

FAKTA *Jordbruk*

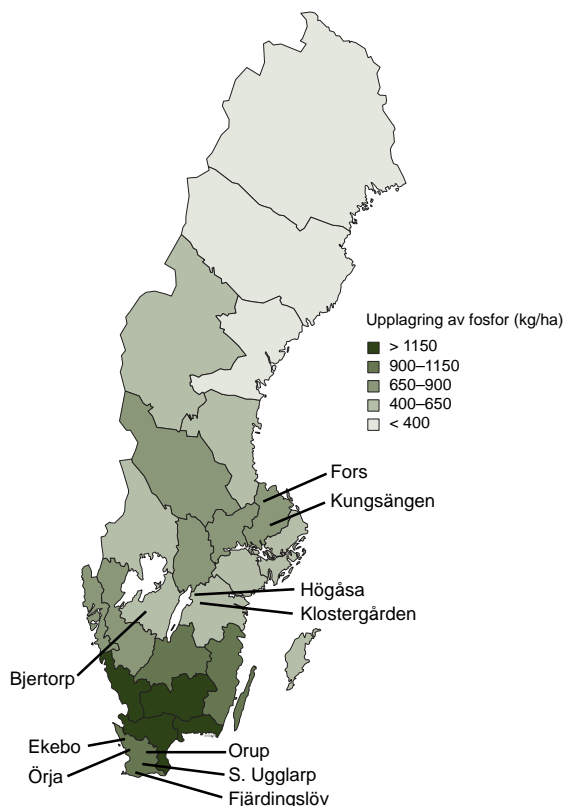
Sammanfattar aktuell forskning • Nr 10 1999

Katarina Börling • Faruk Djodjic • Monica Kling • Erasmus Otabbong • Barbro Ulén

Fosforhushållning

– mykorrhiza, fixering och utlakning i mark

- Grödornas upptagning av fosfor med hjälp av mykorrhizasvampar sker genom ett komplext samspel, som fortfarande till stor del är outrett. Vid lägre fosforklasser bidrar svamparna kraftigt till fosforupptagningen och till grödans tillväxt.
- Många egenskaper hos jordarna påverkar deras förmåga att binda eller ge ifrån sig fosfor. Bland annat är vissa former av aluminium och järn i jorden viktiga för denna förmåga.
- Genom snabb transport via maskgångar, rotkanaler och sprickor kan lerjordar läcka mycket fosfor. Gödsling med handelsgödsel påverkar andelen löst fosfat i vattnet som läcker ut.



Fosforforskarna har stor nytta av SLU:s långliggande bördighetsförsök, som finns på tio platser. Kartan, från inst. för markvetenskap, visar upplagringen av fosfor i åkermarkens matjord. Sedan 1950-talet har fosforinnehållet ökat med 35–40 %.

Förhöjda halter av fosfor i sjöar och vattendrag är ofta den främsta orsaken till algblooming och till att sjöar växer igen. Fosfor är ett viktigt näringsämne även för våra grödor och finns i stora mängder i jorden. Det mesta är dock svåråtkomligt för växterna, men genom symbios med mykorrhizasvampar förbättras många gröders upptagning av fosfor.

Agenda 21-deklarationen innebär bl.a. att svenskt jordbrukska använda odlingsmetoder som i högsta möjliga grad begränsar negativ påverkan på vattenmiljön. Ett ämne som fosfor, som inte är förnyelsebart, ska inte heller slösas bort. När det gäller fosfor har vi under den inledande perioden i MAT 21-projektet (se baksidan) koncentrerat oss på följande:

- Sambanden mellan mykorrhiza och fosforgödning i jordar med olika fosforklass, kemiska egenskaper och odlingshistoria.
- Sambanden mellan jordarnas förmåga att fixera (binda) fosfor och jordarnas övriga egenskaper.
- Risken för utlakning av löst och partikelbunden fosfor från olika typer av jordar och möjligheten att minska dessa förluster genom olika typer av jordbearbetning.

I många av experimenten använder vi oss av jordar från SLU:s långliggande fältförsök, de s.k. bördighetsförsöken. De anlades redan i slutet av femtiotalet och var ursprungligen avsedda att visa hur skördarna påverkades av gödningen. I dessa

försöksfält kan man jämföra försöksrutor som allt sedan starten gödslats med tre olika fosfornivåer eller inte fosforgödslats alls.

