också en bra struktur på produkten vid kompostering. Torv har god vattenuppsugningsförmåga och är också känd för att kunna adsorbera ammoniak och ammoniumjoner. Hästen kan också få mindre problem med hosta och med hovarna om man har torv som strömedel. Men torv har heterogen kvalitet och kan också producera damm. Samtidigt är fuktigheten i torvströ högre vilket gör att ventilationen i stallarna kan behöva förbättras och mer komplementär värme kan behövas under vintern än om man använder träflis. För strömaterial i stallarna är en allmän trend att halm blir mindre vanliga i stora stallar och ersätts av träflis och torv. Det finns ingen bra statistik men träflis tycks vara ett populärt strömaterial i Stockholmsregionen. Nyare produkter som Ministrö® papperspellets och halmpellets används sällan. I det här arbetet var avsikten att studera om strömaterialen kunde användas utomhus för att minska läckagerisken där hästarna lämnar sin träck.

Tidigare studier har visat (Parvage 2015) att ungefär 67% av häststallarna ligger nära tätbebyggt område eller storstäder. Under vintrarna hålls hästarna ofta i små rastgårdar nära stallen. Den höga potentialen för läckage av fosfor och kväve, speciellt där hästarna lämnar sin träck har visat hög potential för näringsläckage (Parvage m fl 2014 och Parvage, 2015). Av de cirka 300 000 hektaren mark som används för hästar i Sverige är cirka 34 000 hektar sådana rasthagar och där är i sin tur cirka 2 700 hektar utfodrings- och gödselytor (spillning) som utgör riskområden för förhöjda läckage av fosfor (Parvage, 2014). Stor tillförsel av fosfor måste inte alltid innebära stort läckage men i detta fall bekräftade experiment med regnsimulering av jordkolonner i laboratoriet också högre läckage från de ytor i hagarna där hästarna lämnar sin träck än från andra ytor.

Ytterligare en aspekt på hästhållning är att ta vara på näringen i stallgödsel så att den kan recirkulera till åkermarken. På grund av den snabba ökningen i antalet hästar i Sverige produceras det omkring 2 miljoner ton hästgödsel (färskvikt) per år förutom strömaterialet. Denna kvantitet hästgödsel är en stor återförd till jordbruket tillsammans med strömaterialet är ett bra jordförbättrings- och gödselmedel. I Sverige appliceras hästgödsel på både mineral-jordar och organogena jordar. De organogena jordarna, som utgör omkring 7,2 % av den totala jordbruksarealen, är ofta bördiga. För att optimera näringstillförseln och minimera fosforläckagen behöver givan av hästströ justeras till typen av jord, dess bördighet och textur.

MATERIAL OCH METODER

Strömaterialet karakteriserades med avseende på volymdensitet, torrsvikt, vattenhållande kapacitet och innehåll av vattenlöslig fosfor. Torrsvikten mättes efter torkning vid 105°C över natten. För att mäta den vattenhållande förmågan fick en liter strömmaterial suga upp sex liter vatten under ett dygn för att nå mättnad. Det mättade provet (3 upprepningar) bestämdes för vattenhållande kapacitet efter 96 timmars dränering och vattnet fick droppa av under ytterligare 24 timmar. Vattenlöslig fosfor mättes med förhållandet mellan material och vatten 1:30 (1:60 för vetealm). Suspensionen skakades under 24 timmar, centrifugerades vid 3000 rpm, filtrerades med filterpaper (porstorlek 0,45 µm) och slutligen bestämdes koncentrationen fosfor kolorimetriskt.

För att bestämma sorptionskapaciteten (PSC) på strömaterialet torkades och maldes det och testades för dess potential att binda oorganisk fosfor med en fosfatlösning (från KH_2PO_4) i koncentrationsintervallet 0 - 100 ppm (med förhållandet mellan strömaterialet och fosforlösningen 1:25):

$\text{PSC} = \text{tillsatt fosfor} - (\text{kvarvarande mängd fosfor} + \text{innehållet av WSP i strömaterialet})$

Jordkolonner togs i plastcylindrar (20 cm långa 18,8 cm diameter) på ställen nära där jordprovtagningen skett. Kolonnerna förvarades i kylrum 5 °C tills försöken med regnsimulering startade. Regnsimulatorens hade ett sprinklersystem med automatiskt spray-munstycke (kapacitet 7 L per timme med droppdiametern 0,07 – 0,10 mm) positionerad 80 cm över markytan i kolonnerna.

