

Slutrapport avseende projekt H0970257 inom SLFs program för fosfor:

Fosforutlakning i förhållande till grödans upptag

Bakgrund och syfte

Framför allt Östersjön lider av en oacceptabel närsaltsbelastning som orsakar svåra utbrott av algbloomning. Det är framförallt kväve och fosfor som orsakar problemen, och en stor del av det kväve och fosfor som transporteras med vattendragen till haven kommer från jordbruket (Boesch m.fl., 2006). Tidigare har man fokuserat på att minska kvävetillförseln för att minska belastningen, men numera anser man att åtgärder krävs för att reducera även fosfortillförseln. Fosforutlakningen påverkas inte minst av jordtyp, men också av olika odlingsåtgärder såsom jordbearbetning och gröda (Bergström m.fl., 2007).

Flera studier pekar på att gödsling (Ulén & Mattsson, 2003) och grödans upptag av fosfor (Bergström & Kirchmann, 2006) har betydelse för utlakningens storlek, men hur dessa samband hänger ihop är långt ifrån klarlagt. För att kunna bedriva ett jordbruk där hänsyn tas till både produktion och utlakning bör vi få bättre klarhet i vilken roll ett effektivt fosforupptag från grödan har för fosforutlakningens storlek. En faktor som påverkar fosforupptaget är grödans skördepotential. En kraftig gröda har större behov av fosfor och större förutsättningar att tillgodogöra sig mycket fosfor än en svag gröda.

Förutom grödans upptag av fosfor påverkas fosforutlakningen av markens egenskaper. Mark som har stor potential att binda fosfor anses ha en lägre risk för fosforutlakning (Ulén, 2006). Markens förmåga att binda fosfor påverkas bl.a. av aluminium- och järninnehållet i marken. Ju högre fosformättnadsgrad, desto större risk för fosforutlakning. För att beräkna markens fosformättnadsgrad kan man därför analysera extraherbart fosfor, järn och aluminium.

Syftet med undersökningen var att undersöka i vilken mån fosforutlakningen påverkas av hur effektivt grödans fosforupptag är. Platsen för undersökningen är en lerjord vid Lanna forskningsstation där det tidigare visats att fosforutlakningen svarar på olika odlingsåtgärder (Ulén & Mattsson, 2003; Torstensson m.fl., 2006). Studien utfördes i ett befintligt försök med stigande kvävegivor (SLF-projekt H0833486). Dessa givor förväntades ge olika skördenivåer och därmed olika upptag av fosfor.

Material och metoder

Försöksplats och försöksplan

Fosforutlakning mättes i ett kvävegödslingsförsök på lerjord med stigande kvävegivor i en utlakningsanläggning på Lanna. I försöket odlades havre första året och höstvetete året därpå. Gödslingsbehandlingarna utfördes i havren och utlakningen mättes fram till september året efter. Förutom fosforutlakning mättes markens fosforstatus samt fosforupptag i grödan och fosfor bortförd med skörd, för att se om fosforbalansen det enskilda året har betydelse för fosforutlakningen.

Tabell 1. Försöksplan för stigande kvävegivor

Led	Gödslingsnivå
A.	0 kg N/ha
B.	70 % av normal gödslingsnivå
C.	100 % av normal gödslingsnivå
D.	130 % av normal gödslingsnivå
E.	170 % av normal gödslingsnivå

Mark- och grödprovtagning

För uppskattning av växtens fosforupptag utfördes rutvis klippning av havren en gång under växtsäsongen och dessa prover analyserades på fosforinnehåll. För rutvis bestämning av biomassa vid klipptillfället scannades grödan med handburen N-sensor, vilket kalibreras mot uppmätt mängd i ett av blocken. Matjorden provtogs rutvis för bestämning av växttillgängligt fosfor enligt AL-metoden, P-AL (Egnér et al., 1960) inför försökets start. Markprofiler togs sedan rutvis efter försökets slut för bestämning av lättlösligt P-AL, Fe-AL och Al-AL i skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm. Markens innehåll av järn (Fe) och aluminium (Al) har betydelse för markens fosforbindande förmåga och Fe-AL och Al-AL kan användas tillsammans med P-AL för att bedöma fosformättnadsgraden, som har betydelse för markens benägenhet att läcka fosfor (Ulén, 2006). Från dessa värden kan fosformättnadsgraden (DPS-AL) räknas ut, genom att man räknar ut hur många mol lättlöslig fosfor det går på mol lättlösligt aluminium och järn. Ett högt värde visar på hög fosformättnadsgrad och därmed större risk för utlakning av fosfor.

