

Fosfor i avloppsslam

– växttillgänglighet och markreaktioner

Erasmus Otabbong



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande

Olof Bergstedt

Roger Bergström

Stefan Marklund

Mikael Medelberg

Peter Stahre

Jan Söderström

Göran Tägtström

Agneta Åkerberg

Skellefteå

Göteborgs VA-verk

Svenskt Vatten AB

Luleå

Roslagsvatten AB

VA-verket Malmö

Sv kommunförbundet

Borlänge

Falkenberg

Steinar Nybruken, adjungerad

Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge

Svenskt Vatten AB

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Fosfor i avloppsslam – växttillgänglighet och markreaktioner
Title of the report:	Phosphorus in sewage sludge – plant availability and soil reactions
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien: ISBN-nummer:	B 2003-101 91-85159-08-5
Författare:	Erasmus Otabbong, Institutionen för markvetenskap, SLU
VA-Forsk projekt nr:	95-118
Projektets namn:	Fosfor i avloppsslam – växttillgänglighet och markreaktioner
Projektets finansiering:	VA-Forsk och SLF
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	12 A4
Sökord:	Slam, fosfor
Keywords:	Sewage sludge, phosphorus
Sammandrag:	Projektet syftar till att belysa växttillgängligheten hos slammets fosfor och hur slammet påverkar P-lösligheten och P-omsättningen i marken. Projektet genomfördes som ett antal inkubationsförsök och kärlförsök.
Abstract:	The project aims at increase knowledge on plant-availability of phosphorus in sewage sludge and how sewage sludge impacts on transformation of phosphorus in soils. The studies were conducted in incubation and pot experiments.
Målgrupper:	Jordbrukare, forskare och beslutsfattande myndigheter
Omslagsbild:	Avloppsslam vid deponi vid Uppsala stads reningsverk, Kungsängen, 20 augusti 2003. Foto: Erasmus Otabbong
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2003
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Sammanfattning

I projektet har ett antal inkubationsförsök och kärlförsök genomförts. Försöken har utförts med slam från Uppsalas reningsverk (3,44 % total P) och Malmöns reningsverk (2,86 % total P): Fyra minerala försöksjordar (pH_{aq} 5,3 – 5,8) från Ekebo, Pustnäs, Högby och Säby har använts. Försöksgrödor var rajgräs och korn. I försöken jämfördes slammets P och superfosfat. P-givor motsvarade 0, 15 och 45 mg total P per lufttorkad jord. I inkubationsförsöken studerades inverkan av slam på P-omsättningen, i kärlförsöken studerades slammets P-gödslingsseffekt på skörd och P-utnyttjandet. I ett av kärlförsöken var alla led märkta med isotop ^{32}P .

P-lösligheten var 80 och 60 % av total P hos Uppsalaslammet respektive Malmöslammet. Värdena är ungefär två gånger högre än för P i apatit, ett långsamt P-gödselmedel. Superfosfat-P är 100 % lösligt i citronsyra.

P extraherades också stegvis med: anjonbytare (resin-P) i klorid form (växttillgänglig P-pool) $\rightarrow$ (0,5 M, pH 8,5) NaHCO_3 (labil P-pool) $\rightarrow$ (0,1 M) NaOH (potential labil P-pool) $\rightarrow$ (1 M) HCl (potentiell labil P-pool). I NaHCO_3 - och NaOH-extrakter bestämdes total, oorganisk och organisk P. Allt P i slammet återfanns genom stegvis extraheringen. Total P-fördelning var 65 % NaOH-P, 25 % HCl-P, 6 % NaHCO_3 -P och 4 % anjonbytare-P i Uppsalaslammet; 76 % NaOH-P, 20 % HCl-P, 3,5 % NaHCO_3 -P och 0,5 % anjonbytare-P i Malmöslammet. I båda slamproverna utgjorde oorganisk NaOH-P ca. 99 % av total P.

