



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för växtproduktionsekologi

Slutredovisning av EkoForsk-projektet

Balanserad gödsling i ekologisk tomatodling

Sammanfattning

En viktig fråga för odlare med ekologisk växthusodling är hur strategin för gödsling bör läggas upp för att det inte ska uppstå brister i plantorna. Fosfor fastläggs lätt i jorden, främst genom bindning till mineral och organiskt material och genom association med järn, aluminium och kalcium. En strategi för att öka tillgängligheten av fosfor kan vara att tillsätta en organisk syra t.ex. citronsyra till jorden. Under 10 veckor vattnades tomatplantor (3 veckor gamla vid försöksstart) med kranvatten vars pH genom tillsats av citronsyra reglerades till 3.5, 5 och 6.5. Inga signifikanta skillnader i upptag av fosfor uppmättes mellan behandlingarna. Det negativa resultatet står i kontrast till tidigare resultat som erhållits vid tillförsel av citronsyra. Orsaken till de divergerande resultaten kan vara att tidigare försök utförts med plantor som var 6–7 veckor när försöket påbörjades. Det större näringsbehovet hos dessa plantor kan ha medfört att skillnaden i tillgängligt P gav ett större utslag.

I växthusjordar som tillförs stora mängder organiskt material stiger pH värdet gradvis vilket ökar fastläggningen av fosfor i kalciumföreningar. En möjlighet att öka tillgängligheten av fosfor är att tillföra gödsel- och jordförbättringsmedel som sänker pH. För att undersöka hur närvaron av en växt påverkar pH i jorden vid tillförsel av olika gödsel- och jordförbättringsmedel odlades tomatplantor i jord blandad med torv, blodmjöl, stallgödsel eller ensilage av böna. Efter 6 veckor skars plantan av och jordprov togs för analys av pH. Återstående jord i krukorna blandades med en ny omgång gödsel- och jordförbättringsmedel och en ny tomatplanta etablerades i blandningen. Efter ytterligare 6 veckor upprepades proceduren vilket resulterade i totalt 3 provtagningstidpunkter. Förändringen i pH jämfördes med jordblandningar utan tomatplantor. I jordar utan växt hade pH efter 18 veckor sänkts med 0.3–0.4 enheter vid tillsats av torv och med 1.4–1.7 enheter vid tillsats av blodmjöl. Plantering av en tomatplanta påverkades inte pH-sänkningen när torv tillförts men minskade pH-sänkningen med 0.5–1.0 enheter när blodmjöl tillförts. Försöket visar det är möjligt att sänka jordens pH både via tillsats av torv och blodmjöl. Mängden blodmjöl som kan tillsättas begränsas dock av grödans näringsbehov medan tillförseln av torv kan anpassas efter behovet att sänka pH. Hur mängd och tid påverkar pH vid tillsats av torv skulle behöva undersökas vidare. Varken tillsats av stallgödsel eller ensilage påverkade jordarnas pH.

Summary

An important issue for organic greenhouse cultivation is how the strategy of fertilization should be done in order to not cause deficiencies in the plants. Phosphorus is easily immobilized in the soil, mainly by binding to the mineral and organic matter and by association to iron, aluminium and calcium. A strategy to increase the availability of phosphorus may be to add an organic acid such as citric acid to the soil. Tomato plants (3 weeks old at the experimental start) were watered during 10 weeks with tap water adjusted to pH 3.5, 5 and 6.5 by added citric acid. No significant differences between treatments in the uptake of phosphorus were found. The negative result is in contrast to previous results obtained when adding citric acid. The cause of the divergent results may be that previous experiments were conducted with plants that were 6-7 weeks at the experimental start. The greater nutritional needs of these older plants may have led to a larger impact by difference in available P.