Utlakningsmätning

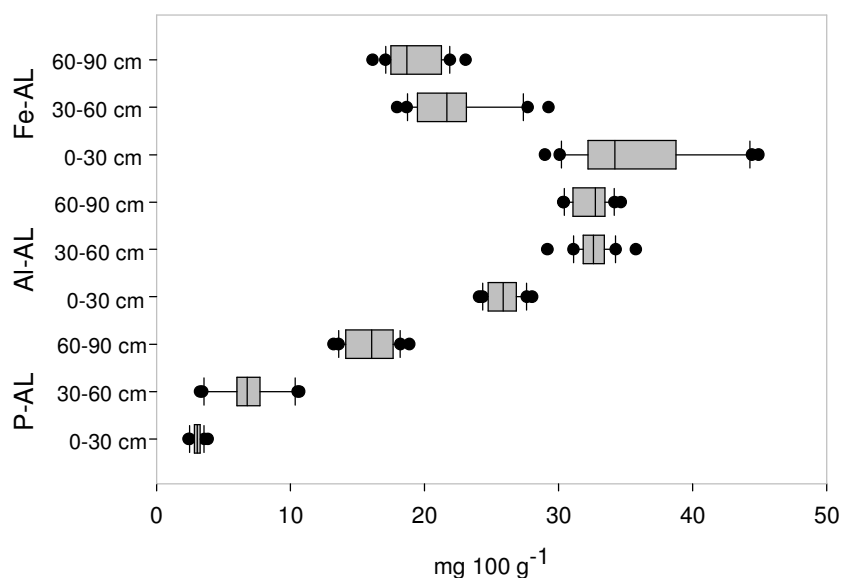
I utlakningsanläggningarna på Lanna är separata dräneringssystem installerade med 8 m ledningsavstånd i alla försöksrutor. Dräneringsvattnet samlas upp i en mätstation, där mängden mäts rutvis med s.k. vippkärl. Rutvisa samlingsprov tas ut automatiskt och kontinuerligt ur vattnet under bestämda tidsperioder. Koncentrationen av totalfosfor i samlingsprovet multipliceras med den uppmätta avrinningen under samma tidsperiod. Ibland skiljer avrinningen stort mellan rutor och det kan finnas anledning att använda sig av medelavrinningen i hela försöket. I detta projekt räknades utlakningen ut från både rutvis avrinning och medelavrinning. Skillnaden var liten och det som presenteras är utlakningen som beräknats från den rutvisa avrinningen. Försöksplatsen installerades under 2008 och har en rutstorlek på 20 x 21 m. Utlakningsmätningarna är flödesproportionella, vilket är en stor fördel vid mätning av P-utlakning, som kan komma stötvis. Utlakning har mätts fr.o.m. gödsling till havren 2010 och fram t.o.m. september 2011.

