

Betydelsen av fosfortillförselns tidpunkt och storlek för upptaget i potatis

Johanna Lundell och Joakim Ekelöf, SLU Alnarp

Bakgrund

Dagens intensiva jordbruk är en av de största källorna till fosforläckage, vilket orsakar miljöproblem såsom eutrofiering av våra vatten. Potatis är en av de ekonomiskt viktigaste grödorna i svenskt jordbruk, men är också en gröda med hög potentiell risk för fosforläckage. Anledningar är bland annat höga gödselrekommendationer och att potatis ofta odlas på lätta jordar med hög bevattningsintensitet. Dessutom ligger fosforhalterna i svenska jordar relativt högt, till stor del på grund av lång tids uppgödsling och korta potatisväxtföljder. Mängden fosfor som tillförs i potatisproduktion bör optimeras för att reducera miljöbelastningen men också med anledning av de sinande tillgångarna på mineral fosfor, vilket är ett världsproblem som drastiskt har ökat priset på fosfor. Målet att skapa ett mer uthålligt användande av fosfor i jordbruket kan nås genom ökad precision, återanvändning och recirkulering av resurserna.

Många försök har genomförts för att undersöka potatisgrödans skördeeffekt av olika fosfornivåer i olika typer av jordar, men med varierande resultat. Därför har det efterlysts forskning där näringstillförseln regleras efter plantans behov och försök där utnyttjandegraden av både tillfört fosfor och fosfor från markbufferten studeras. Den rapporterade studien finansierades av SLF och utfördes under 2008 på SLU Alnarp. Målsättningen var att studera utnyttjandegraden av tillfört fosfor hos en matpotatissort odlad i två olika jordar med olika fosforhalt och hur denna utnyttjandegrad påverkas av mängden och tidpunkten för fosfortillförseln. Resultaten kan ge potatisodlarna en möjlighet att optimera appliceringsstrategin av fosforgödning och därigenom minska den totala mängden tillsatt fosfor, med reducerad miljöpåverkan och ökad ekonomisk vinst som positiv följd.

Material och metoder

I denna studie sattes ett försök upp i Biotronens klimatkammare, SLU Alnarp, under perioden januari-maj 2008 med syftet att undersöka:

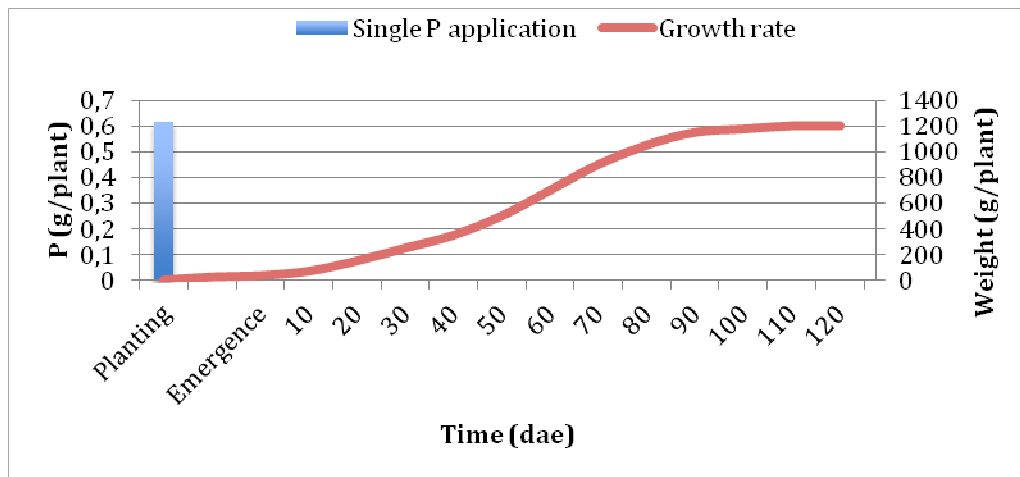
- (i) om utnyttjandegraden av tillförd fosfor hos potatis kunde ökas med delad giva under tillväxtperioden jämfört med en enkel giva vid sättning
- (ii) grödans respons på behandlingarna genom fosforupptag, tillväxt och knölskörd
- (iii) om den totala mängden fosfor kunde minskas genom delad giva

Som odlingssubstrat användes två typiska potatisjordar med anledning av skillnaden i fosforhalt:

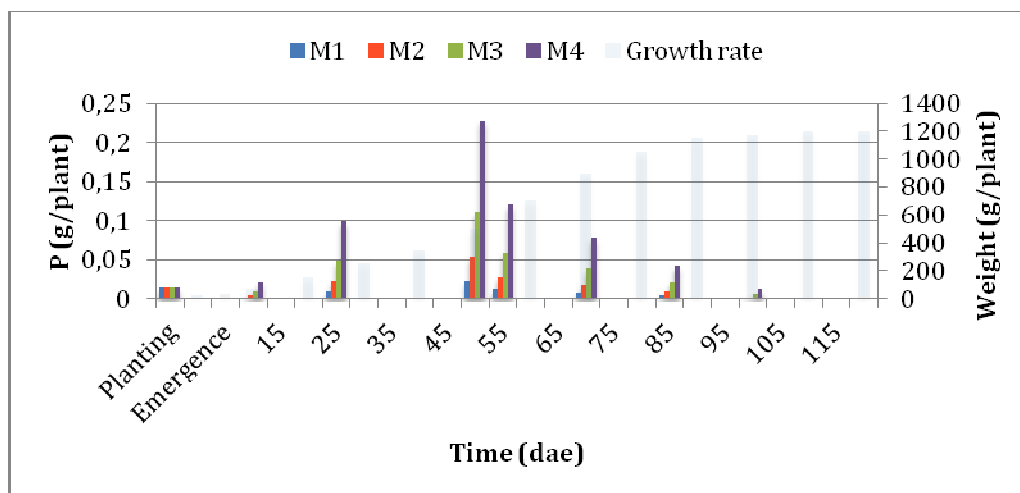
- | | |
|----------|--|
| Jord III | måttlig mullhaltig lerig mo från Beateborg, Kristianstad, med moderat fosforhalt P-AL klass III, P-AL 4.70 mg per 100 g jord |
| Jord IVb | mullrik lerig mo från Ebbarp, Halmstad, med hög fosforhalt P-AL klass IVb, P-AL 15.00 mg per 100 g jord |

