

Bättre fosforutnyttjande med effektiva löksorter?

SIRI CASPERSEN, INSTITUTIONEN FÖR BIOSYSTEM & TEKNOLOGI, SLU-ALNARP

Ett effektivt utnyttjande av fosforgödselmedel är angeläget eftersom fosfor är en begränsad och icke förnybar resurs. Fosforförluster från odlad mark är dessutom en viktig orsak till övergödning och algblooming i Östersjön. Lök har ett grovt rotssystem och kräver relativt mycket fosforgödsel. I det här projektet har olika löksorters förmåga att ta upp och utnyttja fosfor jämförts och sorternas egenskaper har studerats. Kunskap om skillnader i fosforeffektivitet mellan sorter kan användas för att optimera tillförseln av fosfor vid odling av frilandsgränsaker.

Bakgrund

Tillförseln av fosforgödselmedel till den svenska åkermarken ökade starkt under den senare halvan av 1900-talet. Fosforhalterna i svenska jordar steg därför markant mellan 1950 och 1975 och i mitten av 1990-talet låg hälften av åkermarken i P-AL klass IV och V (Andersson 1998, Eriksson m.fl. 1997).

Fosforförluster från åkermark en viktig bidragande orsak till eutrofieringen av sjöar och vattendrag och fosfor kan även orsaka algblooming i kustnära havsområden. Förluster av fosfor från åkermarken i Sverige är i genomsnitt 0,4 kg per hektar per år, varav 20-80% är löst fosfor (Bergström m.fl. 2007). Förlusterna sker främst genom urlakning och ytavrinning och omfattningen av dessa processer beror starkt på både markstruktur och nedbörmängd.

Frilandsgränsaker odlas ofta på lätta jordar med höga halter av lättlöslig fosfor i kombination med bevattning. Områden med intensiv odling av grönsaker kan därför ge upphov till stora, lokala förluster av löst, reaktivt fosfor (Bechmann m.fl. 2008). Där grönsaksodlingen finns



Lök är en frilandsgroda som kräver god tillgång på fosfor.

på sandiga jordar har man sett att den mest effektiva åtgärden mot förluster är att sänka halten av lättlöslig fosfor i marken (Ulén & Jakobsson 2005).

Att inte tillföra mer fosfor än nödvändigt är även viktigt för att hushålla med en icke-förnybar resurs och för odlarens ekonomi. Förekomsten av högkvalitativa reserver av råfosfat för utvinning av fosfor är begränsade och kontrolleras av ett litet antal länder, och priserna på fosforgödselmedel har ökat starkt under 2000-talet.

För att optimera utnyttjandet av fosfor behöver tillförseln anpassas efter den mängd som grödan behöver för att ge en optimal skörd. Behovet för fosfor varierar mellan olika växtslag och kan även variera mellan sorter. Begreppet *fosforeffektivitet* kan förstås som en växts förmåga att växa

och ge en bra skörd i jordar med låga halter av lättlöslig fosfor. En växt med en hög fosforeffektivitet kan ha ett effektivt fosforupptag och/eller ett lägre behov av fosfor för optimal tillväxt eller skörd.

Växter har olika anpassningar för att öka upptaget av fosfor, t.ex. utvecklar många växter finförgrenade rötter med ett stort antal rothår för att utnyttja jordvolymen mer effektivt. En del växter kan även sänka pH i rotzonen eller frigöra organiska syror eller enzymer för att öka tillgången på fosfor. Till exempel kan enzymet fosfatas frigöra fosfat från organiska föreningar i marken. Fosfatjonerna kan sedan tas upp från marklösningen av växtens rötter. Mer än 80% av alla landlevande växter har dessutom symbios med arbuskulära mykorrhizasvampar, som genom att öka rotsystemets aktiva

upptagningsyta kan hjälpa till med växtens fosforupptag.

Genom att satsa på mer effektiva sorter skulle man kunna reducera användningen av fosforgödselmedel. Mer kunskap behövs om hur olika sorter av frilandsgroensaker skiljer sig i fosforeffektivitet samt om vilka egenskaper som bidrar till ett effektivt fosforupptag. Bättre anpassning av fosfortillförseln efter den enskilda sortens behov kan bidra till både lägre gödselkostnader för odlaren och till en reducerad risk för fosforförluster.

Matlök (*Allium cepa* L.) är en av våra största trädgårdskulturer på friland. Lökplantan har ett grovt rotsystem och därmed en begränsad förmåga att utnyttja markens fosfor effektivt. Vid odling av lök rekommenderas därför tillförsel av 30–80 kg P/ha beroende på den beräknade skördenivån (Yara 2014). God tillgång på fosfor tidigt under odlings säsongen är avgörande för en lyckad etablering av grödan. Vid låga temperaturer kan brist uppstå även om det egentligen finns tillräckligt med fosfor i marken.