Resultat

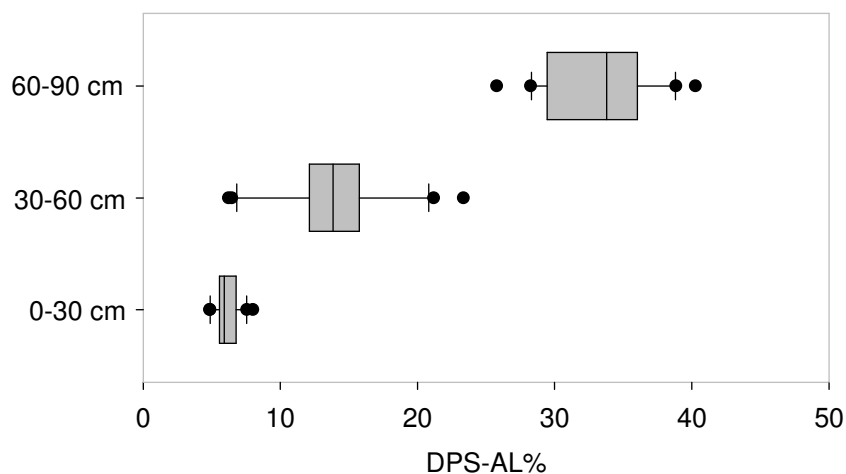
P-AL och fosformättnadsgrad

P-AL i matjorden i försöket låg vid i P-AL klass II. Vid provtagningen 2010 var medel 3,7 och 2012 3,0 mg P 100g⁻¹. P-AL i alven var högre med 7 mg P 100g⁻¹ i skiktet 30-60 cm och 16 mg P 100g⁻¹ i skiktet 60-90 cm (figur 1). Fe-AL låg runt 25 mg Fe 100g⁻¹ och Al-AL låg runt 30 mg Fe 100g⁻¹. DPS-AL var ca 6 % i matjorden, 14 % i övre alven och 33 % längre ner i alven med en viss variation mellan rutor (figur 2). Detta är måttliga nivåer (Ulén, 2006),

vilket överensstämmer med tidigare undersökningar av fosforsorption på Lanna (Ulén et al., 2005).



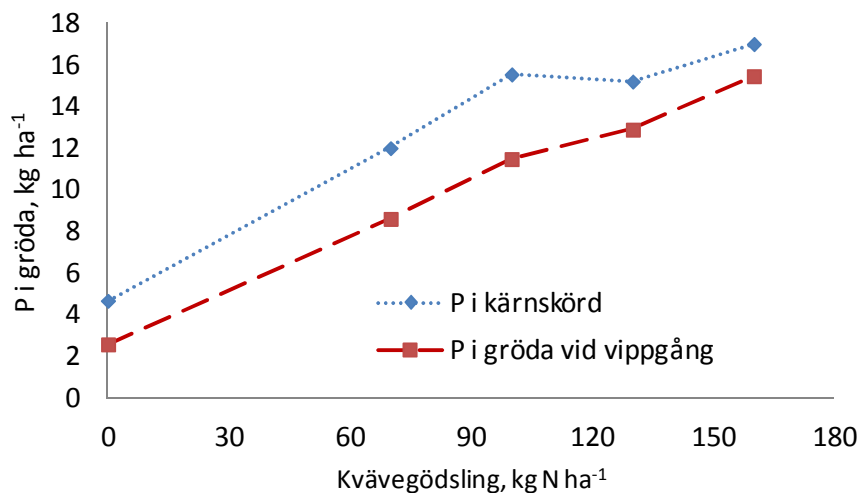
Figur 1. P-AL, Al-AL och Fe-AL för olika markskikt 2012 där lådorna visar medianvärde samt undre och övre kvartil, morrhåren anger spridningen och prickarna märker ut outliers.



Figur 2. Fosformättnadsgrad, DPS-AL, i de olika markskikten.