Mykorrhizan

Många grödor utvecklar symbios med mykorrhizasvampar. Denna symbios kan göra fosforupptagningen mer effektiv och minska behovet av fosforgödning. En fungerande mykorrhiza hos växterna är en möjlighet att utnyttja de stora fosforreserver som byggts upp i svenska åkerjordar under de senaste decennierna.

Sambandet mellan mängden mykorrhizasvamp i jorden och svampens bidrag till växternas fosforupptagning, vid olika gödningssnivåer, studerades i jordarna från de långliggande fältförsöken. Förekomst av mykorrhizasvamp bedömdes genom att undersöka linrötter som vuxit i jordarna. Hur mycket mykorrhiza som bildades i rötterna undersökte vi i mikroskop, efter färgning av svampen. För bestämning av svampmycelets bidrag till fosforupptagningen i veteplantor använde vi de radioaktiva fosforisotoperna ³²P och ³³P.

Stora platsbundna skillnader

Mängden mykorrhizasvamp varierade avsevärt mellan olika jordar, liksom mykorrhizasvamparnas andel av den totala fosforupptagningen. Skillnaderna var större mellan försöksplatserna än mellan olika gödningssnivåer på varje enskild försöksplats. En stor mängd olika data från jordarna har därför samlats in för att vi ska kunna undersöka sambanden mel-

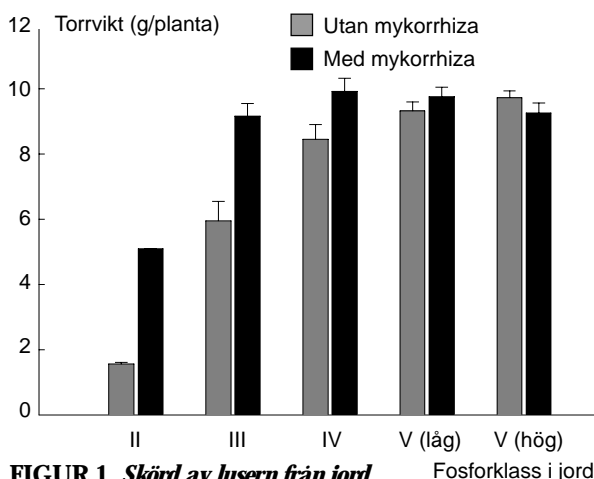
lan markkemiska faktorer, odlingshistoria och mykorrhiza. Dessa data är ännu under bearbetning.

Stort bidrag vid låg fosforklass

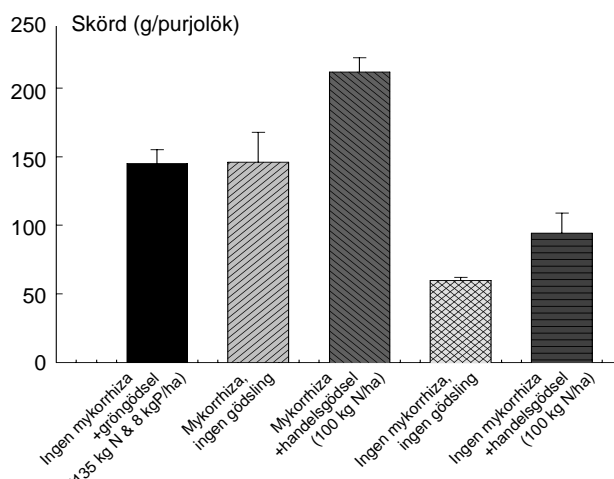
Vi har kunnat påvisa att i jordar med mycket mykorrhizasvamp bidrar dessa avsevärt till växternas totala fosforupptagning. I ett försök bidrog mykorrhizasvamparna med 50–70 procent av växternas fosforupptagning vid de två lägsta gödningssnivåerna, medan de stod för 20–30 procent vid de två högsta gödningssnivåerna.

I andra försök studerade vi mykorrhizas funktion vid stigande fosfornivåer i en och samma jord. Tillväxt och fosforupptagning hos lusern studerades i behandlingar med och utan mykorrhiza. Mykorrhizan ökade tillväxten hos lusern i jord med fosforstatus upp till klass IV. Med mykorrhiza i jorden var det ingen skillnad i skörd mellan plantor som vuxit i jord med fosforklass III, och sådana som vuxit i jord med fosforklass V (figur 1). Fosforanalyserna visade att mykorrhizan ökade fosforupptagningen från jorden betydligt. Denna effekt upphörde när jorden höll fosforklass V.