Av de totalt 480 förgrodda sättpluggar av matpotatissorten Ditta planterades hälften i vardera jorden i 12 L krukor. Fosfornäring tillsattes med två olika strategier, enkel giva vid sättning

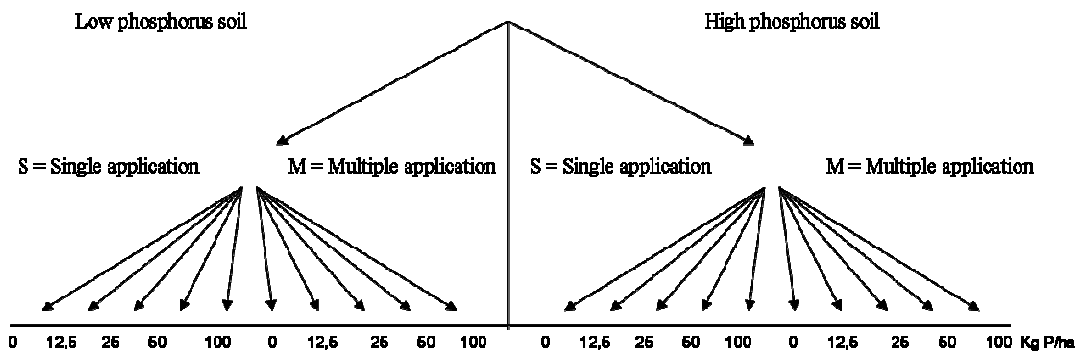
(S, *single application*) (fig. 1) som är praxis i svensk potatisodling och delad giva (M, *multiple applications*) (fig. 2) där givan delades upp i flera applikationer under kulturtiden för att följa plantans behov och tillväxt. I båda appliceringsleden (M och S) lades en fosforstege om fem nivåer (0, 12.5, 25, 50 och 100 kg P ha⁻¹) (fig. 3). Försöket genomfördes som randomiserat blockförsök med sex upprepningar av varje behandling. För att kunna fastställa ursprunget för plantans fosfor, dvs. om det kom från jordens egen buffert eller från näringsgivan, så märktes givan upp med spårbart radioaktivt fosfor (³²P). Ingen skillnad gjordes med övriga essentiella näringsämnen mellan behandlingsleden, alla plantor fick samma mängd och i enlighet med potatisgrödans behov.



Figur 1. Tidpunkt för applicering av fosfor med enkel giva vid sättnig (S, *single application*), här illustrerad med högsta fosfornivån 0.614 g P per planta (100 kg P per ha) i relation till potatisgrödans tillväxthastighet över tid.



Figur 2. Tidpunkter för applicering av fosfor med delad giva (M, *multiple applications*) under potatisgrödans tillväxt, här illustrerad av samtliga fosfornivåer där M1 representerar 12.5, M2 25.0, M3 50.0 och M4 100.0 kg P per ha och i relation till grödans tillväxthastighet över tid.



Figur 3. Försökets design som visar de två jordarna, de två appliceringsstrategierna av fosfornäring (M och S) och de fem fosfornivåerna. Jorden med moderat fosforinnehåll kallas här "Low phosphorus soil" därför att den hade lägre nivå än jorden med högt fosforinnehåll.

Klimatförhållandena i kamrarna var 18/20° C, 18 h dagslängd, ljusintensitet 350 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-2}$ och 65 % luftfuktighet. Bevattning utfördes manuellt var femte till sjunde dag och synkroniserades med näringstillförsel för att optimera tillgängligheten av näringsämnen, som förutom fosforgivan var lika till alla plantor. Mängden vatten baserades på jordens fuktighetsnivå, som värderades genom vägning av plantan i krukorna, plantans storlek och uppmätt värde av tensiometrar som var utplacerade i krukorna.

120 potatisplantor skördades vid fyra tillfällen under kulturtiden; 19, 41, 62 och 90 dagar efter uppkomst (dae), där knölna skördades vid det sista tillfället. Följande data samlades in: färskvikt hel planta, bladskafft och knölar, torrsvikt hel planta och bladskafft, antal knölar. Analyser gjordes efter varje skörd av näringsstatus i hela plantan och bladskaffet. Jordprover analyserades före och efter försöket för karaktärisering och näringsstatus. Dessa analyser utfördes av Eurofins Food and Agro Sweden AB. Ursprunget av fosfor i växtmaterial och jordar analyserades på område Hortikultur, SLU Alnarp, med Liquid Scintillation Counting (LSC) (Beckman LS650) genom att mäta β -spektrometrin med så kallad Čerenkov räkning.

