

Slutrapport för projekt H0648345

Fosforbalanser i jordbruksjordar – upplagring och potentiell frigörelse av växttillgängligt fosfor i olika marktyper och odlingssystem

Stefan Andersson¹, Ingvar Nilsson¹, Ingrid Öborn² och Lennart Mattsson¹
Inst. för mark och miljö¹ och Inst för växtproduktionsekologi², SLU

Inledning

Fosfor (P) ingår tillsammans med kväve (N), kalium (K) och svavel (S) bland de fyra viktigaste växnäringsämnen. P-gödslingen har sedan 1950-talet gett en genomsnittlig ackumulering av 600 - 700 kg P ha⁻¹ i matjorden i svenska åkermarker (Andersson m.fl., 2000). Stora P-förråd ökar dock risken för förluster av P. Fosfor rinner ut i vattendragen och bidrar tillsammans med kväve till en eutrofiering av vattenmiljön. Under senare år har därför de generella rekommendationerna för P-gödsling sänkts och det är numera önskvärt att P-halten inte överstiger P-AL klass III (4,1 – 8,0 mg P/100g torr jord) (Jordbruksverket, 2006), och med detta vill man bibehålla en balans mellan tillförsel och bortförsel av P.

Fosforklasserna är baserade på AL-metoden (Egnér m fl., 1960) men denna metod kan ge en överskattning av mängden lättillgängligt fosfat på jordar med högt pH-värde, vilket beror på att utfällt kalciumfosfat löses upp av extraktionsmedlet som har ett lågt pH (3,75). En modifiering av bestämningen av växttillgängligt P behövs för att förbättra gödslingsrekommendationerna och få en effektivare användning av P-gödselmedel.

I andra länder i Europa använder man sig av 0.5 M natriumvätekarbonat (NaHCO₃) för bestämning av växttillgängligt P- (Olsen-P, i rapporten kallat P-Olsen) (Olsen & Sommers, 1982). Extraktionsmedlet har ett högt pH (8.5) vilket inte påverkar det fosfat som är bundet i form av kalciumfosfat och kan därför vara ett alternativ för kalkhaltiga jordar.

Vår forskargrupp lade in en ansökan till SLF 2006 ('Fosforbalanser i jordbruksjordar – upplagring och potentiell frigörelse av växttillgängligt fosfor i olika marktyper och odlingssystem') för att studera uthålligheten av P-tillgången i svenska jordbruksjordar och hur man kan anpassa P-gödslingen bättre med hänsyn till marktyp och odlingssystem. I detta projektförslag ingick också en jämförelse mellan P-AL och P-Olsen. Ansökan beviljades med hälften av det ansökta beloppet med villkoret att 'fokusera på förändrad gödslingsrådgivning för kalkhaltiga jordar i södra Sverige'.

Försöksuppläggning

Projektet inriktades därför på att undersöka skillnaden mellan den i Sverige vanliga extraktionsmetoden med AL-lösning (P-AL) och extraktion med NaHCO₃ (P-Olsen) med avseende på mängden extraherbart fosfat. Vidare undersöktes om lufttorkning av jordprover har en inverkan på halten av fosfat i extraktet jämfört med naturfuktiga jordprover. Lufttorkning av jordprover vid 40 °C görs rutinmässigt eftersom lufttorkad jord är lättare att hantera och lagra. Torkningen i sig kan dock påverka den analyserade fosfathalten så att exempelvis mera fosfat frigörs än vad som är tillgängligt vid naturlig fuktighet.

Frågeställningarna i projektet var:

1. Hur stor är skillnaden mellan P-AL och P-Olsen för olika jordar?
2. Kan skillnaderna mellan P-AL och P-Olsen relateras till olika markegenskaper såsom pH och karbonathalt?
3. Vad betyder markens P-status, dvs hur uppgödslad den är, för skillnaden mellan P-AL och P-Olsen?

4. Hur stor är skillnaden mellan olika odlingssystem (i detta fall en växtföljd med respektive utan stallgödsel och vall) med avseende på mobilisering av fosfat? Finns det ett samband mellan P-AL och P-Olsen som kan användas för en ”översättning” av P-värden? Hamnar en jord i samma P-klass oberoende av metod för P-bestämning?
5. Hur påverkar hanteringen av jordproverna (färska eller torkade) analyserna av lättillgängligt fosfat?

Målsättningen med projektet var att ta fram ett kunskapsunderlag för bedömning och jämförelse av P-analyser och P-klasser bestämda med P-AL och P-Olsen. Denna studie kan förhoppningsvis bidra till reviderade rekommendationer för P-gödsling framför allt på kalkhaltiga jordar.

För denna undersökning valde vi jordar som ingår i de långliggande bördighetsförsöken anlagda av SLU under 1950- och 60-talen. Försöken är uppdelade i två olika växtföljder, med eller utan kreatur. De är anlagda på olika marktyper vilket gör att man kan bedöma betydelsen av såväl jordegenskaper som odlingssystem för upplagring och frigörelse av P.