I inkubationsförsöken undersöktes P-omsättningen.

Hypotes 1: fällningsmedlen kan lägga fast inhemsk P i jord. Detta kunde dock inte styrkas i studierna. Alla fyra pooler dvs. resin, labil och potentiellt labila pooler hade ökat i slamledet jämfört med kontrolleret.

Hypotes 2: slammets organiska substans kan öka organisk P-halt i jorden. Slammet verkade olika. NaHCO_3 organisk P-halt ökade, NaOH organisk P-halt tenderade minska, speciellt i leran från Högby. I slamledet: Totalt sett ($\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$) ökades organisk P-halt. Dessa två P-pooler var negativt korrelerade med varandra. De ändringarna kan betyda att NaHCO_3 organisk P ökade på bekostnad av NaOH organisk P. Som väntat verkade kalkning negativt på organisk P-status i jordar.

Båda grödorna dvs. korn och rajgräs gav positiv respons till slam- och superfosfat-tillförsel. Effekterna var likvärdiga i slam- och superfosfatleden. Skillnader noterades i P-utnyttjandet av grödorna. I båda leden märkta med ^{32}P och omärkta leden var P-utnyttjandet ca 8 % av superfosfatets.

Summary

Incubation and pot experiments were conducted to investigate solubility and availability of phosphorus in sewage sludge. Sludge samples were taken from the Malmö and Uppsala Treatment Plants. P solubility in citric acid was about 60 and 80 % of total P in the Malmö and Uppsala sludge samples, respectively. These values were about twofold higher than those often determined in phosphate rock.

P was also extracted sequentially with anion exchange (resin) in the chloride form $\rightarrow$ (0,5 M, pH 8,5) $\text{NaHCO}_3 \rightarrow$ (0,1 M) $\text{NaOH} \rightarrow$ (1 M) HCl . The resin-P and NaHCO_3 -P are labile P forms available to plants, whereas the NaOH -P and HCl -P are not labile and are difficultly available to plants. Inorganic and organic P were speciated in the NaHCO_3 - and NaOH -extracts. Nearly all P in the sludge was recovered in the sequential extraction. Total P disposition was 65 % NaOH -P, 25 % HCl -P, 6 % NaHCO_3 -P and 4 % resin-P in the Uppsala sludge and 76 % NaOH -P, 20 % HCl -P, 3,5 % NaHCO_3 -P and 0,5 % resin-P in the Malmö sludge. Inorganic P extracted with NaOH predominated (about 99 % of total P) in both sludge.

P transformation was investigated in incubation experiments.

Hypothesis 1: Metals used to stabilize P immobilizes native soil P. This however, could not be confirmed with the experiments. All the four P pools, i.e. resin, NaHCO_3 -P, NaOH -P and HCl -P pools increased compared with control.

Hypothesis 2. Organic matter in the sludge increases organic P in soils. The sludge impacted differently. NaHCO_3 -organic P increased, while NaOH -organic P tended to decrease, especially in clay. Total soil organic P (NaHCO_3 -organic P + NaOH -organic P) was, however increased. Those two pools were negatively correlated with each other, implying that they were transformed at the expense of each other. As expected, liming negatively impacted on organic P in the soils.

Both barley and ryegrass positively responded to sludge-P and super phosphate P applications. The response was similar. By contrast, utilization efficiency was different. In both treatment tagged with ^{32}P and one not tagged with ^{32}P , P utilization was about 8 % of the corresponding utilization recorded in the super phosphate treatment.