Metod för beräkning av utnyttjandegrad

Utnyttjandegraden av tillförd fosfor beräknades enligt balansmetoden (Syers *et al.*, 2008), uttryckt i procent av den totala mängden fosfor i plantan dividerat med mängden fosfor i givan. Balansmetoden är jämförbar med kompensationskonceptet, där man ersätter (returnerar i förtid) samma mängd fosfor som grödan beräknas bortföra under kultiveringsperioden. Med denna beräkningsmetod är 100 % optimalt då hela fosforgivan är upptagen av plantan och jordens fosforstatus bibehållen, medan ett värde lägre än 100 % visar att givan varit högre än grödans bortförande. Ett värde högre än 100 % betyder att givan inte varit tillräcklig för att ersätta bortförd mängd.

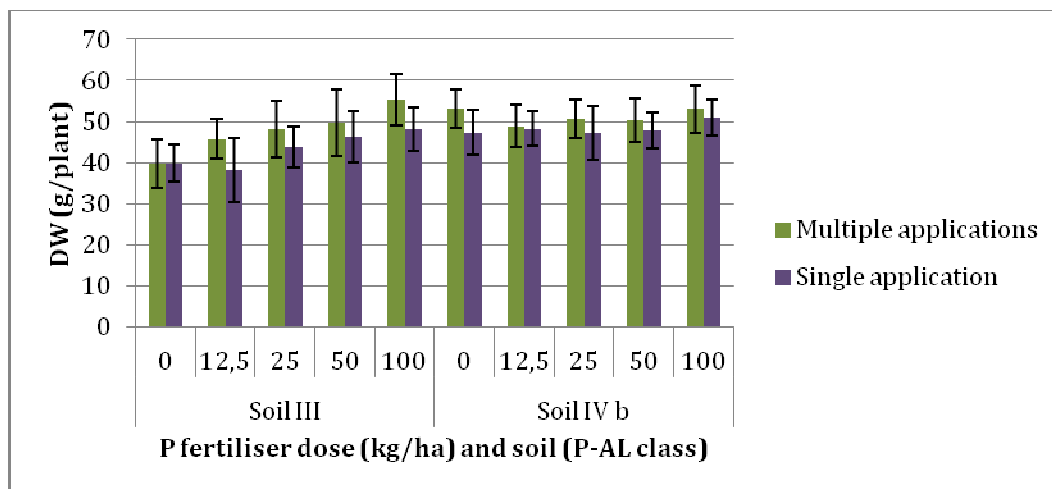
Med den direkta metoden (^{32}P) (Kirkby and Johnston, 2008) kan ursprunget av fosfor i plantan härledas och balansmetoden kompletteras, särskilt då jordarnas fosforinnehåll är moderat till högt och möjligen tillräckliga för att tillgodose potatisgrödans behov.

Resultat och diskussion

Resultaten kommer att presenteras och diskuteras under respektive rubrik och därefter följer en summering av de samlade resultaten.

Tillväxt och fosforupptag

Plantans upptag av fosfor är starkt relaterat till dess tillväxt och hur snabbt denna tillväxt sker. Generellt för denna studie, var tillväxthastigheten normal för potatisgrödans utveckling och fosforupptaget tillräckligt för normal tillväxt. Inga skillnader i plantornas produktion av biomassa, torrsvikt (DM), kunde påvisas mellan fosforappliceringsstrategierna, enkel fosforgiva vid sättnings (S) och delad fosforgiva under tillväxtperioden (M). Delad giva gav generellt högre torrsvikt till och med 62 dae jämfört med enkel giva (fig. 4), men vid 90 dae hade denna skillnad jämnats ut. De två jordarna gav däremot olika torrsviktsresultat (fig. 4). I jord III, med moderat fosforhalt, ökade torrsvikten med ökande fosfornivå. Medan i jord IVb, med hög fosforhalt, var torrsvikten densamma vid alla fosfornivåer och kontrollerna (0 kg P ha⁻¹). Torrsvikt i proportion till färsksvikt var vid 90 dae genomgående ca 17 % vid alla behandlingar och båda jordarna.



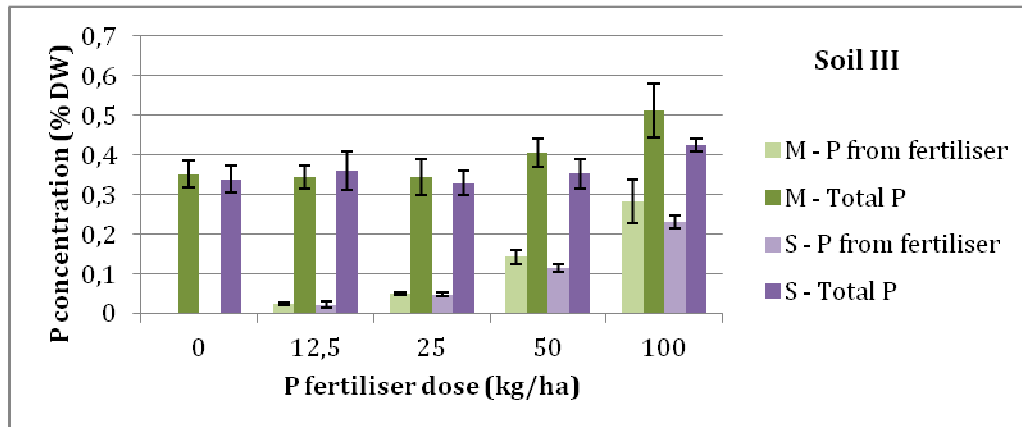
Figur 4. Torrsvikt hel planta (g/planta) vid 62 dae som respons på fosforappliceringsstrategi (M och S), fosforgivans nivå (0, 12,5, 25, 50 and 100 kg P ha⁻¹) och jordarnas fosforhalt (P-AL klass III och IV b). Medelvärden, n=6, ±SD.