I ett fältförsök med purjolök ympades en del plantor med mykorrhizasvamp under förkultiveringen. De fick därefter växa i ett fält med fosforklass III, utan gödning eller med enbart kvävegödning. Grön-gödning, som ger både fosfor- och kvävetillskott, tillfördes ett led med oympade plantor. Purjolök växte bäst om den hade ympats med mykorrhiza-



FIGUR 1. Skörd av lusern från jord med olika fosforstatus, med och utan mykorrhiza. (P-Olsen-analys översatt till svenska fosforklasser)



FIGUR 2. Skörd av purjo, med och utan mykorrhiza och med och utan kväve- eller grön gödsling.

svamp och gödslats med kväve. Ympade plantor växte lika bra i helt ogödslad jord som oypade plantor som fått ett kraftigt tillskott av grön-gödning (figur 2).

I nästa fas av projektet ska vi undersöka om mykorrhizan har någon betydelse för fosforläckaget. Det finns anledning att tro att mykorrhizan kan minska mängden löst fosfor som lakas ut, genom att den så effektivt tar upp, binder och transporterar fosfor till grödan. Vi vill också veta om mykorrhizan kan utnyttja fosfor som är hårdare bundet i jorden, t.ex. i järn-, aluminium- och kalciumföreningar, och normalt inte är tillgängligt för växterna.

Fosforfixering i marken

Olika jordar har olika förmåga att släppa ifrån sig och att binda fosfor. Detta kan påverkas av den tidigare gödningen och av hur mycket fosfor marken innehåller. Det kan antagligen också bero på jordens inneboende egenskaper, t.ex. dess pH samt hur mycket mull och olika järn- och aluminiumföreningar den innehåller. Vi har nu undersökt fosforfixeringen i de jordar som inte gödslats under de senaste 30 åren. Sedan starten har fosfortillståndet i dessa jordar försämrats påtagligt (1957: 4–7 mg P/100 g jord, 1997: 0,6–1,7 mg P/100 g jord).

Jordprover togs in på laboratorium, och för att förhindra att mikroorganismer påverkade resultatet tillsatte vi några droppar toluen. Genom att skaka jord med lösningar med ökande fosforkoncentrationer bestämde vi sedan jordarnas maximala förmåga att binda fosfor. Vi analyserade även jordarna med avseende på flera markkemiska egenskaper, bland annat hur järn och aluminium var bundet. Genom analyserna gick det att skilja på om de var extraherbara (gick att få i

lösning), var bundna till organiskt material eller var amorft bundna (fanns i en spröd, lucker och oregelbunden struktur på mineralerna).

Viktiga järn- och aluminiumföreningar

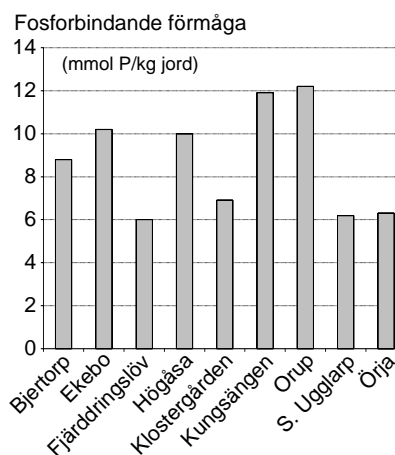
Jordarnas förmåga att binda fosfor varierade mellan 6,2 och 12,2 mmol P per kg jord (figur 3). Sandjorden från Högåsa i Östergötland och moränleran från Orup i Skåne var mycket surare än de övriga jordarna och hade även högre halter av amorft aluminium. Detta är den troliga orsaken till att dessa jordar hade god förmåga att fixera fosfor. Jorden från Kungsängen i Uppsala är en gyttejlera med mycket amorft järn, vilket är den troliga förklaringen till att denna jord fixerade mycket fosfor. Jordarna från Ekebo i nordvästra Skåne och Bjertorp i centrala Västergötland hade också mycket amorft järn och god förmåga att binda fosfor. Däremot varierade lerhalten mycket mellan dessa jordar (10 respektive 29%).