Målet med projektet har dels varit att jämföra olika löksorters fosforeffektivitet, dels att undersöka sambandet mellan sorternas fosforeffektivitet, rotens egenskaper, samt fördelningen av fosfor och kol i växten. Två försök har utförts med sex löksorter (Tabell 1) under kontrollerade förhållanden i klimatkammare.

Tabell 1. Löksorterna som användes i projektet.

Löksorter	Typ	Symbol
Hoza	Gul	1
Romy	Röd	2
Premito	Gul	3
Robelja	Röd	4
Sturon	Gul	5
Dormo	Gul	6

Försök 1: Rotegenskaper

Metod

Inverkan av fosfornivån på rotegenskaperna hos sex olika löksorter (Tabell 1) undersöktes i ett försök i näringslösning. Lökfrön såddes i vermikulit och efter nio dagar överfördes lökplantorna två och två till kolvar med näringslösning som innehöll 20 μM (LP) eller 200 μM (HP)

Tabell 2. Plantvikten (rot+skott) vid den låga fosfornivån (LP) som procent av plantvikten vid den höga fosfornivån (HP) för de sex löksorterna.

Sort	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Försök 1	64%	93%	53%	72%	73%	76%
Försök 2	29%	35%	29%	36%	36%	37%

fosfor. Lösningen ersattes med ny lösning efter 8, 15, 21, 26 och 30 dagar. Efter 15 dagar reducerades fosforkoncentrationen i LP från 20 till 8 μM .

Kolvarna placerades slumpmässigt på vagnar i klimatkammare med natt-/dagtemperatur 16/15 °C och 13 timmars ljus. Ljusintensiteten var ca 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR (400–700 nm).

Efter 34 dagar placerades plantorna i bägare med reaktionslösning som innehöll ämnet para-nitrofenylfosfat (pNPP) för bestämning av aktiviteten av enzymet fosfatas. När fosfatasen spjälkar av fosfatgruppen på pNPP bildas paranitrofenol (pNP). Eftersom paranitrofenol har en gul färg kan mängden som bildas bestämmas spektrofotometriskt. Efter fosfatasmätningen delades de två plantorna per kolv i rot och skott och vägdes tillsammans. Skottens innehåll av fosfor bestämdes. Rötterna scannades och rotlängd och rotdiameter mättes med hjälp av programmet WinRhizo.

Resultat

Plantornas totala färskvikt (skott+rot) var lägre vid den lägre (LP) jämförd med den högre (HP) fosfornivån (Tabell 2). Vid LP hämmades alltså tillväxten av brist på fosfor. Även fördelningen av biomassa mellan rot och skott påverkades av fosforbehandlingen och rot:skott-kvoten var generellt högre vid LP än vid HP (Figur 1a). För växter med fosforbrist är det vanligt att en större andel av växtens kol används för rottillväxt jämfört med växter som har normal fosforstatus.

Rotdiametern skilde sig inte signifikant mellan sorterna och påverkades inte heller av fosfornivån i näringslösningen. Generellt var rötterna längre vid den höga fosfornivån (Figur 1b). Sort 2 och sort 6 hade det längsta medan sort 3 hade det kortaste rotsystemet vid den låga fosfornivån. För ett antal växtslag

har rotlängden visats vara viktig för fosforeffektiviteten. Till exempel var antalet och längden av sidorötterna den viktigaste förklarande faktorn för skillnaderna i fosforeffektivitet för *Brassica oleracea* (Hammond m.fl. 2009).

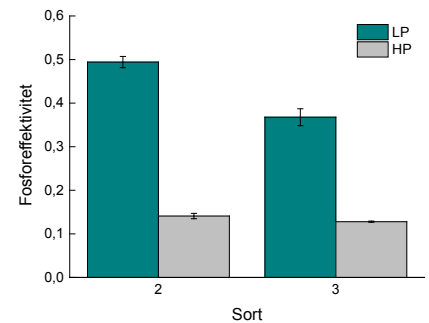
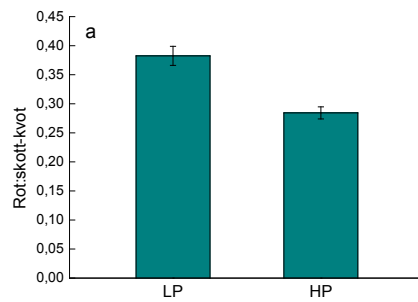
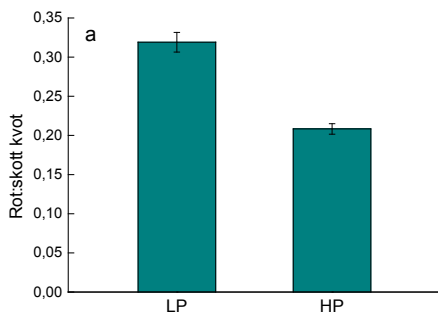
Aktiviteten av enzymet fosfatas i lösningen var generellt högre för de plantor som hade odlats vid den låga fosfornivån (Figur 1c). En ökad utsöndring av fosfatas från rötterna vid fosforbrist har även påvisats i andra studier (Tarafdar & Claassen 1988). I det här försöket var skillnaderna i fosfatasaktivitet mellan de sex löksorterna liten vid den låga fosfornivån.