I kontrast till den lägre biomassa som plantorna i jord III presenterade, visade sig deras totala upptag av fosfor vara högre i denna jord jämfört med jord IVb (fig. 5 och 6). Fosforupptaget hos plantorna i jord III var i snitt 17.3 kg P per ha för M och 16.4 kg P per ha för S, medan hos jord IVb var motsvarande fosforupptag lägre, 13.6 kg P per ha för M and 12.9 kg P per ha för S. Skillnaden i grödans fosforupptag mellan jordarna illustrerades även tydligt av kontrollplantorna som inte tillförts fosfor, vilka i jord III presenterade 24 % högre fosforupptag än de i jord IVb. Detta resultat indikerar att andra jordegenskaper än fosforhalt var viktiga för fosforupptaget. Jordfuktighet kontrollerades noggrant och justerades kontinuerligt till enhetlig nivå under hela försöket och förutsätts därför inte vara den inverkande faktorn för fosfortillgänglighet.

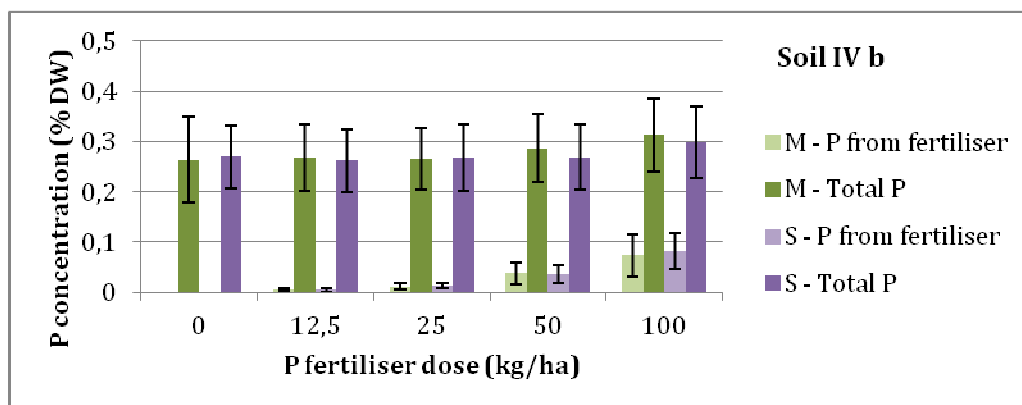
Potatisgrödan beräknas bortföra ca 0.5 kg P per ton knölar under svenska agrikulturella förhållanden (YARA, 2008), medan motsvarande mängd från engelska jordar är ca 0.4 kg P per ton knölar (Allison *et al* 2001). I detta försök tog kontrollplantorna (0 kg P ha⁻¹) i jord III upp 0.51 kg P per ton knölar, medan kontrollplantorna i jord IVb bortförde 0.33 kg P per ton knölar. Därmed visade sig jordarnas fosforbuffertar vara tillräckliga för att förse potatisgrödan med jämförbara mängder utan att någon fosforgiva tillsatts.

Generellt, kunde inte någon skillnad i fosforupptag (g) eller fosforkoncentration (% av DW) påvisas mellan appliceringsstrategierna vid de olika fosfornivåerna. Undantaget den högsta fosfornivån (100 kg P ha⁻¹) i jord III där plantorna som fått delad giva visade på

signifikant ($p=0.05$) högre fosforupptag jämfört med dem vid enkel giva (fig. 5). Vid särskiljning av fosforupptaget mellan ursprungen, giva och jordbuffert, så visade sig fosforkoncentrationen i plantan från givan öka med ökande fosfornivå, vilket var särskilt tydligt i jord III (fig. 5 och 6). Även här var det endast den högsta nivån som gav signifikant ($p=0.05$) högre fosforkoncentration i plantan vid delad giva jämfört med enkel giva. I jord IVb kunde inga skillnader påvisas (fig. 6).



Figur 5. Fosforkoncentration (% DW), totalt och från givan i procent av torrsvikt, vid 62 dae och jord III som respons på fosforappliceringsstrategi (M och S), fosforgivans nivå (0, 12,5, 25, 50 and 100 kg P ha⁻¹). Medelvärden, n=6, ±SD.



Figur 6. Fosforkoncentration (% DW), totalt och från givan i procent av torrsvikt, vid 62 dae och jord IVb som respons på fosforappliceringsstrategi (M och S), fosforgivans nivå (0, 12,5, 25, 50 and 100 kg P ha⁻¹). Medelvärden, n=6, ±SD.