I båda växtföljderna varierar givorna av N, P och K (Carlgren & Mattson 2001). Beträffande kvävenivån valde vi leden med de högsta N-givorna (för Skåne 150 kg N ha⁻¹ år⁻¹ och för Mellansverige 125 kg N ha⁻¹ år⁻¹). Gödselnivåerna av P och K, som är kopplade med varandra, är baserade på ersättningsprincipen, det vill säga att givorna är relaterade till den mängd P och K som tas bort i skörden. Där stallgödsel ingår (växtföljd I) justeras mineralgödselnivåerna för P och K med hänsyn till mängden P och K i stallgödseln. De led som användes i studien var A (ingen tillförsel av P och K), B (ersättning av bortfört P och K) samt D (ersättning enligt B + 30 kg P och 80 kg K).

De försökslokaler som vi använde var Fjärdingslöv och Örja i Skåne, Högåsa i Östergötland samt Fors i Uppland. Fjärdingslöv och Örja är bördiga lokaler med moränleror. Högåsa är en näringsfattig sandig jord medan Fors är en kalkrik lättlera. Bakgrundsdata visas i Tabell 1.

Tabell 1. Några bakgrundsdata för de lokaler som ingick i undersökningen. CaCO₃ och lerhalt anges i viktsprocent

	Fjärdingslöv ¹		Örja ²		Högåsa ³		Fors ⁴	
	Matjord	Alv	Matjord	Alv	Matjord	Alv	Matjord	Alv
pH	7,8	8,4	7,0	7,3	5,7	6,2	7,3	8,1
CaCO ₃	0,84	0,04	0,06	0,16	0,66	0,25	3,5	40
Lerhalt	14	12	23	39	7	3	18	14

¹Kirchmann m.fl. (1999); ²Kirchmann & Eriksson (1993); ³Kirchmann m.fl. (2005)

⁴Kirchmann (1991)

Material och metoder

Jordprover togs direkt efter skörden hösten 2007 i matjorden (0-20 cm) och alven (40-60 cm). Dessa provdjup används normalt i markprovtagningsrutinerna för bördighetsförsöken. De insamlade jordproverna lufttorkades vid 40 °C och sten och grus (>2 mm) sållades bort. Jordproverna från Högåsa och Fjärdingslöv sållades däremot i naturfuktigt tillstånd eftersom P-analyserna i dessa två fall även utfördes på fuktiga prover. De fuktiga proverna torkades sedan på samma sätt som de övriga proverna och samma analyser upprepades på det lufttorkade materialet. pH_{H₂O} mättes på alla jordprov och där pH översteg 7,0 bestämdes också karbonathalten i samma prov med Passonmetoden (ISO 10693).

Samtliga jordprover analyserades kolorimetriskt med avseende på P-AL och P-Olsen. Extraktionerna med NaHCO₃ (P-Olsen) utfördes enligt SS-ISO 11263. Med denna metod mäts P i extraktet kolorimetriskt liksom för P-AL, det vill säga det är fosfat-P som analyseras. P-AL-metoden är ursprungligen baserad på standard SS 028310 men har sedan modifierats

när det gäller sammansättningen av färgreagenset för den kolorimetriska metoden genom att askorbinsyra har ersatt tennklorid (SnCl_2). Numera analyseras AL-extrakten rutinmässigt med ICP för att få en skattning av den totala P-halten i jordextrakten. Detta är dock inte möjligt för NaHCO_3 extrakt eftersom den höga Na^+ -halten förorenar ICP-utrustningen. Vi gjorde en jämförelse mellan P-AL analyserat med kolorimetrisk metod respektive ICP på fuktiga och torra jordprover från Högåsa. Vi kunde emellertid inte fastställa några signifikanta eller systematiska skillnader mellan metoderna. I resultat och diskussionsdelen nedan är det alltid värden på fosfat-P som redovisas om inget annat anges.

Vi gjorde också en skattning av halten löst P i markvattnet i de naturfuktiga jordproverna för att få en uppfattning om förhållandet mellan denna P-fraktion och P extraherat med Olsen-metoden. 50 ml destillerat vatten blandades med 5 g naturfuktig jord och de erhållna jordsuspensionerna skakades under en timme. De på detta sätt jämviktade proverna centrifugerades därefter och halten av fosfat i den centrifugerade lösningen mättes kolorimetriskt.

Resultat

P-halter i matjorden

Som väntat fick man högre P-värden med AL-metoden (AL-extraktion) än med Olsen-metoden (NaHCO_3 -extraktion). För båda extraktionsmetoderna var det också D-ledet som hade de signifikant högsta P-AL och P-Olsen värdena (Figur 1). Det fanns dessutom en del signifikanta skillnader mellan lokalerna beroende på extraktionsmetod. För B-ledet i båda växtföljderna hade Högåsa de högsta P-Olsen värdena medan Fors hade de lägsta. När det gällde P-AL i matjorden hade Fors däremot betydligt högre halter än de andra lokalerna. Samma mönster visades sig i också i D-ledet.

Den procentuella skillnaden mellan extraktionsmetoderna varierade mellan lokalerna (Figur 2). Beträffande matjorden utgjorde värdena för P-Olsen 5 - 80 % av P-AL-värdena. För Örja var variationen 44-80 % i växtföljd I och beträffande växtföljd II i Örja var den procentuella skillnaden i D-ledet (50 %) signifikant större än i A-ledet (73 %). En sådan tendens (ej signifikant) fanns också beträffande Högåsas matjord (Figur 2). För matjorden i Fors var förhållandet det omvända, då D-ledet hade en signifikant lägre skillnad mellan P-Olsen och P-AL (25%) jämfört med A (5%) och B-ledet (9-10%). Skillnaden mellan P-Olsen och P-AL i Fors var dock betydligt större än för de andra lokalerna.