Fosforupptag

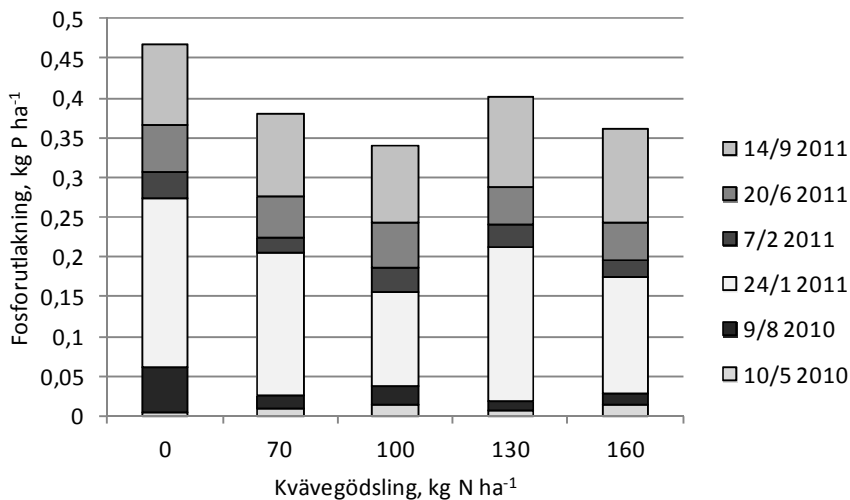
Både fosforkoncentrationen och den ovanjordiska biomassan ökade med ökad kvävegiva vid provtagningen i begynnande vippgång (DC 51) (figur 3). Kärnskorde av havre ökade som väntat med ökad kvävegödslingsintensitet. Även fosforkoncentrationen i grödan i de två lägsta gödslingsnivåerna var lägre än i övriga led. Fosfor bortförd med skörd ökade således med kvävegödslingsintensiteten (figur 3).



Figur 3. Fosfor i ovanjordisk gröda vid vippgång samt fosfor i skördad havrekärna vid olika kvävegödslingsnivå.

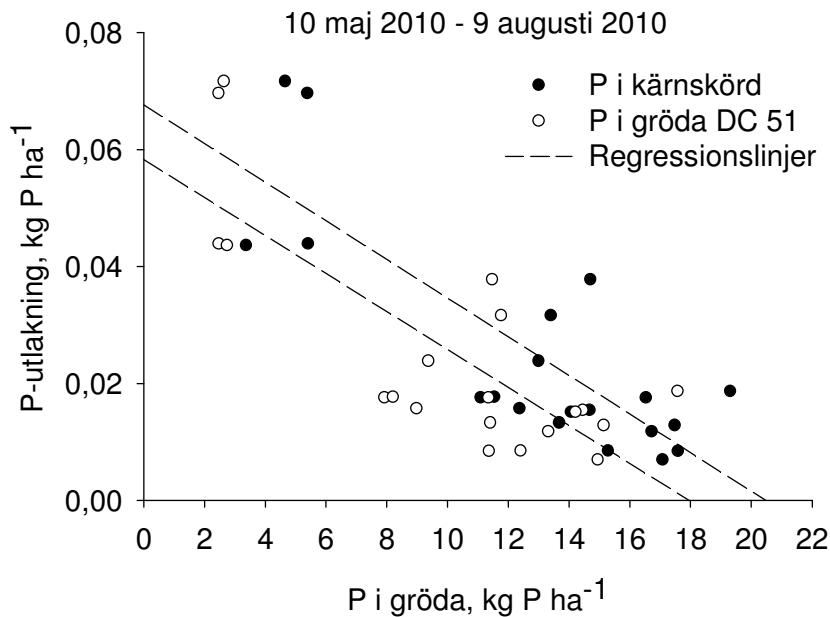
Utlakning

Under odlingssäsongen var utlakningen generellt låg. Men fosforutlakningen var högre i oögdslat led än i övriga led, och detta var tydligast framför allt under odlingssäsongen (10/5-9/8; svart stapel) (figur 4) Skillnaden var då också statistiskt signifikant ($P < 0,0001$).