Det fanns inget tydligt samband mellan halten av fosfatas i näringslösningen och växtens upptagning av fosfor i skottet. Eftersom växterna har odlats i näringslösning utan tillförsel av organiskt bundet fosfor kan ingen större inverkan av enzymet fosfatas på fosforupptaget förväntas. En hög utsöndring av fosfatas skulle däremot kunna vara till nytta när växter odlas i jord, där mycket fosfor kan finnas i organiskt bunden form.

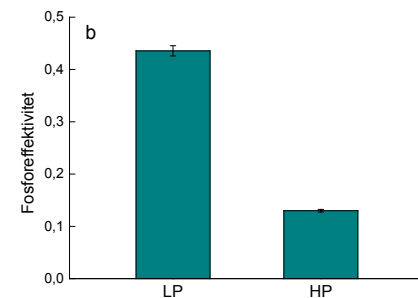
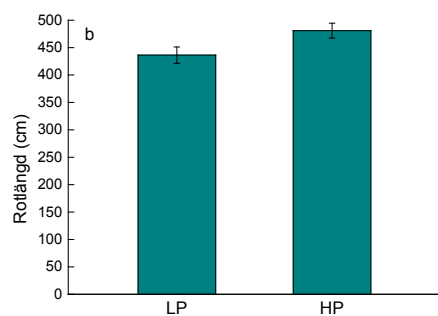
Försök 2: Fosforeffektivitet

Metod

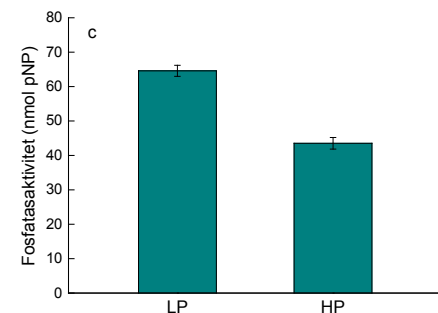
Inverkan av fosfornivån i odlingssubstratet på fosforupptag och fosforeffektivitet hos sex olika löksorter (Tabell 1) undersöktes i ett krukförsök. Frön såddes i vermikulit och efter sexton dagar planterades lökplantorna ut två och två i krukor med 1 L odlingssubstrat. Förutom ljus blocktorv innehöll substratet 3 kg Baralith Oxywet samt 100 liter perlit per m^3 . Substratet tillfördes även 1 kg kalkstensmjöl och 1,5 kg dolomit per m^3 . Fosfor tillsattes som 7 mg (LP) eller 70 mg P (HP) per liter substrat. Varje kruka grundgödslades dessutom med övriga växtnäringsämnen. Krukorna placerades slumpmässigt på vagnar i klimatkammare med natt-/dagtemperatur 16/15 °C och 13 timmars ljus. Lju-



Figur 3. Fosforeffektiviteten för sort 2 och 3 vid låg (LP) och hög (HP) fosforkoncentration i odlingssubstratet (Försök 2).



Figur 2. Rot:skott-kvoten (a) och fosforeffektiviteten (b) för lökplantor odlade i torvsubstratet med låg (LP) och hög (HP) fosforkoncentration (Försök 2). Medelvärden för de sex löksorterna.



Figur 1. Rot:skott-kvoten (a), den totala rotlängden (b) samt aktiviteten av enzymet fosfatase (c) för lökplantor odlade i näringslösning med låg (LP) och hög (HP) fosforkoncentration (Försök 1). Medelvärden för de sex löksorterna.

sintensiteten var ca $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR (400–700 nm). Krukorna vattnades vid behov och 1 % KNO_3 tillfördes vid två tillfällen under odlingsperioden.