Det fanns ett starkt linjärt samband mellan pH och den procentuella skillnaden mellan extraktionsmetoderna (Figur 3a), d.v.s. ju högre pH desto större blev skillnaden mellan de båda extraktionsmetoderna. Det linjära sambandet var tydligast för A- och B-leden med i stort sett samma lutning, medan för led D var sambandet något svagare och hade en mindre lutning (Figur 3b). Beträffande D-ledet låg emellertid det lägsta pH-värdet på c:a 6.

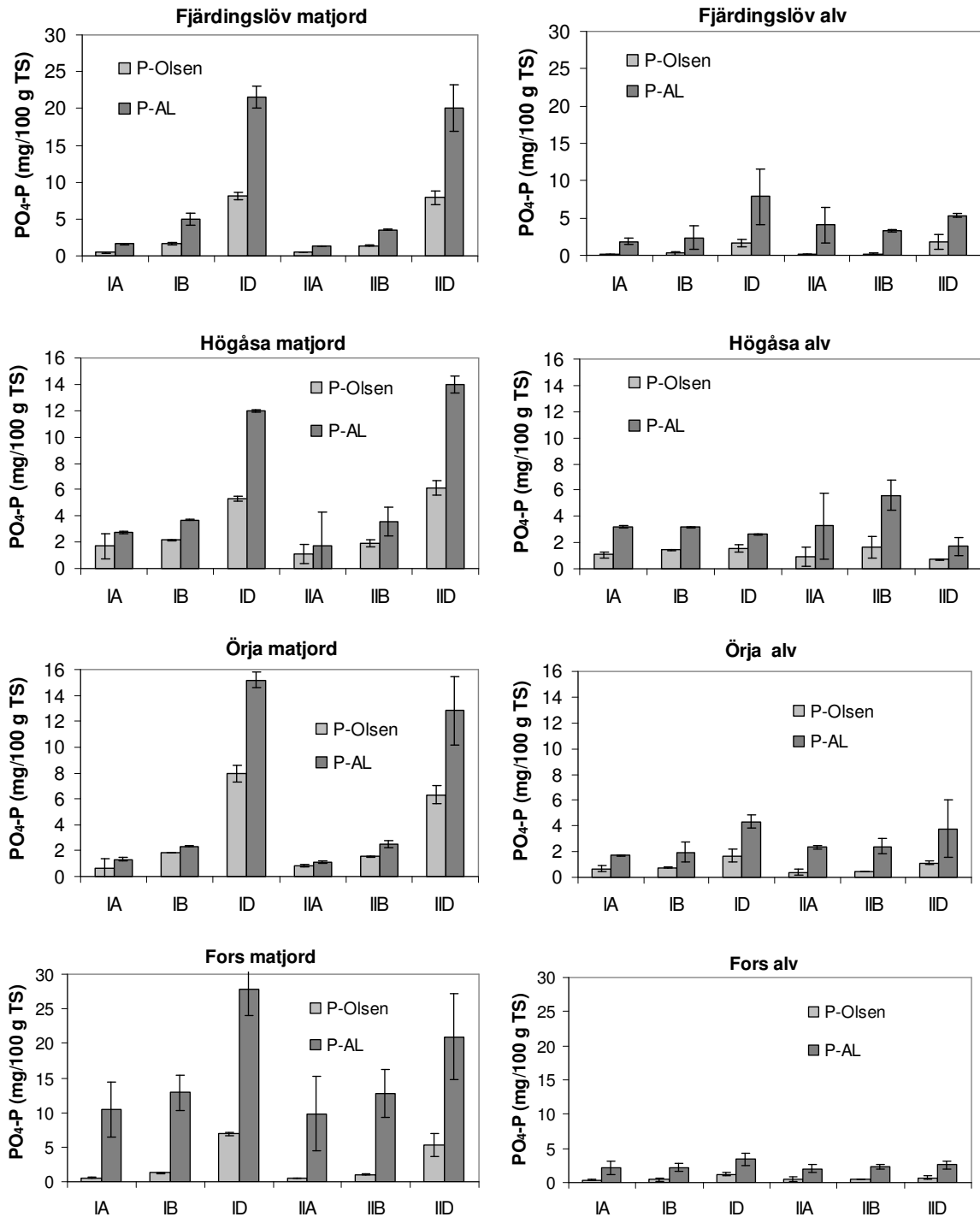
Generellt var det inga signifikanta skillnader mellan de bägge odlingssystemen (växtföljd med eller utan kreatur) beträffande gödslingsled och extraktionsmetod med undantag för P-AL i B-ledet i Fjärdingslöv och P-Olsen i D-ledet för Örja (Figur 1). I bägge fallen var det högre värden för växtföljd I (med kreatur) än för växtföljd II (utan kreatur).