Det fanns ett starkt samband mellan jordarnas fosforfixerande förmåga och deras halt av järn och aluminium bundna på visst sätt (tabell 1). Sambandet mellan jordarnas fosforfixerande förmåga och halten järn och aluminium bundet på andra sätt var svagare. Fler egenskaper, t.ex. lerhalt, hade däremot oväntat nog inget samband med förmågan att binda fosfor. Jordlerets förmåga att fixera fosfor beror på såväl lerhalt som lerkvalitet (dvs. lerfinhet). Finler har stor specifik bindningsyta, och fosforfixeringsförmågan är oftast starkare kopplad till lerkvalitet än till lerhalt. Någon bestämning av specifika eller lerfraktionering gjordes dock inte i denna studie.

I nästa fas av projektet undersöker vi hur mycket fosfor jordarna fixerar när de gödslats upp till olika nivåer.

TABELL 1. Sambandet mellan jordarnas fosforfixerande förmåga och deras pH, jordart och halt av olika former av järn och aluminium.

Starkt samband	Svagt samband	Inget samband
extraherbart aluminium	pH	lerhalt
amorft aluminium	extraherbart järn	
extraherbart järn + aluminium	organiskt bundet järn	
	amorft järn + aluminium	



FIGUR 3. Fosforbindande förmåga hos några undersökta jordar.

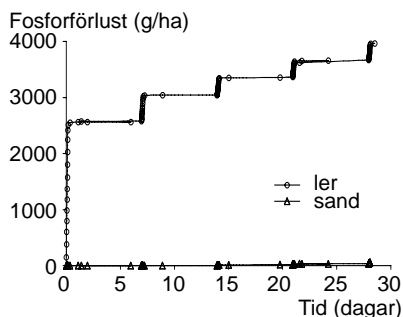
Läckage genom håligheter

En stor del av fosfor i våra vattendrag kommer från jordbruksmark. Under vissa förhållanden kan fosfor transporteras mycket snabbt genom markens håligheter (makroporer). På så vis kan en stor del av fosfor sedan nå vattendragen via dräneringsrör i täckdikade fält. Stora mängder fosfor förs antagligen ut på så vis från slättbygdernas lerjordar.

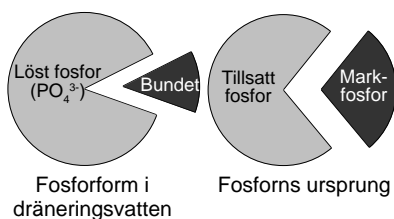
För att uppskatta betydelsen av makroporflöde (flöde i maskgångar, rotkanaler etc.) för förluster av fosfor jämfördes utlakningen från kolonner med ler- respektive sandjord. Kolonnerna bestod av intakta jordprover, 1 m djupa och 30 cm i diameter. Samtliga tillfördes fosfor som var märkt med radioaktivt fosfor (³³P). Fosforförlusterna från lerjorden varierade från 2 till 6,5 kg/ha med ett medelvärde på 4 kg/ha, medan utlakningen från sandjorden inte översteg 0,06 kg/ha (figur 4).

Stor utlakning av fosfat

Den dominerande fosforfraktionen i utlakningsvattnet (80 procent av



FIGUR 4. Fosforläckage genom ler- och sandjord.



FIGUR 5. Andelen löst och bunden fosfor i dräneringsvattnet samt källan till den återfunna fosfor (tillsatt eller ursprunglig markfosfor).

den totala förlusten) var, något oväntat, löst fosfor. Över 70 procent av fosfor i utlakningsvattnet hade sitt ursprung i den tillförda gödseln (figur 5). En slutsats av detta försök är att endast en liten del av lerjordens totala porvolym var delaktig i vatten- och fosfortransporten. Fosfor passerade förbi lerpartiklar som hade kunnat fixera fosfor. I sandjorden deltog hela porvolymen i transporten. Fosfor kom därmed i kontakt med större delen av markvolymen och kunde bindas i alven. Makroporflöde möjliggör en snabb transport av både partikelbundet och löst fosfor från markytan till dräneringsrör och vidare till vattendragen.