Innehållsförteckning

Sammanfattning

Summary

Fosforns cirkulation i jordbruket och samhället	1
Regler	1
Markfosforns komponenter	2
Oorganisk fosforkomponent	2
Organisk fosforkomponent	2
Markfosfor och dess tillgänglighet	2
Projektbeskrivning	3
Mål	3
Resultat och diskussion	3
Löslighet av slammets fosfor i olika extraktionsmedel	4
Inkubationsförsök	4
Kärlförsök	5
Litteraturförteckning	7

Inledning

Bland växtnäringssämnen är fosfor en av de mest kritiska, detta av olika anledningar:

- Fosfor fastläggs effektivt i marken
- Flertalet marker är naturligt fosforfattiga
- Fosfor på avvägar kan förorsaka svåra miljöstörningar
- Brytvärda mängder fosformineral är begränsade.

Allt detta talar för att ansträngningar måste göras för att gynna fosfors växttillgänglighet i marken och att återanvända fosfor som exporteras till tätorterna.

Fosfors cirkulation i jordbruket och samhället

I svenskt jordbruk används i dag ca 30 000 ton fosfor i mineralgödselmedel. Av den fosfor, som tas upp av grödan kommer en mycket stor del eller 19 000 ton att återföras till åkermarken via stallgödsel. Detta svarar mot ungefär 7 kg ha⁻¹ fosfor.

Via livsmedel transporteras fosfor till tätorterna och hamnar slutligen i avloppsslammet. Den totala mängden fosfor i fekalier från Sveriges befolkning utgör 5 600 ton. Den fällningsmetodik, som tillämpas vid reningsverken gör att en mycket stor del av denna fosfor kan fångas upp i slammet. Därmed är slammet potentiellt sett en mycket viktig fosforkälla. Ansträngningarna bör vara inriktade på att återanvända denna fosfor. Av olika anledningar används i dag endast en liten del av slammet som jordförbättringsmedel.

Regler

Regler och rekommendationer gällande för slamspridning utarbetas av Statens Naturvårdsverk (SNV). Bland annat finns rekommendationer rörande slammets tungmetallinnehåll. Dessa har fortlöpande skärpts. Vidare finns det rekommendationer för hur mycket slam, som kan spridas. Grundregeln är att en mark kan belastas med 1 ton slam per hektar och år samt att denna giva kan koncentreras så att maximumet 5 ton kan spridas på en gång.

På uppdrag av regeringen har SNV utarbetat ett nytt förslag för att bedöma och reglera slamtillförsel till åkermark. I förslaget säger man att: givan bör regleras genom att en maximal årlig metalltillförsel tillåts tillsammans med att näringsämnestillförseln sker i enlighet med rekommendationerna för gödsling på aktuell mark. I realiteten betyder detta att fosforinnehållet i stor utsträckning kommer att bli avgörande för slamgivans storlek. Detta betyder att det blir viktigt att känna till slamfosfors verkan. Härvid råder emellertid osäkerhet. Antalet undersökningar, som belyser frågan är fortfarande få och de resultat som finns varierar. Bristande kännedom om rötslammets egenskaper har utgjort det främsta hindret mot dess användning som gödsel- och jordförbättringsmedel. Fler faktorer gör slammets fosforverkan mer svårbedömd än superfosfatets:

- Slam innehåller en del organiskt bunden fosfor vars verkan är mycket osäker
- Omsättningen av slammets organiska material i marken kan leda till att ytterligare fosfor binds i organisk form
- Fällningsmedlens effekt på slamfosfors växttillgänglighet är otillräckligt utredd
- Fällningsmedlens effekt på markfosfors växttillgänglighet är otillräckligt utredd (här kan pH-värde, lerhalt, mullhalt och fosforstatus ha inverkan).

Markfosfors komponenter

Markfosfor består av en oorganisk och en organisk komponent, av vilka den senare ombildats från den förra genom biologisk aktivitet.