P-halter i alven

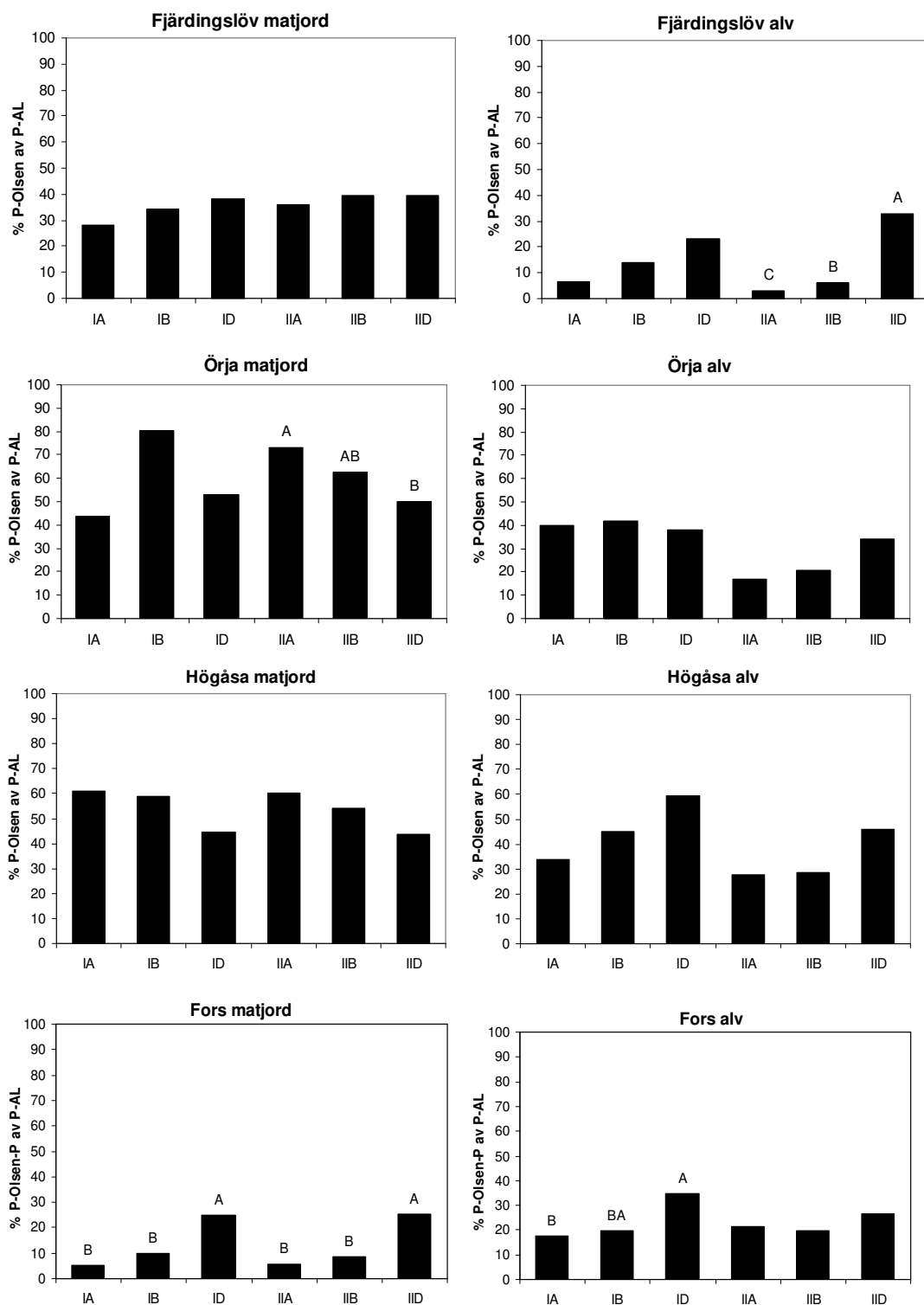
Alven hade också här högre halter av P-AL än P-Olsen, men mellan lokalerna var det framför allt Olsenextraktionen som gav signifikanta skillnader (Figur 1). I A och B-leden för växtföljd I hade Högåsa de högsta P-Olsen värdena men även det högsta P-AL värdet i B-ledet i växtföljd II. Det förelåg också ett högre P-Olsen värde i D-ledet för växtföljd II i Fjärdingslöv (Figur 1).

Förhållandet mellan P-Olsen och P-AL i alven varierade mellan 3 - 59 % (Figur 2). Här kunde man också se en signifikant skillnad mellan behandlingarna i två fall, nämligen

växtföljd II i Fjärdingslöv och växtföljd I i Fors. I båda fallen minskade förhållandet mellan P-Olsen och P-AL med ökad P-gödning (Figur 2). Till skillnad från matjorden fanns det inget tydligt samband mellan den procentuella skillnaden beträffande extraktionsmetoderna och pH (ej figur).



Figur 1. Halt $PO_4\text{-P}$ i AL- och $NaHCO_3$ -extrakten (P-AL och P-Olsen) i torra jordprover från 4 lokaler. I = växtföljd med kreatur, II = växtföljd utan kreatur A = ingen P-gödning, B = ersättning av bortfört P, D = ersättning av bortfört P + 30 kg P/ha.