Femton kolonner från en hästhage med sandjord användes för att utvärdera möjligheterna att minska fosforläckagen från spillytorna med träck. I försöken täcktes markyta med ett 5 cm lager med strö (torv, spån eller halm). Färsk träck (750 g) lades ovanpå strömaterialet varefter kolonnerna exponerades för sex på varandra följande regnsimuleringar med 24 timmars intervall, motsvarande 20 mm regn med en intensitet av 2 mm per timme. Lakad vattenvolymen uppmättes efter 48 timmar och analyserades på totalfosfor (TP), löst reaktiv fosfor (DRP), partikelbunden fosfor (PP), och (DOP) Som konstgjort regn användes kranvatten som innehöll 0,004 mg TP L⁻¹ och 1,07 mg TN L⁻¹ (pH 8,3).

Tabell 1. Allmän karakterisering av de tre strömaterialen; Medelvärde från tre upprepningar av torr-färsk och blöt bulkdensitet; vattenhållande förmåga efter 24 och 96 timmars (tim.) dränering samt materialen innehåll av vattenlöslig fosfor (WSP)

Strö-Material	Bulkdensitet		blöt	Vattenhållande förmåga		WSP (mg kg ⁻¹ torrsvikt)
	torr	färsk (kg m ⁻³)		24 tim.	96 tim.	
Torv	68	169	643	10,7 (L kg ⁻¹ torrsvikt)	8,8	0,0
Flis	82	95	205	2,6	1,9	3,5
Halm	41	45	145	3,2	2,6	6,2

Två givor (18 t ha⁻¹ and 36 t ha⁻¹) med kontroll utan tillsats, och tre typer av jord – sandjord (Nåntuna), lerjord (Wiad), och organogen jord (Hidinge) undersöktes med fyra upprepningar. Fosforläckaget mättes efter regnsimulering i laboratoriet. Komposterad hästströgödsel hämtades från en kommersiell producent och var en blandning av hästgödsel, strömaterial med träspån och små mängder foderrester (huvudsakligen hö). Materialet hade komposterats under 10 dygn i metallbehållare med kontinuerligt luftflöde och regelbunden rotation. Den omogna komposten lagrades i hög utomhus på en gödselplatta under 3 - 4 månader före försöket. Kompostmaterialet hade pH, 7,9; C/N-kvoten 51 och fosforinnehållet 1,76 g total P kg⁻¹ torrsvikt av vilket 39% var vattenlösligt och 26% i form av fosfat. Mängden som applicerades motsvarade halv respektive maximal giva enligt det svenska regelverket (11 kg P ha⁻¹ år⁻¹ och 22 kg P ha⁻¹ år⁻¹).

De översta 5 cm jordlagret på varje kolonn preparerades för hand med en liten spade och den komposterade hästströgödseln blandades noggrant in och lämnades att jämvikta sig med jorden under två dygn innan läckagestudierna började. Jordkolonnerna exponerades för simulerat regn (motsvara 100 mm regn) och med en intensitet av 8 mm tim⁻¹. Totalt läckte en mängd vatten som motsvarade tre porvolym (porvolymen förenklad till att vara densamma för lera, sand och organiskt material). Detta skedde vid tre läckagetillfällen och med intervallet 24 timmar mellan varje regntillfälle. Delprov lagrades för analys vid 4°C (500 ml varje gång). Näringsläckaget beräknades med koncentrationen från de flödesnormaliserade samlingsproven från tre tillfällen.

RESULTAT

Strömaterial Torv var det strömaterial som hade bäst (Tabell 1) vattenhållande förmågan (9-11 liter per kg torrsbstans), medan koncentrationen vattenlöslig fosfor (WSP) var högst för vetehalm (6,2 mg per kg torrsbstans). Den maximala kapaciteten att hålla fosfor (materialen malda till < 2 mm) var nästan densamma för torv, flis och halm (ungefär 5 mg P per g torrsbstans). Frigörelse av fosfor från dessa material var en faktor att räkna med och motsvarade; 1,3 för torv; 1,5 för spån och 10,6 för halm (mg P per g torrsbstans).