Tydligt var att huvuddelen av fosfor i plantorna kom från jordarnas fosforbuffertar och inte de tillsatta givorna. Vid 41 dae kom endast 14 % (M) och 17 % (S) av den upptagna fosfor från givan, vid 62 dae var proportionen från givan 21 % (M) och 19 % (S), slutligen vid 90 dae var den 24 % (M) och 19 % (S). Under den första tillväxttiden (<41 dae) var fosforupptaget från givan ännu mindre, <5 % i jord III. Vid 19 dae skiljde sig mängden tillförd fosfor som mest mellan appliceringsstrategierna, eftersom plantorna inom strategi S hade erhållit hela appliceringsdosen av fosfornäring medan plantorna inom M endast hade fått en mindre del av den totala fosforgivan (mellan 6-22 % beroende på nivå). Men eftersom inga symtom av fosforbrist eller tecken på reducerad tillväxt kunde påvisas hos någon av plantorna, inte ens de som erhöll lägsta nivå på fosforgiva eller inte erhöll någon fosfor alls, så kan man diskutera det verkliga behovet av tillsatt fosfornäring vid sättnings eller innan uppkomst i jordar med moderat till hög fosforhalt. Inte heller senare kunde tecken på brist eller lägre tillväxt konstateras, då båda jordarna i försöket innehöll tillräckliga mängder fosfor

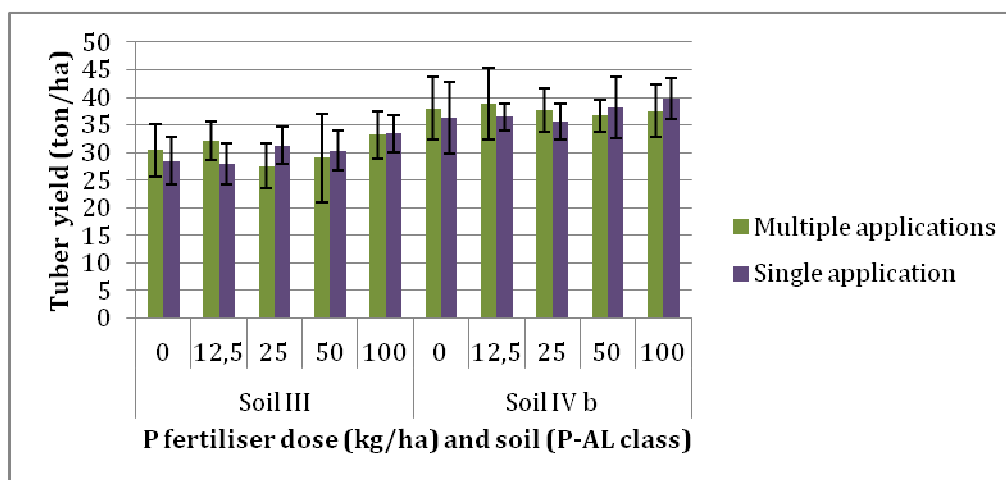
för att kunna försörja potatisgrödans behov under hela tillväxten. Detta genom balansering mellan jordens fosforpooler och därmed kontinuerlig påfyllning av direkttillgänglig fosfor till jordvätskan som respons på minskad koncentration genom rötternas bortförande av fosfor.

Skörderespons och agronomisk verkningsgrad

Skörderesponsen är avgörande för mängd och tidpunkt för näringstillförsel, eller snarare tillgängligheten av näringen för grödan. Resultaten i detta försök kunde inte visa på vare sig signifikant ökad eller minskad knölskörd (vikt) som respons på tillförd fosforgiva eller appliceringsstrategi och den agronomiska verkningsgraden av tillförd fosfor var 0 %. Detta eftersom båda jordarna i försöket innehöll större mängder fosfor liksom växttillgängligt fosfor, tillräckligt för att producera jämförbara skördar (jämför kontrollerna med de tre högre givorna i fig. 7).

Generellt sett så behövde högre fosfornivåer tillsattas vid S för att samma upptag av fosfor skulle uppnås jämfört med om fosforgivan delades,. Detta var särskilt tydligt i jord IVb.

Tittar man på skillnaderna mellan jordarna, så visade sig plantorna som odlats i jord IVb, trots lägre fosforkoncentration i plantorna, producera inte bara högre total biomassa (DM) utan även signifikant ($p=0.05$) högre knölskörd (vikt) än de i jord III (fig. 7; tab.1). Kontrollplantorna i jord IVb gav i snitt 26 % högre knölskörd än kontrollerna i jord III. Potatisplantorna i jord III, med sitt högre fosforupptag, gav en lägre knölskörd (vikt), men något större antal knölar per planta(ej signifikant) (tab. 1). Fosforkoncentrationen i plantan uppges ha en positiv effekt på antalet producerade knölar (YARA, 2008). Det här försökets resultat kan indikera att ett högre fosforupptag inte nödvändigtvis ger en högre knölskörd.



Figur 7. Knölskörd (ton färskvikt ha^{-1}) vid 90 dae, som respons på fosforappliceringsstrategi (M och S), fosforgivans nivå (0, 12.5, 25, 50 and 100 $kg P ha^{-1}$) och jordarnas fosforhalt (P-AL klass III och IV b). Medelvärden, $n=6$, $\pm SD$.

Tabell 1. Knölskörd (KS) vid 90 dae presenterad i vikt ($ton ha^{-1}$) och antal knölar per planta, uppdelat på de två jordarna, för samtliga plantor, plantor som erhållit delad fosforgiva, plantor som erhållit enkel fosforgiva vid sättnings och plantor som inte erhållit fosfor. Medelvärden för alla plantor ($n=60$ per jord), plantor inom vardera appliceringsstrategi ($n=30$) och kontrollplantor ($n=12$).