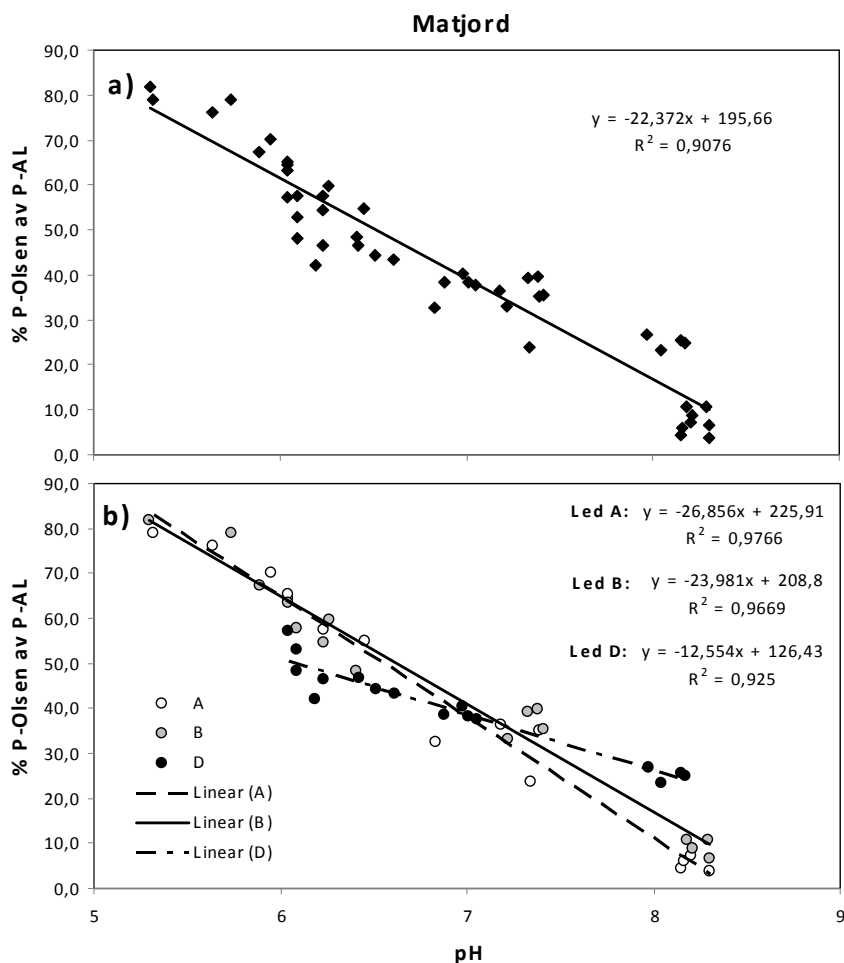


Figur 2. Förhållandet för $PO_4\text{-P}$ mellan AL- och $NaHCO_3$ -extrakten (P-AL och P-Olsen) i torra jordprover från 4 lokaler. Statistiska skillnader mellan leden inom varje växtföljd betecknas med olika bokstäver.

Jämförelse mellan färska och torra prover

I Fjärdingslöv var det genomgående lägre halter av P-Olsen i de färska proverna från matjord och alv, medan P-AL hade lika eller högre halter (Figur 4). I Högåsa var det i stort sett ingen

skillnad i matjorden beträffande torra och färska prover. I alven erhöles däremot lägre halter i färska prover med P-Olsen-metoden (Figur 4).



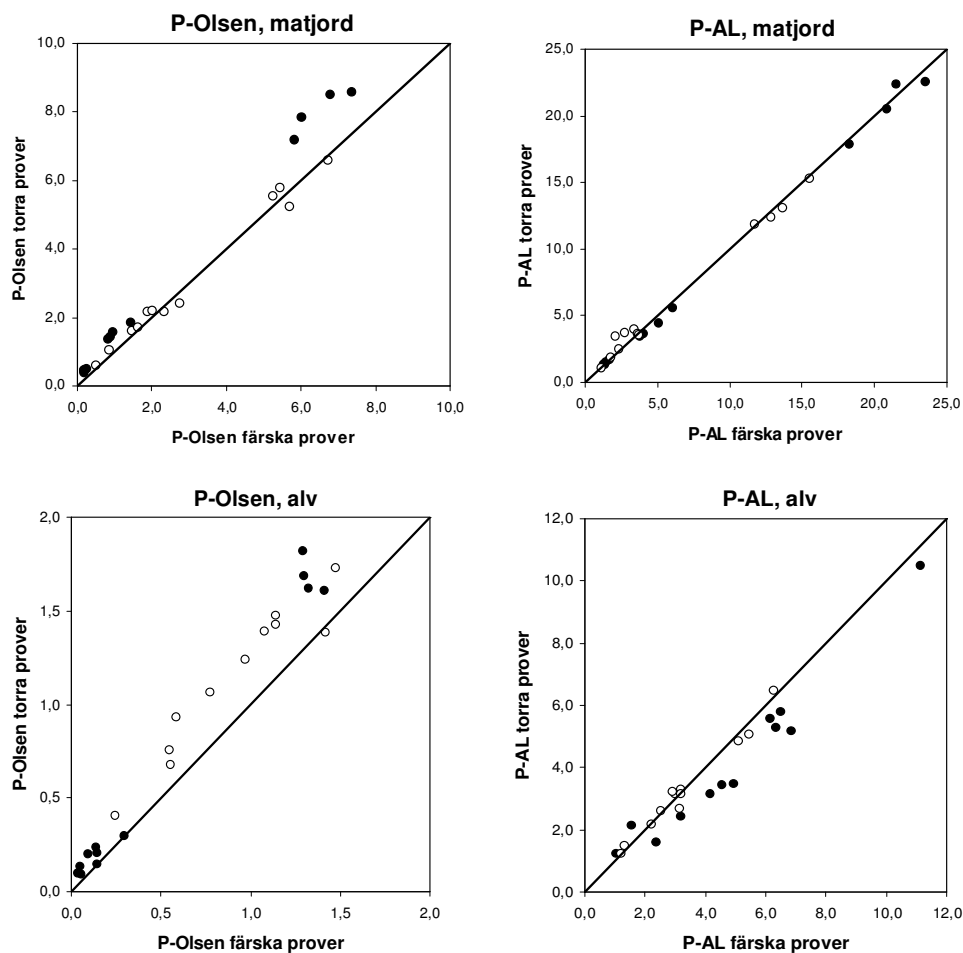
Figur 3. Sambandet mellan pH och den procentuella skillnaden mellan extraktionsmetoderna för a) alla led tillsammans och b) för varje enskilt led i matjorden för alla lokaler. Jämförelse med vattenlösligt fosfat med P-Olsen