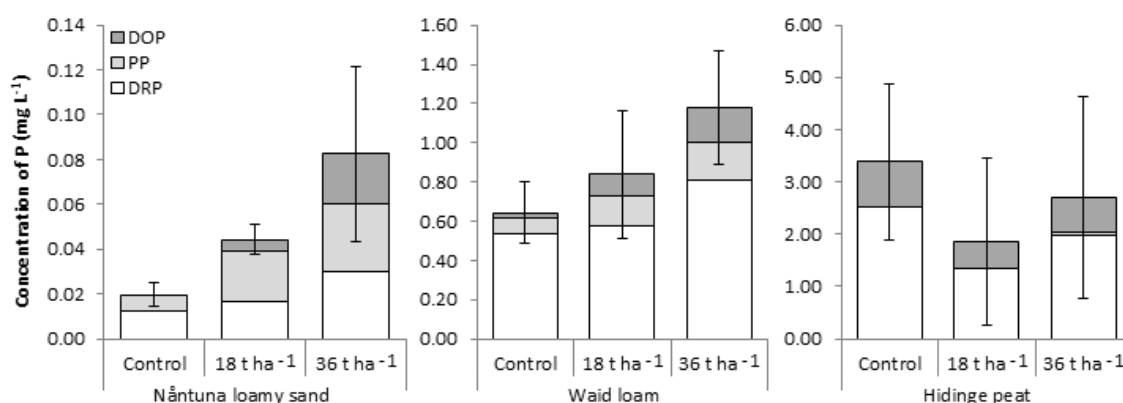
Träflis minskade fosforläckaget betydligt till skillnad från de övriga två materialen, varifrån läckaget oväntat ökade jämfört med om enbart spillning lagts på marken (Tabell 2). Den potentiellt minskade fosforläckaget som följde efter tillsats av flis och färsk spillning (träck) jämfört med flis kan delvis förklaras av kapaciteten att binda fosfor. Det oväntade större läckaget från torv + träck och halm + träck kan inte förklara tillskottet av vattenlöslig fosfor med träcken. För behandlingen med vetehalm + träck motsvarade detta 0,13 kg WSP per hektar, vilket är 60 ggr lägre än de det uppmätta DRP läckaget (7,7 kg DRP per hektar).

Tabell 2. Påverkan på dränerad volym och fosforläckage i form av olika fosforfraktioner via dränerande vatten med olika strömaterial som ett lager ovanpå markytan och med träck applicerad ovanför; kontroll (ingen tillsats); träck; torv och träck; flis och träck; samt halm och träck. Värdet inom parentes anger den procentuella minskning i förhållande till kontrollen

Läckage och fosforform		Behandling				
		Kontroll	Träck	Torv+Träck	Flis+Träck	Halm+Träck
Dränerat vatten	(mm)	104	96	85	75	71
Löst reaktiv (DRP)	(kg/ha)	0,03	2,2	8,3 (0)	0,4 (81)	7,7 (0)
Partikulär(PP)	(kg/ha)	0,05	1,5	2,4 (0)	0,5 (69)	2,4 (0)
Löst organisk (DOP)	(kg/ha)	0,02	1,3	4,5 (0)	0,6 (49)	2,4 (0)
Total (TP)	(kg/ha)	0,11	5,0	15,2 (0)	1,5 (69)	12,5 (0)

Torven hade hög vattenhållande förmåga, och detta material har visat sig kunna minska kväveförlusterna i andra studier. Enligt de här försöken verkade dock torven inte kunna minska fosforläckaget och detta trots att torven i sig självt bara innehöll negligerbara mängder av vattenlöslig fosfor (under detektionsgränsen). I försöket med ett lager flis på markytan var däremot fosforläckaget nästan bara två tredjedelar jämfört med om marken enbart hade ett lager träck. Resultaten indikerar därför att träflis kan vara ett användbart strömaterial för att minska fosforläckaget från områden med spillning i hästhagar.

Bakgrundskoncentrationerna av löst reaktiv fosfor (DRP) i läckagevattnet från sandjorden var mycket låg (medelvärde $0,01 \text{ mg P L}^{-1}$) att jämföra med $0,54 \text{ (mg P L}^{-1})$ från lättleran och $2,52 \text{ (mg P L}^{-1})$ från den organiska jorden läckte också de högsta koncentrationerna av partikelbunden fosfor (PP), löst organisk fosfor (DOP) och totalfosfor (TP) följt av lättleran och sandjorden. Tillförsel av kompost med 18 t ha^{-1} medförde inga signifikanta förändringar i läckagekoncentrationer av fosfor från Nåntuna sand. Men ökad belastning till $36 \text{ t kompost ha}^{-1}$ resulterade i en signifikant ökning ($p=0,009$) av totalfosfor från $0,02 \text{ mg TP L}^{-1}$ i kontrollen till $0,08 \text{ mg P L}^{-1}$ (Figur 1).