Oorganisk fosforkomponent

Den oorganiska fosforkomponenten består till övervägande del av olika typer av kalcium-, aluminium-, järnfosfater. I en jord som inte tillförts handelsgödsel fosfor har aluminium- och järnfosfater bildats genom upplösning av kalciumfosfater, apatiter. Vid tillförsel av handelsgödsel fosfor fördelas denna på kalcium-, aluminium- och järnfosfater. Vissa fosfater bundna till andra katjoner kan förekomma men dessa är kvantitativt små. Vilka fosforföreningar som bildas beror på markens kalktillstånd (pH). I jordar med pH mindre än 6,5 har apatiter vittrat sönder och fosfor har överförs till svårslösliga aluminium- och järnföreningar. Generellt är fosfor tillgänglig för växter vid pH 6,5 och 7,0. Vid lägre pH dominerar svårslösliga aluminium- och järnfosfater, vid högre pH dominerar svårslösliga apatiter.

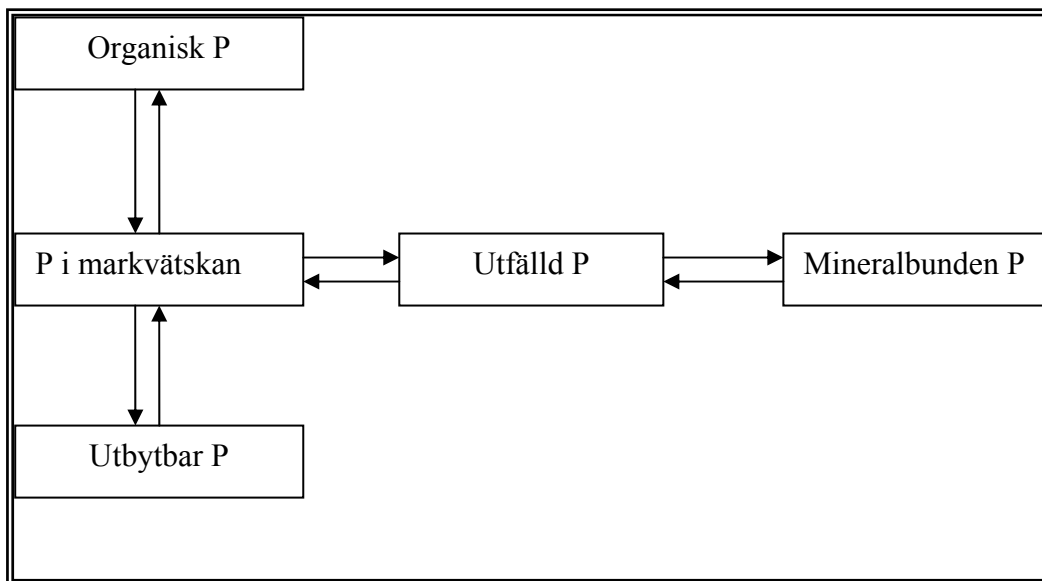
Organisk fosforkomponent

Den organiska fosforkomponenten har tidigare ansetts ha en mycket liten betydelse ur växtnäringssynpunkt. Den kan i mineraljordar utgöra 25–65 % av den totala fosfor i matjordslagret. Den har under senare år tilldragit sig ett ökat intresse. I mullfattiga mineraljordar kan andelen organiskt bunden fosfor vara endast 2–3 % av totalfosfor. I mulljordar kan den uppgå till 75 %. Vid nedbrytning genom mikroorganismers medverkan av fosforrik organisk substans kan en del av fosfor ställas till växternas förfogande.

Markfosfor och dess tillgänglighet

Man kan indela markens fosfor på följande sätt:

- Fosfor i markvätskan
- Utbytbar fosfor
- Utfälld fosfor
- Mineralbunden fosfor
- Organiskt bunden fosfor.



Figur 1. Indelning av markens fosfor i olika pooler.

Fosfor kan ur tillgänglighetssynpunkt indelas i labil och icke labil fosfor. Den labila fosfor består dels av fosfor i marklösning och dels av fosfor som på ett eller annat sätt är bunden till ytan av markpartiklarna (utbytbar fosfor), delvis nybildade kristaller av olika fosforutfällningar (utfälld fosfor). Koncentrationen av fosfor i marklösningen är mycket låg (mindre än 1 ppm). Vi har dessutom en svårtillgänglig eller icke labil fosfor (mineralbunden fosfor och fosfor bunden i fast organisk substans).