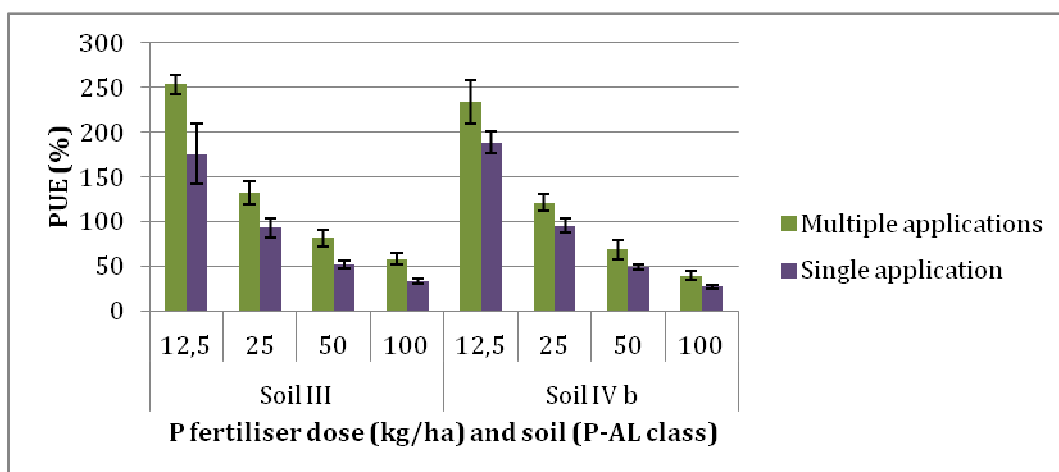
Jord	Alla		Delad giva (M)		Enkel giva (S)		Kontroll	
	P-AL	KS	KS	Antal	KS	Antal	KS	Antal
III		29.72	29.95	6.13	30.23	6.38	28.97	6.17
IVb		36.80	37.05	5.53	36.84	5.50	36.51	5.08

Utnyttjandegraden av tillförd fosfor

Grödans utnyttjande av tillförd fosforgiva står i relation till tillgången på växttillgänglig fosfor i jordvätskan, med ursprung från jordens buffert och givan. Utnyttjandegraden och plantans respons på tillförd fosforgiva beror på faktorer som, förutom jordens fosforinnehåll, den specifika grödan och dess sort där morfologiska och fysiologiska karaktärer och strategier för fosforupptag är avgörande; appliceringsmetod och tidpunkt; jordfuktighet; tillgänglighet av kväve och andra essentiella näringsämnen; pH; jordart och karaktär.

I detta försök undersöktes om utnyttjandegraden av tillförd fosfor skiljde mellan två appliceringsmetoder, där tidpunkt och mängd var avgörande. Med bakgrunden att med delad giva, där tillsatt fosformängd följde potatisplantans specifika behov under hela tillväxtsäsongen, kunna höja tillgängligheten av fosfor från givan och förlänga tiden för denna tillgänglighet och därmed eventuellt kunna minska den totala mängden applicerad fosfor. Med vidare positiv följd såsom reducerade förluster och miljöpåverkan. I kvävegödsling är delad giva en rekommenderad och använd metod just av samma anledningar. Få liknande studier har gjorts för fosfor. Att öka antalet körningar i fält för applicering av delad fosforgiva är inte ett alternativ vare sig ur ekonomisk aspekt eller miljösynpunkt, utan tidpunkterna får planeras noga och synkroniseras med andra fältinsatser. Argumentet för applicering av en enkel fosforgiva, innan eller vid tidpunkten för plantering av knölarna som ska täcka hela tillväxtperioden, har bland annat varit att säkra en kontinuerlig hög fosfortillgänglighet med anledning av risken för oåterkalleliga fosforförluster och därmed underskott, vilket kan verka motsägelsefullt. Risken med denna appliceringsmetod är dock för höga appliceringsnivåer.

Vid 62 dae är potatisplantan i det utvecklingsstadium då upptagningsmängd liksom upptagningshastighet av fosfor är som störst och potatisblastens biomassa har sitt maximum (Kolbe and Stephan-Beckmann, 1997a-b). Till och med denna tidpunkt, 62 dae, visade sig delad giva i detta försök höja utnyttjandegraden signifikant ($p < 0.01$) jämfört med enkel giva, vid alla fosfornivåer (fig. 8). Utnyttjandegraden av tillförd fosfor kunde med delad giva ökas med 42 % vid jord III och 39 % vid jord IVb vid fosfornivå 25 kg per ha, och med 56 % vid jord III och 39 % vid jord IVb vid fosfornivå 50 kg per ha. Vid 90 dae hade utnyttjandegraden generellt ökat ytterligare men utan signifikanta skillnader mellan appliceringsmetoderna. Men vid denna tidpunkt har potatisplantans fosforupptag reducerats på grund av minskade behov, medan en intern omfördelning har skett från blasten till roten och knölarna. I detta fall är det frågan om en lyxkonsumering av fosfor från plantans sida.



Figur 8. Utnyttjandegraden av tillförd fosfor (%; balansmetoden) vid 62 dae, som respons på fosforappliceringsstrategi (M och S), fosforgivans nivå (0, 12,5, 25, 50 and 100 kg P ha⁻¹) och jordarnas fosforhalt (P-AL klass III och IV b). Medelvärden, n=6, ±SD.