Figur 1. Medelkoncentration av fosfor (P) i lakvattnet från jordkolonner (0 – 20 cm) som representerar tre olika typjordar och från de tre jordarna med tillsats av komposterad häströgödsel; DRP, löst reaktiv P; PP, partikulär P; DOP, löst organiskt P. Medelvärden med standardspridning som linjer.

Tabell 3. Medelvärde (\pm standardspridning) av läckage av löst reaktiv fosfor (DRP), partikelfosfor (PP), löst organiskt P (DOP), totalfosfor (TP), nitratkväve (NO_3N), ammoniumkväve (NH_4N), totalt organiskt kväve (TON), totalkväve (TN) och totalt organiskt kol (TOC), utan (kontroll) och med tillsats av två givor av komposterad (Kom) stallgödsel (18 resp. 36 ton ha^{-1})

Tillsats	DRP	PP	DOP	TP	NO_3N	NH_4N	TON	TN	TOC
(gram per hektar)									
<i>Nåntuna sandjord</i>									
Kontroll	0,12	0,07	e.d	0,16	4,9	e.d	1,86	6,6	43
	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	e.d	$\pm 0,05$	$\pm 5,2$	e.d	$\pm 1,51$	$\pm 4,0$	± 15
Kom 18	0,17	0,22	0,05	0,44	20,8	e.d	4,60	25,2	91
	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	$\pm 0,07$	$\pm 22,4$	e.d	$\pm 1,97$	$\pm 20,4$	± 8
Kom 36	0,30	0,30**	0,22**	0,82**	8,7	e.d	7,72*	16,4	119**
	$\pm 0,18$	$\pm 0,10$	$\pm 0,13$	$\pm 0,39$	$\pm 4,7$	e.d	$\pm 4,01$	$\pm 5,7$	± 47
<i>Wiad lerjord</i>									
Kontroll	5,36	0,80	0,27	6,43	89,8	0,01	10,8	101	79
	$\pm 1,18$	$\pm 0,49$	$\pm 0,14$	$\pm 1,59$	$\pm 38,5$	$\pm 0,25$	$\pm 5,5$	± 44	± 29
Kom 18	5,76	1,56	1,06	8,37	76,9	0,36	10,0	87	126
	$\pm 2,28$	$\pm 1,11$	$\pm 0,84$	$\pm 3,23$	$\pm 41,5$	$\pm 0,00$	$\pm 1,7$	± 43	± 41
Kom 36	8,10*	1,93	1,75	11,8*	68,8	0,68*	20,5**	90	250**
	$\pm 2,10$	$\pm 0,10$	$\pm 1,11$	$\pm 2,90$	$\pm 23,2$	$\pm 0,40$	$\pm 6,4$	± 30	± 58
<i>Hidinge organogen jord</i>									
Kontroll	25,2	0,09	8,53	34	461	0,94	47	509	978
	$\pm 9,9$	$\pm 0,85$	$\pm 4,99$	± 15	± 77	$\pm 0,25$	± 118	± 95	± 93
Kom 18	13,4	e.d	5,13	18	316	0,52	216	338	610
	$\pm 13,1$	e.d	$\pm 6,61$	± 16	± 137	$\pm 0,54$	± 25	± 159	± 269
Kom 36	19,7	0,56	6,73	27	395	0,85	5	400	863
	$\pm 15,0$	$\pm 2,69$	$\pm 5,85$	± 19	± 196	$\pm 0,57$	± 24	± 192	± 518

e.d ej detekterbar

signifikant skillnad ** ($p < 0,01$); * ($p < 0,05$) jämfört med kontrollen

Kompostgivan hade en signifikant effekt på fosforkoncentrationen från Wiad lättlera. Förvånande nog hade Hidinge organogen jord som behandlats med kompost lägre koncentration än kontrollen i lakvattnet. Beräkningar av totalfosforförlusterna (Tabell 3) visade att med komposttillförsel (36 ton ha^{-1}) förlorade Nåntuna sand 0,25 kg TP ha^{-1} , vilket var 4,3 ggr högre än kontrollen. Denna ökning motsvarade 0,9% av den totala mängden fosfor som lades till genom kompostmaterialet. Å andra sidan var bakgrundsförlusterna från Wiad lättlera (1,6 kg TP ha^{-1}) och Hidinge organogen (8,0 kg TP ha^{-1}) mycket högre än den maximala mängd som läckte från Nåntuna sand med den högsta kompostgivan. Wiad lättlera läckte 9,2% av den fosfor som adderades vid kompostgivan 36 ton ha^{-1} medan Hidinge organogena jord kvarhöll tillförd fosfor vid båda kompostgivorna. Dessutom minskade komposttillförseln fosforläckaget från Hidinge organogena jord med upp till 45% jämfört med vad som förlorades med lysimetrar som var kontroller (Table 3). Resultaten visade att näringsretentionen och det potentiella läckaget varierade stort.