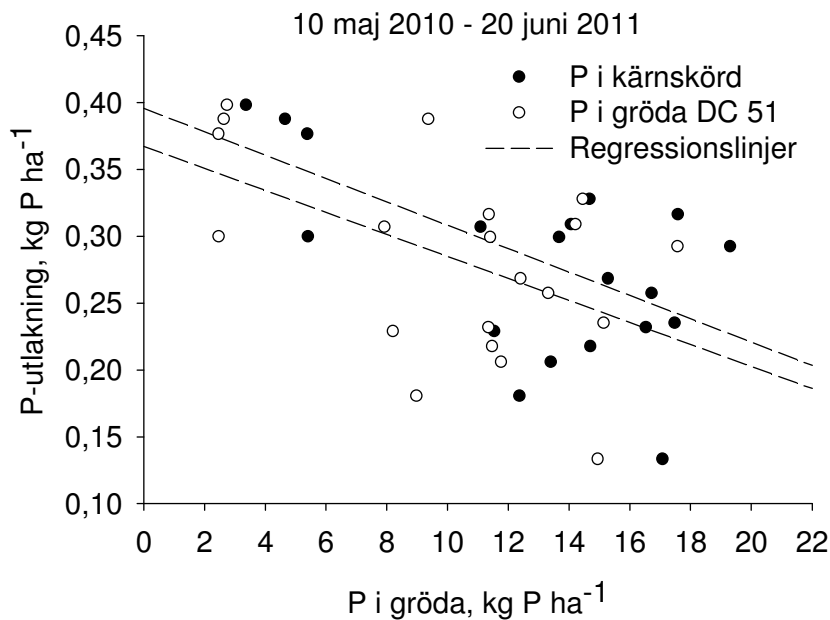


Figur 4. Uppmätt fosforutlakning under växtodlingssäsongen fram till olika datum efter sådd av havre vid olika kvävegödslingsnivåer.

Plottar man rutvis utlakning under odlingssäsongen mot fosfor bortförd med skörd får man ett linjärt samband (figur 5), som dock mest beror på ledet utan kvävegödsling som avvek tydligt från de andra leden. Sambandet blir lite svagare mot för utlakningen under hela perioden 10 maj-20 juni (figur 6).



Figur 5. Fosforutlakning vid olika fosforupptag ($r^2=0,61$) och bortförel av fosfor med kärnskörd ($r^2=0,66$) från gödning till skörd.



Figur 6. Fosforutlakning vid olika fosforupptag ($r^2=0,27$) och bortförel av fosfor med kärnskörd ($r^2=0,32$) från gödning till sommaren året därpå.

Det fanns inget samband mellan hög utlakning och hög fosformättnadsgrad (DPS-AL) på någon marknivå (tabell 2). Under vissa provtagningsperioder, dock inte under och strax efter odlingssäsongen (10 maj 2010 - 24 januari 2011), fanns det ett tydligt linjärt positivt samband mellan kväveutlakning och fosforutlakning (tabell 3).

Tabell 2. Korrelationskoefficient (r) mellan fosformättnadsgrad (DPS-AL) för marknivåerna 0-30, 30-60 och 60-90 cm och utlakning uppmätt vid olika tidpunkter på året.

	<i>Datum för provtagning av utlakning (ackumulerad sen föregående mätillfälle)</i>							
	<i>mar-10</i>	<i>apr-10</i>	<i>maj-10</i>	<i>aug-10</i>	<i>jan-11</i>	<i>feb-11</i>	<i>jun-11</i>	<i>sep-11</i>
DPS-AL 30	-0,54	-0,36	-0,43	-0,22	0,21	-0,15	-0,26	-0,32
DPS-AL 60	-0,66	-0,58	-0,45	-0,29	0,21	-0,24	-0,34	-0,27
DPS-AL 90	-0,47	-0,67	-0,49	-0,28	0,15	-0,28	-0,19	-0,46

Tabell 3. Kvot mellan kväve och fosfor i dräningsvattnet (N/P) under olika perioder samt determinationskoefficienten (r^2) som anger hur stor del av variationerna i fosforkoncentration som samvarierar med kvävekoncentration.

Utlakningsperiod	N/P	r^2
- 23 mars 2010	5,4	0,56
23 mars - 6 april	16	0,43
6 april - 10 maj 2010	12	0,54
10 maj - 9 aug 2010	43	0,04
9 aug 2010 - 24 jan 2011	9,2	0,005
24 jan - 7 feb 2011	9,2	0,83
7 feb - 20 jun 2011	25	0,14
20 jun - 14 sep 2011	5,3	0,86

Diskussion

Fosforutlakningen var högst i ogödslad led (figur 4), där också fosforupptaget var lägst (figur 3). Den större utlakningen var tydligast under växtsäsongen (figur 5). Detta tyder på att en produktiv och livskraftig gröda har betydelse för att begränsa fosforutlakningen på jordar med risk för utlakning. Utlakningen var dock som högst under vinterhalvåret, då effekten av havrens fosforupptag borde var mindre betydande. Här var det förmodligen snarare eventuella skillnader i höstvetegrödans fosforupptag eller grödans effekter på markytan som hade kunnat ha betydelse. Några sådana skillnader av betydelse finns inte dokumenterade. Då grödans tillväxt inte är så stor under denna period kan det också vara av mindre betydelse.