Vid båda appliceringsstrategierna minskade utnyttjandegraden med ökande nivå fosforgiva, som förväntat. Generellt utnyttjades fosforgivan en aning mer av plantorna i jord III, med moderat fosforinnehåll, jämfört med de i jorden med högt fosforinnehåll.

Utnyttjandegraden skiljde tydligt mellan enkel och delad giva redan vid 19 dae, som vid enkel giva varierade mellan 0.5-4.1 % vid jord III och 0.7-5.4 % vid jord IVb, medan för delad giva låg mellan 13-19 % vid jord III och 14-29 % vid jord IVb. Resultatet indikerar att den mindre mängd fosfor som tillfördes med delad giva (mellan 6-22 % av hela fosfordosen, beroende på nivå) var tillräcklig för att tillgodose potatisgrödans behov och producera jämförbar skörd. Alternativt, var behovet för tillförd fosfor till dessa två jordar obefintlig eller minimal på grund av tillräckligt innehåll av växttillgänglig fosfor.

Vid 41 dae hade utnyttjandegraden av fosfor ökat med potatisgrödans tillväxt och behov, vilken för enkel giva varierade mellan 10-42 % vid jord III och 11-58 % vid jord IVb. Vid denna tidpunkt hade plantorna vid delad fosforgiva fått ca 30 % av den totala fosfordosen. Delad giva av de två högsta fosfornivåerna (50 och 100 kg P ha⁻¹) var inte fullt utnyttjade av grödan, med nivåer av utnyttjandegrad mellan 55-87 % vid jord III och 47-77 % vid jord IVb. Utnyttjandegraden av de två lägsta fosfornivåerna nådde strax över 100 % och doserna kunde från denna utgångspunkt anses vara otillräckliga för att ersätta upptagen fosformängd. Dock ska man komma ihåg att skillnad i tillväxt (torrvikt eller knölskörd) inte kunde påvisas mellan de olika fosfornivåerna.

Vid 62 dae resulterade delad giva i signifikant ($p < 0.01$) högre utnyttjandegrad av tillsatt fosfor vid alla fosfornivåer jämfört med enkel giva vid sättnings vid båda jordarna, med undantag för högsta fosfornivå vid jord III (fig. 8). Mängden fosfor tillsatt vid de två högsta fosfornivåerna var långt ifrån utnyttjade av grödan. Vid enkel giva varierade utnyttjandegraden av de två högsta fosfornivåerna i genomsnitt mellan 33-52 % vid jord III och 27-40 % vid jord IVb. Medan vid delad giva så varierade utnyttjandegraden av de två högsta fosfornivåerna mellan 58-82 % vid jord III och 39-69 % vid jord IVb. Utnyttjandegraden vid den lägsta fosfornivån var visade att nivån var otillräcklig (<200 % för S och >200 % för M) för att ersätta grödans fosforupptag vid båda jordarna, men återigen kunde jordarnas fosforbuffertar tillfredsställa plantornas behov utan att själva utarmas. Faktum är att analyser av jordarnas fosforhalt efter försöket visade att halten var den samma (jord III) eller hade till och med ökat (jord IVb ökade till P-AL klass V). Detta kan troligen förklaras av jordarnas egen balansering mellan fosforpoolerna som respons på plantans bortförande av växttillgänglig fosfor från jordvätskan, vilket även tydliggör att den använda mätmetoden av fosfor (P-AL) inte ger en fullständig bild av fosforinnehållet utan skulle kunna kompletteras. Alternativt så räcker vetenskapen om vilka fraktioner som P-AL metoden extraherar fosfor ifrån och att hänsyn tas därefter.

Vid 90 dae kunde samma trender påvisas dock utan signifikanta skillnader mellan appliceringsstrategierna.

Svårigheter

På grund av jordarnas fosforhalter, moderat liksom hög, så uteblev de distinkta effekter som de olika fosforbehandlingarna förväntades visa. Med fördel hade det därför varit mer lämpligt att använda en jord med mycket lågt till lågt fosforinnehåll som kontrast till en av de jordar som använts i denna studie.

Summering och slutsatser

Detta försök har visat att den totala mängden tillförd fosfor kan minskas med delad giva, därför att denna appliceringsmetod gav högre utnyttjandegrad av tillförd fosfor till och med 62 dae jämfört med enkel giva. Därtill resulterade delad giva i likvärdig produktion vid 90 dae av biomassa såsom knölskörd med enkel giva. Om denna appliceringsstrategi dessutom kan

ge ökad och jämnare koncentration av växttillgängligt fosfor i jordvätskan under grödans tillväxt så är delad giva en väl lämpad strategi inom potatisodling.

När appliceringstillfällena för delad giva bör läggas beror mycket på jordens egen fosforbuffert. De två jordarna i försöket med betydande fosforinnehåll visade sig täcka potatisgrödans behov under den första tiden och därmed skulle det kunna vara möjligt att senarelägga första tillfället av fosforapplicering, oavsett fosfornivå liksom strategi, förslagsvis till tidpunkten för uppkomst fram till 19 dae. Detta skulle reducera risken ytterligare för eventuella fosforförluster frambringade av nederbörd såsom kraftiga vårregn. Dessutom kan en fosforapplicering på jordar med moderat till högt fosforinnehåll anses vara överflödigt efter 62 dae. Vidare har jordarnas fosforinnehåll varit tillräckliga för att producera god tillväxt och jämförbara knölskördar, varför det i jordar med moderat till hög fosforhalt skulle kunna vara möjligt att radikalt minska den totala mängden applicerad fosfor oavsett appliceringsstrategi. Högsta fosforupptag hos potatisplantan sker mellan 25 och 65 dae (Kolbe and Stephan-Beckmann, 1997a-b), varför en andra fosforapplicering skulle kunna ges under denna tid. Resultaten visar att de generella rekommendationsnivåerna och tidpunkten för appliceringen av fosfor i svensk potatisodling kan omvärderas, därför bör resultaten prövas vidare i försök på friland.