Efter tre månader skördades växterna. Rötterna tvättades rena från substrat och torr vikterna för skott och rötter bestämdes samlad för de två plantorna per kruka. Eftersom lökbildningen var begränsad vägdes och analyserades lökarna tillsammans med skottet. Fosforeffektiviteten beräknades som torr vikten för

hela plantan (skott+rot) dividerad med den tillförda mängden fosfor till odlingssubstratet. Utnyttjande-effektiviteten beräknades som mängden biomassa per mg upptaget fosfor.

Resultat

Försök 2 pågick under längre tid och skillnaden mellan fosforgivorna var större, något som gav en ännu större tillväxtreduktion vid den låga fosfornivån (LP) än den som observerades i Försök 1 (Tabell 2). Skillnaden i tillväxt mellan sorterna var dock mindre än i Försök 1, sannolikt på grund av den längre odlingsperioden i Försök 2 (Tabell 2).

Även i Försök 2 hade växterna använt en större andel kol för rottillväxt vid LP än vid HP (Figur 2a).

Fosforeffektiviteten, alltså hur mycket torrsbstans som producerades per mg tillfört fosfor, var mycket högre vid LP jämfört med HP (Figur 2b). Att en ökad fosforgiva ger en lägre fosforeffektivitet har även visats i andra studier (Caspersen m.fl. 2013).

Vid den låga fosfornivån skilde fosforeffektiviteten sig mellan olika sorter (Figur 3). Sort 2 hade signifikant högre fosforeffektivitet jämfört med sort 3. Sort 2 producerade även mera biomassa per enhet fosfor som togs upp i växten. Sorternas olika förmågan att utnyttja upptagen fosfor för att producera biomassa verkar alltså ha varit en bidragande orsak till skillnaderna i fosforeffektivitet i det här försöket.

Slutsatser

- I båda försöken användes en större andel av växtens kol för rottillväxt vid den lägre jämfört med vid den högre fosfornivån. Rötternas totala längd var dock lite kortare vid den låga koncentrationen av fosfor.
- En högre aktivitet av enzymet fosfatase påvisades för de plantor som fått växa vid den låga fosfornivån. Skillnaden var dock liten mellan sorterna.
- Fosforeffektiviteten var högst vid den låga fosforkoncentrationen i odlingssubstratet.
- Skillnader fanns mellan löksorterna i fosforeffektivitet. Vid en låg fosfornivå hade den mest effektiva sorten dels ett större rotsystem (Försök 1), dels en större förmåga att producera biomassa per mg upptaget fosfor (Försök 2), jämfört med den minst effektiva sorten.
- De skillnader som har observerats mellan sorterna i dessa klimatkammarförsök behöver verifieras i fält.

Tack

Tack till Stina Werners Stiftelse och Partnerskap Alnarp som har finansierat projektet.

Referenser

- Andersson A 1998 Fosforupplagringen i svensk åkermark. SNV Rapport 4919. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Bechmann M, Delstraa J, Stålnacke P, Eggestad HO, Øygarden L, Pengerud A 2008 Monitoring catchment scale agricultural pollution in Norway: Policy instruments, implementation of mitigation methods and trends in nutrients and sediment losses. *Environmental Science and Policy* 11, 102-114.
- 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 MAT 21 nr 2/2007.
- Caspersen S, Ekelöf J, Carlson-Nilsson U 2014 Potatissorter skiljer sig i fosforeffektivitet. LTV-fakultetens faktablad 2014:12.
- Eriksson J, Andersson A, Andersson R 1997 Tillståndet i svensk åkermark. SNV Rapport 4778. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Hammond JP, Broadley MR, White PJ, King GJ, Bowen HC, Hayden R, Meacham M, Mead A, Overs T, Spracklen WP, Greenwood DJ 2009 Shoot yield drives phosphorus use efficiency in Brassica oleraceae and correlates with root architecture traits. *Journal of Experimental Botany* 60, 1953-1968.
- Tarafdar JC, Claassen N 1988 Organic phosphorus compounds as a phosphorus source for higher plants through the activity of phosphatases produced by plant roots and microorganisms. *Biology and Fertility of Soils* 5, 308-312.
- Ulén B och Jakobsson C 2005 Critical evaluation of measures to mitigate phosphorus losses from agricultural land to surface waters in Sweden. *Science of the Total Environment* 344, 37-50.
- Yara 2015 Yara Gödslingsråd säsongen 2015.

Faktabladet är utarbetat inom institutionen för biosystem och teknologi, www.slu.se/bt

Projektet är finansierat av Stiftelsen Stina Werners fond och Partnerskap Alnarp

Projektansvarig/författare: Siri Caspersen, Siri.Caspersen@slu.se

Faktabladet kan laddas ner från <http://pub.epsilon.slu.se/>