Skillnaderna i fosforutlakning mellan rutor under den perioden berodde sannolikt på något annat. Det gick dock inte att koppla till högre fosformättnad i rutor med högre fosforutlakning (tabell 2), utan det har förmodligen berott på andra skillnader. Att det fanns ett samband mellan utlakning av totalfosfor och totalkväve under delar av denna period visar också att det inte främst handlar om skillnader som påverkar just hur fosfor läcker (t.ex. fosforsorption), utan om skillnader i faktorer som påverkar växtnäringens utlakningen mer allmänt, såsom mineralisering av organiskt material och vattenflöden genom marken.

Slutsatser

Att ha en livskraftig gröda som effektivt tar upp fosfor har viss betydelse för fosforutlakningen. Effekten på den totala utlakningen är dock begränsad. Då stor del av avrinningen och därmed utlakningen sker under vinterhalvåret innan någon gröda etablerats eller då befintlig gröda inte har någon kraftig tillväxt, blir andra faktorer av större betydelse.

Publikationer från projektet

En svensk rapport och ett abstract till en poster på International P workshop (Uppsala 22-23 sep 2013) ska publiceras under 2013:

Delin, S. och Stenberg, M. 2013. Fosforutlakning i förhållande till grödans upptag, resultat från ett havreförsök på lerjord. Institutionen för mark och miljö, rapport X.

Delin, S. och Stenberg, M. 2013. Phosphorus leaching depending on crop uptake in oats on a Swedish clay soil. 7th International Phosphorus Workshop (IPW7) Uppsala, Sweden, 9-13 September 2013

Resultaten kommer också att presenteras tillsammans med resultat från det parallella projektet (H0970257) avseende kväveutlakning i en internationell vetenskaplig artikel:

Delin, S. och Stenberg, M. Nitrogen and phosphorus leaching depending on nitrogen fertilization in oats on a Swedish clay soil. Manuscript to be submitted during 2013.

Resultatförmedling till näringen

Resultaten kommer att presenteras på regionala konferenser och/eller liknande tillsammans med resultat från det parallella projektet (H0970257) avseende kväveutlakning när det är färdigsammanställt.

Referenser

- Bergström, L. & Kirchmann, H. 2006. Leaching and crop uptake of nitrogen and phosphorus from pig slurry as affected by different application rates. *J. Environ. Qual.* 35, 1803-1811.
- Bergström, L., Djodjic, F., Kirchmann, H., Nilsson, I., Ulén, B. 2007. Fosfor från jordbruksmark till vatten – tillstånd, flöden och motåtgärder i ett nordiskt perspektiv. Rapport Mat21 2/2007, 61 s.
- Boesch, D., Hechy, R., O'Melia, C., Schindler, D. & Seitzinger, S. 2006. Eutrophication of Swedish Seas. Report 5509. Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 91-5509-7, ISSN 0282-7298.
- Egnér, H., Riehm, H. & Domingo, W.R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoff-zustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans annaler* 26,199-215.
- Ulén, B. & Mattsson, L. 2003. Losses of different forms of phosphorus and of nitrate from clay soil under grass and cereal production. *Nutrient cycling of Agroecosystems* 65, 129-140.
- Ulén, B., Aronsson, H. Torstensson, G. & Mattsson, L. 2005. Phosphorus and nitrogen turnover and risk of waterborne phosphorus emissions in crop rotations on a clay soil in southwest Sweden. *Soil Use and Management* 21, 221-230.
- Ulén, B. 2006. Förenklad bedömning av risken för läckage av löst fosfor från dränerad jord. SLU, Fakta Jordbruk 4.