In greenhouse soils that receive large amounts of organic material the increasing pH value gradually increases the immobilisation of phosphorus in calcium compounds. One possibility to increase the availability of phosphorus is to supply fertilizers and soil improvers which reduce the pH. To investigate how the presence of a plant affects the pH of the soil supplied with different fertilizers and soil amendments, tomato seedlings were grown in soil mixed with peat, blood meal, farmyard manure or bean silage. After 6 weeks, the plants were cut at the soil surface and soil samples were taken for analysis of pH. The remaining soil in the pots was supplemented with new mixtures of fertilizer and soil amendments and a new tomato plant was established in the mixture. After another 6 weeks the procedure was repeated resulting in a total of three sampling times. The change in pH was compared with soil mixtures without a tomato plant. In soils without plant, had pH after 18 weeks been lowered by 0.3-0.4 units where peat had been added and by 1.4-1.7 units after adding blood meal. The presence of a tomato plant did not affect the pH reduction where peat had been added but decreased the pH reduction by 0.5-1.0 units where blood meal was the additive. The difference between the additives in how a plant affected the pH reduction could be due to the soils own supply and the plant uptake of nitrogen. Neither the addition of farmyard manure or bean silage affected the soil pH significantly.

Inledning

Sedan tio år tillbaka arbetar en odlar- och rådgivargrupp i Mellansverige med forskningsfrågor kring ekologisk odling av växthustomat. En viktig fråga för odlarna är hur strategin för gödsling bör läggas upp för att det inte ska uppstå brister i plantorna. Plantsaftanalyser från odlingarna visar att nivåerna av fosfor (P) är låga (Magnusson et al., 2010), trots god tillgång i jorden.

En strategi för att öka tillgången på P för tomatplantan är att tillföra en organisk syra t.ex. citronsyra. En annan möjlighet att öka tillgängligheten av P är att tillföra gödsel- och jordförbättringsmedel som sänker pH. Projektet utgick från förhållandena i två odlingar som bedrivit ekologisk tomatodling under en längre tidsperiod.

I projektet undersöktes:

I. Om tillförsel av citronsyra med bevattningsvattnet påverkar

- a) fv och ts
- b) upptaget och koncentrationen av P och kväve (N) i tomatplantan.
- c) upptaget och koncentration av zink (Zn), koppar (Cu), järn (Fe) och mangan (Mn)

II. Växtens inverkan på hur olika gödsel- och jordförbättringsmedel som används i odlingarna påverkar pH.

Delprojekt I

Bakgrund

Fosfor fastläggs lätt i jorden, främst genom bindning till mineral och organiskt material (SOM) och genom association med Fe, aluminium (Al) och kalcium (Ca). En studie av Ohno et al. (2007) visade att jordar med höga halter av SOM tenderade att ha mindre P i lösning än jordar med lägre halter av organiskt material. Högre halt SOM var i studien förenad med högre nivåer av oxalat-extraherbart Fe och Al, och hade därmed högre kapaciteten att binda P. I linje med detta föreslog Zhang m.fl. redan 2005 att korrelationen mellan SOM och fastläggningen av P beror på att P binds till Al och Fe associerat med SOM.

Vid brist på P utsöndrar växter organiska syror med låg molekylvikt (LOAs) för att mobilisera P. Därför kan en strategi för att öka tillgängligheten av P vara att tillsätta LOAs till jorden. LOAs ökar tillgänglighet av P genom att kelatbinda Fe, Al och C (Bolan m.fl., 1994; Hariprasad & Niranjana, 2009). Därmed minskar fastläggningen av P. Hur effektivt LOAs kan kelatbinda de joner som är förknippade med fastläggningen av P beror på antalet funktionella grupper i form av -COOH och -OH och minskar i ordningen trikarboxylsyra (t.ex. citronsyra) > dikarboxylsyra (t.ex. äpplesyra, vinsyra, oxalsyra) > monokarboxylsyra (t.ex. ättiksyra, myrsyra, mjölksyra) (Bolan m.fl., 1994; Oburger m.fl. 2011).

Studier av Ohono & Crannell (1996) och Ohono m.fl. (2005) har visat att organiska gödsel- och jordförbättringsmedel i form av t.ex. stallgödsel och grönmassa kan öka tillgänglighet av P, stallgödsel förmodligen mer långsiktigt än grönmassa. Organiska gödsel- och

jordförbättringsmedel ökar sannolikt koncentrationen av löst organiskt kol (DOC), både direkt och via omsättningen av förråden av SOM. Ohno m.fl. (2005) fann ett linjärt samband mellan DOC, som har förmåga att kelatbinda de joner som är förknippade med fastläggningen av P, och koncentrationen av vattenlösligt P. Stabilt organiskt material såsom torv har i linje med detta enligt Barker (2012), liten effekt på växttillgängligt P.