Därmed skulle en appliceringsstrategi där fosforgivan delas upp i två givor under tillväxtperioden vid jordar med mycket lågt till lågt fosforinnehåll (P-AL klass I-II), liksom en enkel senarelagd fosforgiva vid jordar med moderat fosforinnehåll (P-AL klass III), kunna möta kraven hos potatisgrödan och jordbrukarens ekonomi. Om de delade givorna av kväve och fosfor synkroniseras, samt kombineras med andra åtgärder som förebygger fosfor- och kväveförluster från jordbruket skulle miljöpåverkan kunna minskas ytterligare.

Publikationer och övrig resultatförmedling till näringen

Resultaten har förmedlats hittills genom både presentationer och i skrift (nedan), men är även planerade att publiceras i vetenskapliga tidskrifter.

- Ekelöf J. och Lundell J. (2008) Precisionsgödsling av fosfor i potatis – en detaljstudie med spårbart fosfor. Presentation på Böslidsdagen 10 juli 2008, arrangerat av Hushållningssällskapet Halland och FoU Potatis/SPA.
- Ekelöf J., Lundell J. och Asp H. (2008) Phosphorus uptake as affected by multiple fertiliser applications in potato (*Solanum tuberosum* L.). Poster och presentation under postersession under ISHS Symposium Toward Ecologically Sound Fertilization Strategies for Field Vegetable Production, Malmö 22-25 juli 2008.
- Andersson S., Ekelöf J. och Lundell J. (2009) Delad P-giva till potatis ökar effektiviteten. Arvensis 1, 9. Populärvetenskaplig artikel.
-
- Ekelöf J. 2009. Uppdelad fosforgiva gödslar snålt. Viola, vol 11, 21-22.
- Lundell J. (2009) Influences of timing and dose of phosphorus fertiliser application on use efficiency and uptake rate in potato (*Solanum tuberosum* L.). S. 71. Examensarbete inom hortonomprogrammet.

Presentationer

Nedan följer en lista över presentationer där hela eller delar av resultatet från denna studie presenterats.

Vart	2008	Ämne	Antal deltagare
Tillväxt trädgårds startup, Alnarp	Januari	Fosfors betydelse för tillväxten av potatis	50
Potatisdag i Skara	Mars	Pågående potatisprojekt på Alnarp	25
Odlarträff Lyckeby Stärkelsen (odlingsområde 1)	Mars	Fosforgödsling i potatis	50
Odlarträff Lyckeby Stärkelsen (odlingsområde 2)	April	Fosforgödsling i potatis	50
Odlarträff Lyckeby Stärkelsen (odlingsområde 3)	Maj	Fosforgödsling i potatis	50
Kursdag Potatis i Säffle	juni	Fosfors betydelse för potatisplantans tillvä	20
Kursdag Potatis i Borgeby	Juni	Fosfors betydelse för potatisplantans tillvä	20
Böslidsdagen på lilla böslid halland	Juli	Precisionsgödsling av fosfor i potatis	70
Lovanggruppen, östergötland	Nov	Allt om fosfor och potatis	15
2009			Summa
Linköping (odlare)	Januari	Fosfor/bevattning	30
Falkenberg (odlare)	Januari	Fosfor/djupbearbetning	25
Skånes potatisodlareförening	Oktober	Bevattning/Djupbearbetning/fosfor	35
Erfaträffar 8 st (lyckeby)	mars-dec	Potatisodling/fosfor	40
Skaras potatisodlareförening	December	Bevattning/djupbearbetning/fosfor	30
2010			
Örebro potatismässa	Feb	Fosfor generellt/inventering	30
Sandefjord Norge	April	Djupbearbetning/fosfor	80

Referenser

- Allison J.H., Flower J.H., & Allen E.J. (2001) Effect of soil- and foliar- applied phosphorus fertilizers on the potato (*Solanum tuberosum*) crop. *Journal of Agricultural Sciences* 137:379-395
- Kirkby E.A. & Johnston A.E (2008) Soil and fertilizer phosphorus in relation to crop nutrition, chapter 9. I: White P.J. & Hammond J.P. *The Ecophysiology of Plant-Phosphorus Interactions*, in the series of Plant Ecophysiology. Springer Science + Business Media B.V. 7:9:177-223
- Kolbe H. & Stephan-Beckmann S. (1997a) Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). I. Leaf and stem. *Potato Research* 40:111-129
- Kolbe H. & Stephan-Beckmann S. (1997b) Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research* 40:135-153
- Syers J.K., Johnston A.E. & Curtin D. (2008) *Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information*. Fertiliser and Plant Nutrition Bulletin 18. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. S. 70
- YARA (2008) Näringsrekommendationer till potatis. Tillgänglig på Internet 2008-12-16. http://fert.yara.se/se/crop_fertilization/crop_advice/agriculture/potatoes/potatoes.html