Beträffande matjorden i Fjärdingslöv var halterna för vattenlösligt fosfat-P 12-45 % av fosfatvärdena extraherade med P-Olsen metoden medan i Högåsa utgjorde vattenlösligt fosfat endast 3-10 % av P-Olsen (Figur 5). Sambandet mellan de bägge extraktionsmetoderna var dock starkt inom varje lokal (Fjärdingslöv: $R^2=0,99$; Högåsa: $R^2=0,91$) vilket visar en stark koppling mellan de två lättlösliga fraktionerna. I alven förelåg däremot en stor variation (8-119% av P-Olsen) och inga synliga samband.

Diskussion

De fyra lokaler som undersökts har en stor spridning när det gäller P-halterna. För P-AL värdena i matjorden gäller att A- och B-leden i Fjärdingslöv, Örja och Högåsa hamnar P-klass I respektive II medan A och B-leden i Fors hamnar i klass IV. Beträffande D-ledet hamnar Örja och Högåsa i klass IV medan Fjärdingslöv och Fors ligger i klass V. För P-AL värdena i alven hamnar de flesta jordarna i klass I och II. Generellt rekommenderas ingen P-gödsling om P-AL värdena ligger i klass IV eller V (Jordbruksverket, 2006). Jämför man med samma klassgränser men med motsvarande P-Olsen värden så hamnar de generellt en klass lägre för A och B-ledet i både matjord och alv, i några fall ligger de inom samma klass. När det gäller D-ledet i matjorden från Fjärdingslöv och Fors så ligger P-Olsen två klasser lägre. Man kan

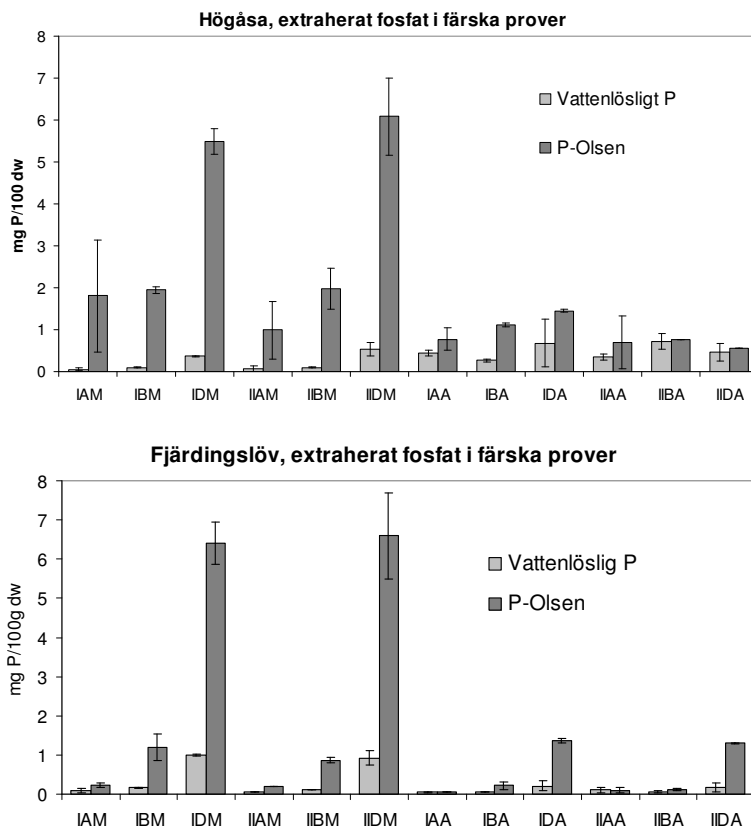
jämföra med de danska P-gödslingsrekommendationerna som utgår från P-Olsen-halterna där ett värde mellan 2-4 mg/100 g (kallat fosfortal, Pt) betraktas som en nivå där P-gödslingen ska motsvara den P-mängd som tas bort med skörden (Rubæk m.fl. 2005). P-Olsen nivåerna i B-ledet för de svenska långliggande bördighetsförsöken, där behandlingens gödslingsnivå ska motsvara borttaget av P med skörden, ligger mellan 1-2 mg/100 g vilket enligt de danska rekommendationerna innebär att de bör gödslas med en P-mängd som är 20-40 % högre än den P-mängd som tas bort med skörden. I D-ledet i Högåsa och Fors ligger P-Olsen nivåerna mellan 4-6 mg/100 g vilket motsvarar en P-gödslingsnivå som ligger 25-50 % av den P som tas bort med skörden medan motsvarande halter i Fjärdingslöv och Örja överstiger 6 mg/100 g vilket enligt de danska rekommendationerna betyder att ytterligare P-gödsling inte behövs (Rubæk m.fl. 2005).