Tillgång på P påverkar också tillgången på andra växtnäringsämnen. Kelatering kan öka tillgänglighet av mikronäringsämnen såsom Fe, Zn, Mn och Cu, men på samma gång kan höga nivåer av P orsaka brist på mikronäringsämnen genom att antagonism uppstår vid upptagningen i växten (Epstein & Bloom, 2005). Fosforbrist kan också ge upphov till N brist genom störningar av växtens proteinsyntes (Jeschke et al., 1997; De Groot et al., 2003).

Frågeställning

Hur påverkas upptaget av växtnäring vid tillförsel av citronsyra i olika mängder med bevattningsvattnet

Försöksupplägg

Försöket lades upp som ett randomiserat split-plot försök med 5 upprepningar (block). Jord (A-C) = storruta och tre behandlingar = småruta. Tabell 1 visar jordarnas fysikaliska och kemiska sammansättning.

Tabell 1. Jordarnas fysikaliska (Ljung, 1987) och kemiska sammansättning i ett växthusförsök med tomat och olika pH i bevattningsvattnet, Uppsala 2013.

	Pipettmetoden				Glöd	H ₂ O	Total (Leco + ICP)						
	Ler	Mjåla	Mo	Sand	Mullhalt	pH	N	P	S	Fe	Cu	Mn	Zn
	< 0,002	0,002-0,02	0,02-0,2	0,2-2	%		% av ts					mg/kg ts	
A	15.2	30.7	41.6	12.6	31.1	4.9	1.36	0.47	0.92	1.01	26	415	240
B	7.2	6.9	23.2	62.6	12.3	6.4	0.46	0.22	0.26	0.61	14	313	68
C					49.8	6.1	0.66	0.06	0.15	0.47	17	178	24

Plantorna i de olika behandlingarna vattnades med kranvatten med tre olika pH; 3.5, 5 och 6.5. Vattnets pH reglerades genom tillsatts av citronsyra. Mängden citronsyra per liter vatten som behövdes för att uppnå det eftersträvade pH värdet provades ut. Bevattningen utfördes för hand med samma mängd vatten per planta en till två gånger per dag efter behov. Mellan 0.1 och 1 liter vatten per dag. Ingen växtnäring tillfördes försöket.

Plantering

Krukor om ca 5 l fylldes med jord. Jord med samma ursprung tillfördes med samma mängd ts per kruka, tabell 2. Dagen innan planteringen tillsattes citronsyravatten tills jorden uppnått lämplig fuktighet.

Tabell 2. Jordarnas innehåll av växtnäring i ett växthusförsök med tomat och med olika pH i bevattningsvattnet, Uppsala 2013.

	Ts jord	N	P	S	Fe	Cu	Mn	Zn
	<i>g per kruka</i>	<i>g per kruka</i>				<i>mg per kruka</i>		
A	2 628	35.7	12.4	24.2	26.5	68.3	1090.6	630.7
B	1 627	7.5	3.6	4.2	9.9	22.8	509.3	178.6
C	701	4.6	0.4	1.1	3.3	11.9	124.8	16.8

En planta per kruka, ca 3 veckor gammal, av sorten Maranello ympad på Beaufore med en topp planterades den 8 april. Krukorna ställdes på mobila vagnar (0.6 x 1.2 = 0.72 kvm). Den 19 april glesades plantorna till 4 plantor per vagn – en jord per vagn och block.