Projektbeskrivning

Föreliggande projekt initierades av att en ny princip för dimensionering av slamtillförsel till åkermark föreslagits av SNV. Enligt förslaget blir fosforinnehållet i slammet av stor betydelse för rekommenderad slamtillförsel.

Mål

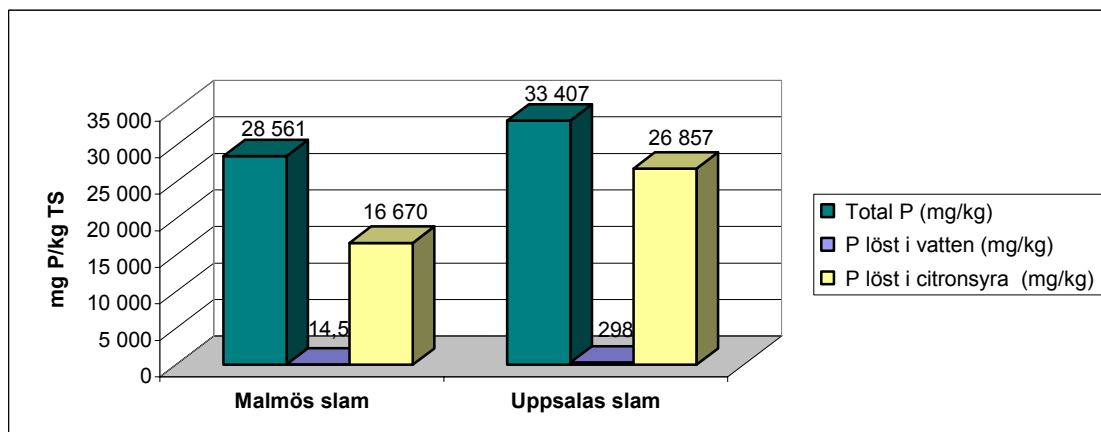
Målet har varit att ge kunskap om:

- Slammets fosforlöslighet i olika lösningsmedel
- Växttillgängligheten hos slammets fosfor vid olika pH
- Hur slammet påverkar fosfors löslighet och fosfors omsättning i marken.

Resultat och diskussion

Projektet genomfördes som ett antal inkubationsförsök och kärlförsök. Försöken utfördes med slam från Uppsalas reningsverk (3,44 % total P) och Malmös reningsverk (2,86 % total P). Fyra mineraliska försöksjordar (pH_{aq} 5,3–5,8) från Ekebo, Pustnäs, Högby och Säby användes. Försöksgrödor var rajgräs och korn. I försöken jämfördes slam och superfosfat. P-givorna motsvarade 0, 15 och 45 mg total P per kg lufttorkad jord.

Löslighet av slammets fosfor i olika extraktionsmedel



Figur 2. Löslighet av slammets fosfor (P) i olika lösningsmedel

Lösligheten hos slam-P är svårbedömd. De vanliga fällningsmedlen, järn (Fe) och aluminium (Al) gör P mindre löslig, åtminstone i vatten. Den konventionella metoden för bestämning av P-lösligheten i mineralgödselmedel innebär extraktion med citronsyra (2 %). P-lösligheten enligt denna metod var 80 och 60 % av total P hos Uppsalaslammet respektive Malmöslammet. Värdena var ungefär dubbelt så höga som för P i apatit, ett långsamt P-gödselmedel. Superfosfat-P är till 100 % löslig i citronsyra (Figur 2).