Figur 4. Jämförelse mellan halterna av P-AL och P-Olsen från färska och torra prover från Fjärdingslöv (●) och Högåsa (○). Den heldragna linjen motsvarar ett 1:1 förhållande.

Våra resultat tyder på att halterna av P-Olsen och P-AL är starkt relaterade till varandra, åtminstone i de lägre P-klasserna (led A och B, P-AL klass I – III). För D-ledet (P-AL klass IV – V) avviker den linjära regressionen och ger en lägre lutning (figur 3). Detta är förmodligen en avspeglning av att de procentuella skillnaderna mellan P-Olsen och P-AL minskar med ökad gödselgiva för Fors som är en kalkrik lokal. En förklaring kan vara att vid de högre gödslingsnivåerna finns det mer fritt fosfat som bildar svårlösliga kalciumfosfatkomplex men även mer labila kalciumfosfatföreningar kan bildas. Dessa kan adsorberas till markpartiklar och vid NaHCO_3 extraktionen kan dessa labila kalciumfosfatföreningar lösas upp (Castro & Torrent 1995). Detta gör att även NaHCO_3

extraktionen är pH-beroende (Barberis m.fl. 1996). Det betyder i så fall att för kalkrika lokaler med högre P-AL klasser går det inte använda samma förhållande mellan P-Olsen och P-AL värden som vid lägre P-AL klasser.



Figur 5. Vattenlöslig P (mätt som fosfat-P) och P-Olsen för Fjärdingslöv och Högåsa.

Skillnaderna mellan fuktiga och torra prover när det gäller P-halterna var inte entydiga men det verkar som om lösligheten kan öka vid torkningen. Simonsson m.fl. (1999) jämförde halterna av Al och Si efter extraktion av fuktiga och torkade jordprover och fann att utbytet blev högre från torkade prover beroende på ökad löslighet av Al och Si efter torkning. De konstaterade vidare att det behövs längre tid för jämviktning med extraktionsmedlet när proverna är fuktiga.

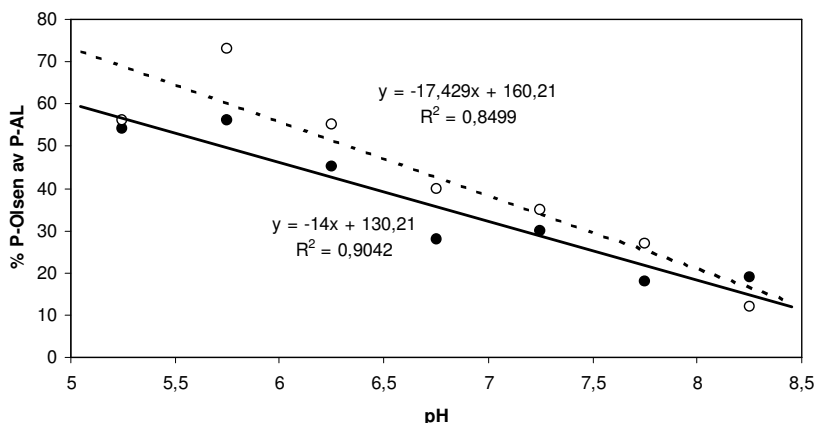
Jämförelse med andra studier

Andra studier har gjorts med samma typ av jämförelser. Olsson & Eriksson (2002) jämförde P-AL och P-Olsen i matjordsprover från 144 platser spridda över Sverige. De procentuella skillnaderna redovisades i olika pH-intervall. Vi jämförde våra data med Olsson & Eriksson genom att dela in våra data i motsvarande pH-intervall och denna jämförelse visas i figur 6. Jämförelsen visar en god överstämmelse mellan de olika dataseten när det gäller lutningen för de olika ekvationerna men korrelationskoefficienten är något sämre för datasetet från Olsson & Eriksson (figur 6).

Motsvarar P-Olsen den växttillgängliga fraktionen?

Vilken metod ger då den bästa uppskattningen av halten växttillgängligt P? I en irländsk studie jämfördes Olsenmetoden med andra extraktionsmetoder när det gäller upptag av växttillgängligt P i rajgräs (Humphreys m.fl. 2001). Man fann att upptaget bäst motsvarade de P-halter som extraherades med Morgan-metoden (Na-acetat + ättiksyra, pH 4,8), en metod

som liknar AL-metoden, medan för P-Olsen var överensstämmelsen sämre, i alla fall vid höga P koncentrationer i jorden.



Figur 6. Jämförelse mellan vår studie och Olsson & Eriksson (2002) när det gäller sambandet mellan pH och den procentuella skillnaden mellan P-AL och P-Olsen. Heldragen linje och symbol ● = vår studie; streckad linje och symbol ○ = Olsson & Eriksson (2002).