Skötsel och Skörd

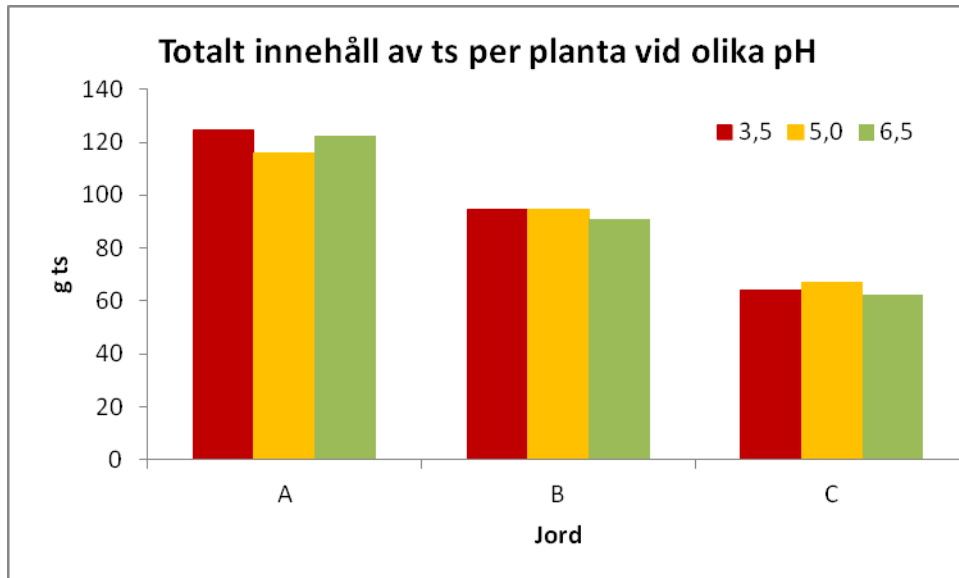
Plantorna tjuvades och bands upp/snurrades en gång per vecka. Pollineringen utfördes för hand. I växthuset hölls en temperatur på ca 19 °C dag (04.30-19.30) och ca 16 °C natt. Fuktigheten hölls kring 70%. Försöket avslutades efter ca tio veckor. Plantorna delade upp i tre fraktioner (blad, stam, frukt).

Analys

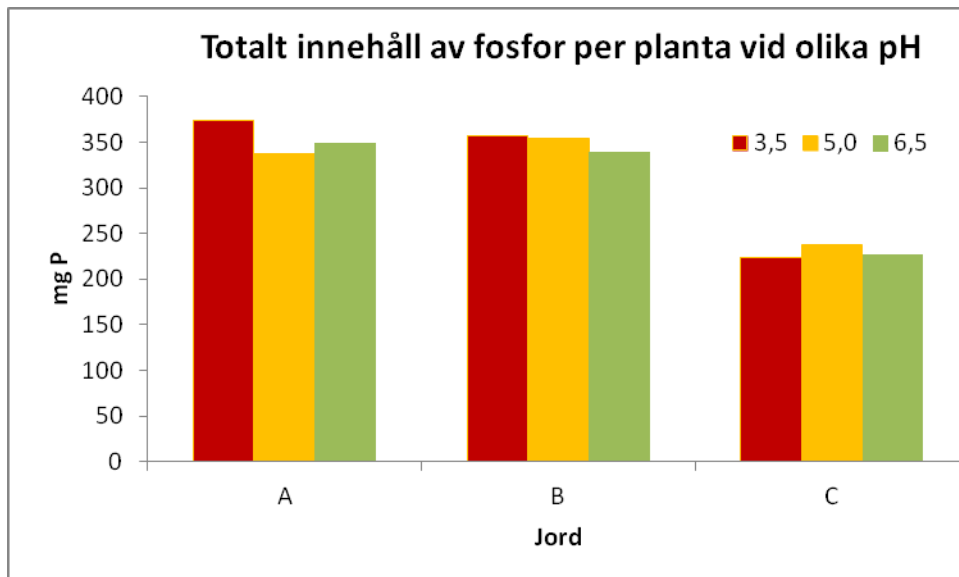
Tre blad togs ut per planta för analys; över 1:a klasen, mellersta och översta 20 cm långa bladet. Tre stambitar ca 10 -15 cm långa med en klase (utan frukter); längst ned, i mitten och översta 15 cm (1-2 blommande klasar) och samtliga frukter, skördades med fluga, togs ut för analys per planta. Proverna torkades vid 80 °C. Bladprov 1-2 dygn, övriga prov 3-4 dygn. Provens innehåll av Ts, Tot N, P, S, Cu, Zn, Mn och Fe analyserades. Tillgången på N analyserades på en Leco i enlighet med Dumas metoden (Bremner & Hauk, 1982) och övriga växtnäringsämnen på en ICP spektrometer efter uppslutning med HNO₃.