P i slammet extraherades också stegvis med: anjonbytare (resin-P) i klorid form (växttillgänglig P-pool), 0,5 M, pH 8,5 NaHCO_3 (labil P-pool), 0,1 M NaOH (potentiellt labil P-pool) och 1 M HCl (potentiellt labil P-pool). Teorin bakom denna stegvisa fraktionering av P är följande. Anjonbytare fungerar som en växt dvs. den tar kontinuerligt upp P från suspension. Detta medför kontinuerlig upplösning av P från den fasta poolen, i första hand från NaHCO_3 -P poolen. Anjonbytare-P är svagt bunden till partiklars ytor löst i marklösningen, NaHCO_3 -P är i stort sett bunden till Al-föreningar, NaOH-P är bunden i Fe-föreningar och HCl-P är P i kalciumföreningar. NaOH- och HCl-P poolerna fungerar som P-förråd och kan släppa sin P under gynnsamma förhållanden, t.ex. pH. Allt slam-P återfanns vid den stegvisa extraheringen. Total P fördelningen var 65 % NaOH-P, 25 % HCl-P, 6 % NaHCO_3 -P och 4 % resin-P i Uppsalaslammet; 76 % NaOH-P, 20 % HCl-P, 3,5 % NaHCO_3 -P och 0,5 % resin-P i Malmöslammet. I båda slammen var ca. 99 % av total P oorganisk NaOH-P.

Inkubationsförsök

I inkubationsförsöken studerades inverkan av slam och kalkning på P-omsättningen, i kärkförsöken studerades slam-P effekt på skörd och P-utnyttjande. I ett av kärkförsöken var alla led märkta med isotopen ^{32}P . För närmare detaljer rörande dessa försök hänvisas till de i litteraturförteckningen upptagna arbetena (Otabbong *et al.*, 1996; Otabbong, 1997; Barbolina & Otabbong, 1998; Otabbong & Barbolina, 1998).

Hypotes 1: fällningsmedlen kan lägga fast ursprunglig P i jord. Detta kunde inte styrkas i studierna. Alla fyra pooler dvs. resin, labil och potentiellt labila pooler ökade i slamledet jämfört med kontrollet.

Hypotes 2: slammets organiska substans kan öka halten av organisk P i jorden. Slammet verkade olika. Halten organisk P i NaHCO₃-extraktet ökade medan den tenderade att minska i NaOH-extrakt, speciellt i leran från Högby. Totalt sett (NaHCO₃ + NaOH) ökade halten organisk P. Dessa två P-fraktioner var negativt korrelerade med varandra. Detta tyder på att organisk NaHCO₃-P ökade dels på bekostnad av organisk NaOH-P, dels genom biologisk immobilisering av oorganisk P och dels genom ökad förmåga att binda oorganisk P hos organiska föreningar. Som väntat verkade kalkning negativt på organisk P-status i jordar. Dessutom synes oorganisk P ha immobiliserats. I Tabell 1 redovisas resultat för resin-P och bikarbonat-P.

Tabell 1. Löslighet (mg kg⁻¹ ts soil) av slam-P vid olika pH(H₂O) efter kalkningen och slam-P och superfosfat (SSP), P-givor = 0, 45 mg kg⁻¹

pH	P-mängd	Resin-P	NaHCO ₃ -P		ΣP	Relativ tal
			Oorganisk	Organisk		
4,98	P ₀	41	75	185	301	100
6,64	P ₀	55	62	171	288	96
7,19	P ₀	56	76	144	276	92
4,98	SSP ₄₅	93	119	197	409	136
6,64	SSP ₄₅	124	105	166	395	131
7,19	SSP ₄₅	128	106	167	401	133
4,98	Slam-P ₄₅	71	121	191	383	127
6,64	Slam-P ₄₅	75	98	167	340	113
7,19	Slam-P ₄₅	66	110	162	338	112
CV%		5	5	5	-	-
LSD _(0,05)		11	9	15	-	-

Kärlförsök

I undersökningarna har två metoder utnyttjats för bestämning av effektivitetsskillnad mellan superfosfat och slam-P. Först användes differensmetoden, vilket innebär att P-skörden (P-upptag av korn) från ogödslad led drogs ifrån P-skörden i gödslad led. Därefter jämfördes superfosfatgödslad led med slamgödslad vid samma kalktillstånd och kvoten blev ett mått på effektivitetsskillnad. Spårämnesmetod har också använts, där tillsattes en radioaktiv isotop som via en jämviktsekvation visade på effektivitetsskillnaden. Resultat redovisas i Tabell 2.