I tabell 2 visas en enkel beräkning där vi har använt P-halterna från de tre olika extraktionerna med fuktiga jordprover från D-ledet i Högåsa och Fjärdingslöv. Som gröda valde vi höstvetete och D-ledet motsvarar en välgödslad jord (P-AL klass IV-V). Halterna har sedan räknats om till P-mängder i matjord (0-30 cm) och alv (30-60 cm) med hjälp av skrymdensiteterna för de olika jordarna. Utifrån 2005 års skördedata från Östergötland och Skåne när det gäller höstvetete och med ett antagande på 0,3 % P i kärnan har sedan växtupptaget i delar som skördats räknats ut. Uppskattningen visar att bortförslin via skörden (kärna) av P bara motsvarar en bråkdel av P-AL men även för P-Olsen är det bara 6-7 %. För vattenlösligt P är det 40-45 %,

Tabell 2. Mängden extraherbar P (kg/ha i matjord och alv, 0-60 cm) och beräkning av den procentuella bortförslin av P med grödan från olika P-fraktioner

Lokal	-----kg/ha -----					-----% upptag -----		
	P-AL	P-Olsen	P-H ₂ O	skörd	P kärna	P-AL	P-Olsen	P-H ₂ O
Högåsa	669	289	44	6650	20	3	7	45
Fjärdingslöv	1462	399	59	7790	23	2	6	40

Slutsatser

Det finns ett starkt samband mellan P-Olsen och P-AL i matjorden. Sambandet är starkt pH-beroende och i viss mån också beroende av P-halterna i jorden. Däremot för kalkrika matjordar med hög P-halt avviker detta förhållande. P-Olsen värdena hamnar generellt i en P-klass lägre jämfört med motsvarande P-AL värde. Resultaten är i överensstämmelse med tidigare undersökningar som visar att det kan vara möjligt att översätta P-AL värden till P-Olsen under förutsättningen att man också har pH-värdet för den aktuella jorden. Man bör dock göra ytterligare undersökningar för att kunna få säkrare kalibreringsdata. Vidare bör det undersökas om P-innehållet mätt med Olsen-metoden motsvarar grödans behov av P under växtsäsongen.

Publikationer

Andersson, A., Eriksson, J., Andersson, J. & Mattsson, L. (2000) Phosphorus accumulation in Swedish agricultural soils. Swedish Environmental Protection Agency, Report, 5110.

Barberis, E., Marsan, F.A., Scalenghe, R., Lammers, A., Schwertmann, U., Edwards, A.C., Maguire, R., Wilson, M.J., Delgado, A., & Torrent, J. (1996) European soils overfertilized with phosphorus: Part 1. Basic properties. *Fertilizer Research* 45:199-207.

Carlgrén, K. & Mattsson, L. (2001) Swedish soil fertility experiments. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 51, 49-78.

Castro, B. & Torrent, J. (1995) Phosphate availability in calcareous vertisols and inceptisols in relation to fertilizer type and soil properties. *Fertilizer Research* 40:109-119

Egnér, H., Riehm, H., & Domingo, W.R. (1960) Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26:199-215.

Humphreys, J., Tunney, H. & Duggan, P. (2001) Comparison of extractable soil phosphorus with dry matter production and phosphorus uptake by perennial ryegrass in a pot experiment. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 40: 45-54.

ISO. (1994) Soil quality – Determination of phosphorus – spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution. ISO 11263:1994

ISO. (1995) Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method. ISO 10693:1995

Jordbruksstatistik årsbok 2006. Sveriges officiella statistik. Jordbruksverket SCB.

Kirchmann, H. (1991) Properties and classification of soils of the Swedish long-term fertility experiments. I. Sites at Fors and Kungsängen. *Acta Agriculturae Scandinavica* 41, 227-242.

Kirchmann, H. & Eriksson, J. (1993) Properties and classification of soils of the Swedish long-term fertility experiments. II. Sites at Örja and Orup. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 43, 193-205.

Kirchmann, H., Eriksson, J. & Snäll, S. (1999) Properties and classification of soils of the Swedish long-term fertility experiments. IV. Sites at Ekebo and Fjärdingslöv. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 49, 25-38.

Kirchmann, H., Eriksson, J., Snäll, S. & Mattsson, L. (2005) Properties and classification of soils of the Swedish long-term fertility experiments: V. Sites at Vreta Kloster and Högåsa. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 55, 98-110.

Olsen, S.R. & Sommers, L.E. (1982) Phosphorus. I: *Methods of Soil Analysis, part 2 – Chemical and microbiological properties. Agronomy No. 9*, sid. 403-430.

Olsson, S. & Eriksson, J. (2002) Harmonisering av analysmetoder för pH, fosfor och tungmetaller. Preliminära resultat och slutsatser. Slutrapport till Naturvårdsverket.

Riktlinjer för gödning och kalkning 2006 (2005) *Jordbruksverket, Rapport 2005:21*

Rubæk, G., Heckrath, G. & Knudsen, L. (2005) Fosfor i dansk landgrugsjord. *Grøn Viden, Markbrug* 312:1-12

Simonsson, M., Berggren, D. & Gustafsson, J.P. (1999) Solubility of aluminum and silica in spodic horizons as affected by drying and freezing. *Soil Science Society of America Journal*. 63, 1116-1123.

SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige. (1993) Markundersökningar – Extraktion och bestämning av fosfor, kalium kalcium, magnesium och natrium ur jord med ammoniumlaktat/ättiksyralösning (AL-metoden) SS 028310:1993

Övrig resultatförmedling till näringen

Hittills ingen övrig resultatförmedling eftersom projektet nyss har avslutats.