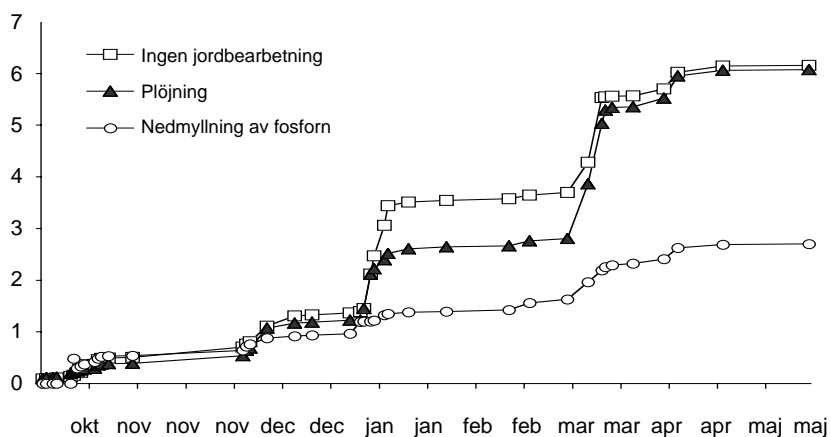
Fosforutlakning sker i episoder, och de största förlusterna förekommer under korta perioder med högt vattenflöde. Detta visade en fyraårig mät-

ning i fält, med samma lerjord som i kolonnförsöket. Ett samspel mellan en tillgänglig fosforkälla (gödsel eller markfosfor) och en effektiv transportmekanism (makroporflöde) ökade risken för fosforförluster. Fördelningen på olika fosforformer i utlakningsvattnet varierade beroende på när man gödslade med handelsgödsel. Strax efter tillförseln av fosfor var merparten av fosfor i form av löst fosfat, och i koncentrationer som var proportionella mot vattenflödet. Halterna av partikelbundet fosfor hade ett klart samband med halterna uppslammat material.

Jordbearbetningens betydelse

En tänkbara åtgärd för att minska fosforförlusterna är att använda bearbetningsmetoder som bryter kontinuiteten hos makroporerna, och möjliggör en bättre inblandning av gödseln. I ett pågående kolonnförsök med lerjord, som gödslas med märkt fosfor, testas tre olika behandlingar: plöjning, inblandning av fosforgödseln i matjorden eller ingen bearbetning. Efter ett år hade kolonner med gödselinblandning påtagligt lägre fosformängder i utlakningsvattnet (figur 6). Försöket ska fortsätta i ytterligare två år. Detta kan i framtiden komma att påverka rekommendationerna för när och hur våra

Fosforutlakning (mg/kolonn)



FIGUR 6. Fosforläckage från gödslad lerjord efter olika typer av jordbearbetning.

Detta är MAT 21

MAT 21 är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram. Målsättningen är att ta fram ett vetenskapligt underlag som kan bidra till att den svenska jordbruksbaserade livsmedelsproduktionen uppfyller krav på långsiktig hållbarhet och långt driven miljöanpassning.

Forskningen bedrivs i huvudsak vid SLU, men även vid universiteten i Uppsala, Göteborg, Lund och Umeå. Programmet finansieras av den miljöstrategiska forskningsstiftelsen MISTRA.



lerjordar bör plöjas. Vi ska också undersöka fosforläckaget från jordar som gödslats upp till olika nivåer. Kanske finns det en brytpunkt som man inte bör överstiga, därför att så mycket mer fosfor lakas ut om den överskrids.

Ämnesord

Mykorrhiza, fosforfixering, markfaktorer, fosforläckage, makroporflöde, fosforgödsling, jordbearbetning

Docent *Barbro Ulén* och doktorand *Faruk Djodjic* forskar vid avd. för vattenvårdslära, SLU, Box 7072, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 12 51 respektive 67 24 59. Fax: 018-67 34 30.

Docent *Erasmus Otabbong* och Agr *Katarina Börling* forskar vid avd. för växtnäringlära, SLU, Box 7014, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 12 48 respektive 67 14 36. Fax: 018-67 27 95.

Agr *Monica Kling* forskar vid SLU:s inst. för mikrobiologi, Box 7025, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 33 51. Fax: 018-67 33 92.

Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Britta Fagerberg, SLU, JLT-fakulteten, Box 7070, 750 07 UPPSALA
David Stephansson, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 14 92 • Telefax: 018-67 35 20 • E-post: David.Stephansson@info.slu.se
www.slu.se/forskning/fakta/

Internet:
Prenumeration och lösnummer:

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 28 54/67 30 00 • Inger.Blomstedt@service.slu.se

Prenumerationspris:
Tryck:

340 kronor + moms
SLU Reproenheten, Uppsala
ISSN 1403-1744 © SLU 1999