Tabell 4. Medelvärden och standardspredning av vattenmängd (mm) samt medelvärdet av läckage av totalfosfor (TP) i dräneringsvatten efter 300 mm regn från tre olika typjordar (0 – 20 cm) som fått två olika mängder komposterad hästströgödsel

	Nåntuna sand			Wiad lättlera			Hidinge organogen		
	Kontroll	18 t ha ⁻¹	36 t ha ⁻¹	Kontroll	18 t ha ⁻¹	36 t ha ⁻¹	Kontroll	18 t ha ⁻¹	36 t ha ⁻¹
Läckage	286±28	264±13	311±34	257±54	279±43	307±24	241±10	307±78	280±69
TP (kg ha ⁻¹)	0,05	0,12	0,25	1,59	2,25	3,58	8,03	4,45	6,72

På grund av en högre näringsbakgrund läckte den organogena jorden mera fosfor än de båda mineraljordarna. Trots detta ökade näringsläckaget signifikant mera efter tillsats av hästkompost till mineraljordarna. Retentionen var däremot större än förlusterna från Hidinge. Den organogena jorden kvarhöll hela den tillsatta fosformängden som följde med komposten. Detta indikerar att bakgrundsinformation om jorden är av yttersta vikt vid näringsretention och läckagerisk med stallgödse. Kväveläckaget och läckaget av organiskt kol (Tabell 3) visade samma mönster som fosfor.

Hur har arbetet fortskridit?

I Bornsjöförsöket (som har hög lerhalt i jorden) har vi påbörjat en fältstudie för att se eventuella effekter på strukturen och inverkan av detta på växtnäringsläckaget efter tillförsel av kompost från hästströgödsel med spån.

PUBLIKATIONER OCH ANNAN RESULTATFÖRMEDLING

Vetenskapliga artiklar

Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann H., 2013. *A survey of soil phosphorus (P) and nitrogen (N) in Swedish horse paddocks*. Agriculture Ecosystem and Environment 178, 1-9.

Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann H. 2015. *Wood chips, peat and wheat straw as manure phosphorus binding agent to reduce leaching losses from horse paddocks* (manuscript in thesis)

Parvage, M.M., Ulén, B., Kirchmann H. 2015. *Nutrient retention and leaching potential from three contrasting agricultural top soils in Sweden amended with composted horse manure* (submitted).

Parvage, M.M., 2015. *Impact of Horse-keeping on Phosphorus Concentrations in Soil and Water*. Doctoral thesis. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652-6880 ; 2015:55.

Seminarier/föreläsningar/exkursioner/populärredovisningar

Barbro Ulén: *Överbelastning av växtnäringsämnen i rasthagar för hästar* (muntlig presentation). Seminariet Bra hagar för hästen och miljön workshop på SLU, 27 mars 2014.

Masud Parvage: *Horse paddocks - a source of water pollution via excess phosphorus (P) and nitrogen (N) leaching and possible counter measures* (poster) 20th World Congress of Soil Science, ICC-Jeju, Korea, 8-13 June, 2014.

Masud Parvage: *Potential of excess phosphorus and nitrogen leaching losses from horse paddocks* Bertebos Conference: New ruralities - changing agendas for research and practice, Falkenberg, Sweden, 24-26 August, 2014.

Barbro Ulén: *Stallgödsel från häst - problem och möjligheter* Seminariedag Häst-komfort och miljöpåverkan J.A. Hästtjänst (www.jahasttjanst.se). Marma företags-by Knivsta, 30 mars 2015.

Masud Parvage: *Horse paddocks – an emerging source of agricultural water pollution* (poster) European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, Vienna, Austria 12-17 April, 2015.

Barbro Ulén: *Miljöhänsyn för mark och vatten vid hästhållning* (Exkursion och presentation) för Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning Bornsjön, 25 maj 2015.

Markus Hoffmann: *Hästhagar läcker fosfor*. Greppa Näringens hemsida Nyhet, 19 maj 2015 (www.greppa.nu/arkiv/nyhetsarkiv/2015-05-19).