Resultat och diskussion

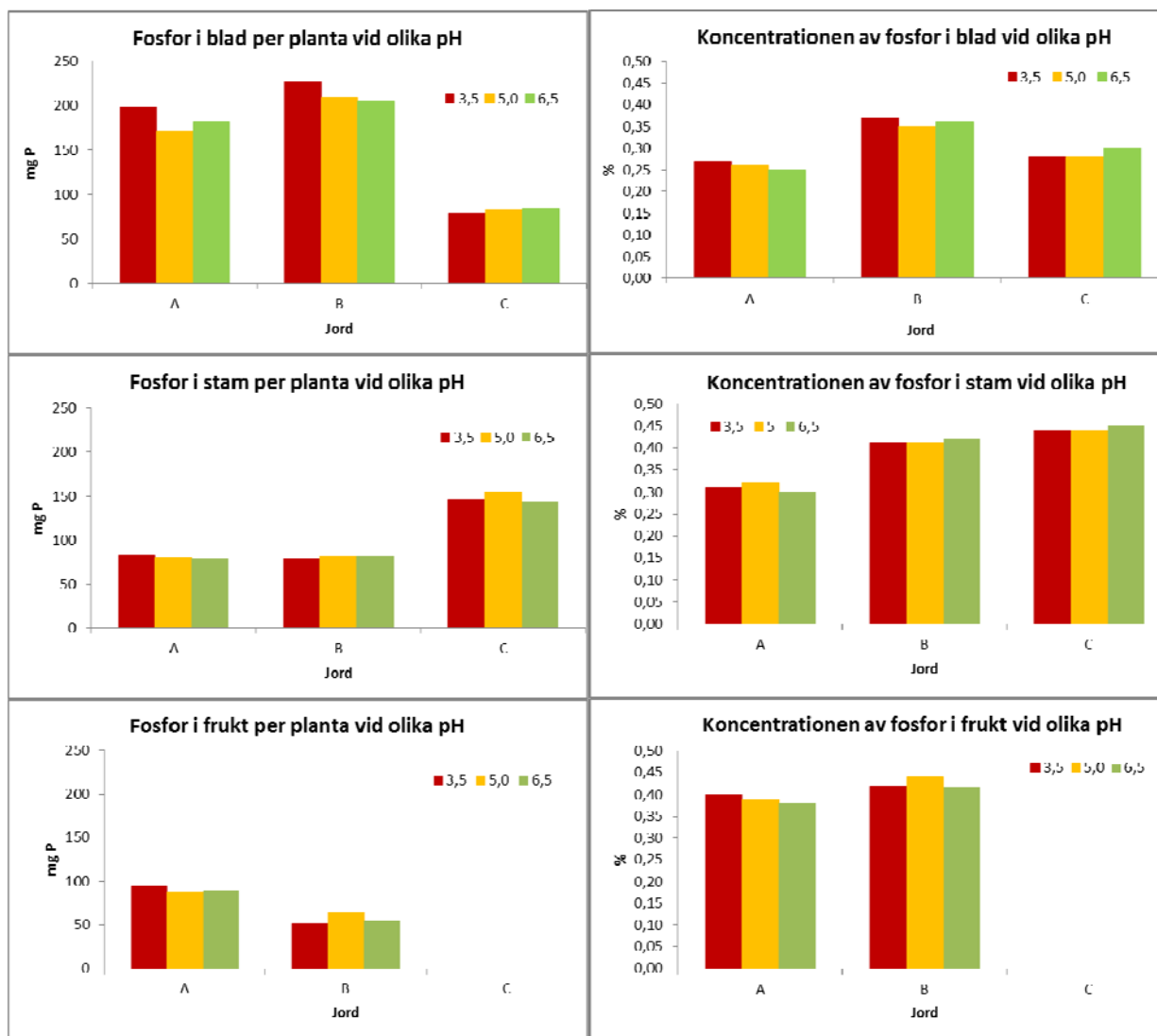
Inga signifikanta skillnader i upptag av analyserades växtnäringsämnen uppmättes mellan behandlingarna. Här presenteras resultaten för torrsubstansproduktion (figur 1) samt upptaget och plantans koncentration av P (figur 2 och 3), som stod i fokus för projektet, på de tre jordarna. Det negativa resultatet står i kontrast till resultat som tidigare uppnått vid tillförsel av citronsyra till ekologiska växthusjordar (Båth & Otabbong, 2013). Orsaken till de divergerande resultaten kan vara att tidigare försök utfördes med plantor som var mellan 6 och 7 veckor när försöket påbörjades. Det större näringsbehovet hos dessa plantor kan ha medfört att skillnaden i tillgängligt P gav ett större utslag i detta försök.