Båda grödorna dvs. korn och rajgräs gav positiv respons för slam- och superfosfattillförsel. Effekterna var likvärdiga i slam- och superfosfatleden. P-utnyttjandet bestämd dels med ³²P och dels som differens var dock endast ca 8 % av tillfört slam-P jämfört med 17 % för superfosfat (resultat ej redovisat i denna rapport). Detta innebär att en slam-P giva måste vara dubbelt så stor som en superfosfat-giva för att uppnå samma effekt hos båda gödselmedlen.

Tabell 2. Korns utnyttjandet av slam-P framräknat med isotop- respektive differensmetoden

pH(H ₂ O)	³² P-metod	Differansmetod
4,98	7,7	14,1
6,64	8,9	3,8
7,19	7,4	4,5
Medeltal	8,0	7,5
LSD _(0,05)	0,6	2,9

Med differensmetoden togs superfosfat-P upp mellan 2,5 och 14 gånger mer än slam-P (Tabell 3). Vid mätningar med spårämnesmetoden, där variationen var betydligt mindre, visade det sig att superfosfat-P var mellan 7,4 och 10 gånger effektivare än slam-P. Båda metoderna visade att slam var betydligt sämre än superfosfat som fosforgödselmedel på kort sikt (resultat ej redovisat i denna rapport).

Sammanfattningsvis kan följande anföras:

- Lösligheten i citronsyra hos slam-P var högre än lösligheten hos apatit-P
- Genom slammets omsättning ökade växttillgänglig och potentiellt tillgänglig P i jorden
- Totalt ökade halten organisk P i båda extrakten
- Fällningsmedlens negativa inverkan på lösligheten hos ursprunglig P i jord har inte bekräftats
- Slammets organiska substans var nedbrytbar och tjänade som energikälla för mikro-organismerna
- Slammets organiska substans gynnade uppbyggnaden av den organiska P poolen i jorden
- Plantornas torrsubstansproduktion påverkades lika av slam och superfosfat
- Superfosfat var överlägsen som P-källa för plantorna.

Litteraturförteckning

- Otabbong, E., Atterwall, S., Persson, J. & Haak, E. 1996. Sewage sludge—Soil conditioner and nutrient source: I. Phosphorus availability and its uptake by ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown in a pot experiment. ***Proceedings of the European Commission International Symposium***. “The Science of Composting”. 29th May –3rd June 1995, Bologna, Italy. Blackie Academic & Professional. London, Glasgow, Wienheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras. pp 1261–1265.
- Otabbong, E. 1997. Agronomic value and behaviour of sewage sludge P in incubation and pot experiments. ***Monograph 30***. Reports from the Department of soil Sciences, Swedish university of Agricultural Sciences, P. O. Box 7014, S-750 07 Uppsala, Sweden.
- Barbolina, I. & Otabbong, E. 1998. Transformation of phosphorus in soil mixed with sewage sludge in incubation experiments. ***Proceedings of OECD Workshop***. Practical and innovation measures for the control of agricultural phosphorus to losses to water. 16–19th June 1998 at Greenmount College of Agriculture and Horticulture, Northern Ireland, pp 106–107.
- Otabbong, E. & Barbolina. 1998. Changes in solubility of various phosphorus fractions promoted by autoclaving soil and sewage sludge. ***Swedish J. agric. Res.*** 28, 129–135.



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se