Figur 1. Innehåll av torrsbstanshalt (ts) per tomatplanta, ca 10 veckor, (ovan jord) vid olika pH i bevattningsvattnet och på tre olika jordar (A-C). Jord A och B hämtades från ekologiska växthusodlingar, jord C är en påsjord från Hasselfors. Uppsala, 2013.



Figur 2. Upptag av fosfor (P) per tomatplanta, ca 10 veckor, (ovan jord) vid olika pH i bevattningsvattnet och på tre olika jordar (A-C). Jord A och B hämtades från ekologiska växthusodlingar, jord C är en påsjord från Hasselfors. Uppsala, 2013.



Figur 3. Uptag och koncentration av fosfor (P) i olika delar av en tomatplanta, ca 10 veckor, (ovan jord) vid olika pH i bevattningsvattnet och på tre olika jordar (A-C). Jord A och B hämtades från ekologiska växthusodlingar, jord C är en påsjord från Hasselfors. Uppsala, 2013.

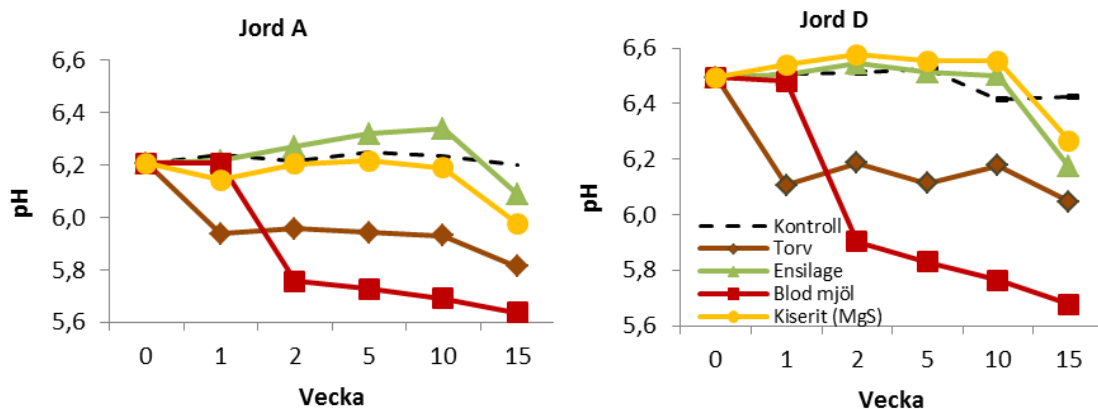
Det fanns en svag tendens att upptaget av P var högre vid pH 3.5 i bevattningsvattnet än vid högre pH på jord A (figur 3). Trots att koncentrationen av P på denna jord var högre än på de övriga jordarna (tabell 1 och 2) var koncentrationen av P i blad och stam lägre på denna jord. Detta kan tillskrivas en kombination av högre tillväxt (figur 1), större allokering av P till tomatfrukterna (figur 3) och en lägre tillgänglighet av P i förhållande till denna jords totala innehåll av P. På jord C med lägst innehåll av P var inga frukter utvecklade vid skördetillfället men en högre andel av upptaget P återfanns i stammen än i tomatplantornas stammar på jordar.

Delprojekt II

Bakgrund

I växthusjordar som tillförs stora mängder organiskt material stiger pH värdet gradvis (Bertrand *et al.*, 2007; Narambuye & Haynes, 2006). Orsaken till denna pH höjning är att växter (speciellt baljväxter) och stallgödsel har ett överskott på baskatjoner (Persson, 2003). Vid ett högt pH minskar tillgängligheten av P på grund av att P binds till svårslösliga kalciumföreningar (Tisdale *et al.*, 1999). Brist på P kan, i sin tur, ge upphov till N-brist då syntesen av proteiner i växten störs (de Groot *et al.*, 2003; Jeschke *et al.*, 1997). En strategi för att öka tillgängligheten av P är att tillföra gödselmedel och jordförbättringsmedel som sänker jordens pH.

Ett tidigare försök finansierat av SLU EkoForsk visade att tillförsel av gödsel och jordförbättringsmedel kan sänka pH, figur 4. Den snabbaste sänkningen av pH uppnåddes vid tillförsel av torv medan blodmjölet gav den kraftigaste sänkningen. Den snabba effekten kan bero på att pH-sänkningen vid tillförsel av torv framför allt beror på en utspädningseffekt. Effekten av blodmjölet beror troligen på att det bildas ett överskott av N i förhållande till kol (C) vid mineraliseringen och att NO_2^- då övergår till HNO_3^- . Effekten på pH kan därmed utebli när en växt är närvarande och konsumerar det mineraliserade N. Kiseriten liksom ensilaget hade en lag-fas på 10 veckor innan en mindre pH-sänkning uppmättes. pH-effekten av ensilaget kan tillskrivas samma process som vid tillförsel av blodmjöl. Den långsammare sänkningstakten berodde troligen på att ensilaget inte brukades in i jorden vilket tidigare studier visat ger en långsammare N-mineralisering. En hög andel baskatjoner i ensilaget kan ha bidrag till den mindre och långsammare pH-sänkningen.



Figur 4. Gödsel- och jordförbättringsmedels inverkan på pH i ett inkubationsförsök med 1 liters burkar utan planta. Per 100 g ts jord tillfördes 20 g fv okalkad torv, 6 g fv ensilage, 1.6 g fv kiserit och 0.8 g fv blodmjöl till burkarna och blandades med undantag för ensilaget, in i jorden. Försöket genomfördes med tre upprepningar i klimatrum utan ljus vid temperaturen 20 °C. pH mättes i vattensuspension.

Frågeställning

Hur påverkas pH genom tillförsel av gödselmedel och jordförbättringsmedel till jord med och utan växt?

Försöksupplägg

Försöket genomfördes på två jordar (E och F) med högt pH hämtade från företag med ekologisk tomatodling (tabell 3). Den första omgången tillfördes kranvatten, omgång 2 och 3 avjoniserat vatten. Tabellen visar också vilka gödsel- jordförbättringsmedel som ingick i försöksplanen och deras innehåll av kol (C) och kväve (N) samt pH värde.

Tabell 3.

	Med växt	Utan växt	% ts	C % av ts		N % av ts		pH
	g fv per kruka	g fv per kruka		Omg 1+2	Omg 3	Omg 1+2	Omg 3	
Jord E	1 300	650	81	10	10	0,9	0,9	7,3
Jord F	1 700	850	74	5	5	0,5	0,5	7,5
Torv				52	52	1,2	1,2	4,2
Blodmjöl				56	56	13,9	13,9	7,3
Stallgödsel				40	44	4,6	4,6	6,9
Ensilage (böna)				48	46	3,1	2,7	4,8
Kranvatten								8,6
Avjoniserat vatten								7,3

I försöket med växt blandades gödsel- och jordförbättringsmedlen med jorden och en tomatplanta, 3-4 dagar efter uppkomst, planterades per kruka (1,5 L). Försöket utan växt genomfördes i samma växthuskammare men krukorna (0,5 L) placerades under borden. Då krukorna inte täcktes tillfördes avjoniserat vatten en eller två gånger per vecka upp till ursprunglig vikt. Gödsel- och jordförbättringsmedel tillfördes i motsvarande mängder som i försöket med växt. Efter sex veckor skars tomatplantan av jäms med jordytan. I båda försöken analyserades pH i jorden genom att 10 g jord blandades med 50 ml destillerat vatten. Proverna skakades i några minuter och fick därefter stå i 24 timmar. Innan analys av pH skakades provet upp igen. Återstående jord i krukorna blandades med en ny omgång gödsel- och jordförbättringsmedel och, i försöket med växt, etablerades en ny tomatplanta i blandningen. Försöken genomfördes vid temperaturen 18°C dag och 17°C natt. Fuktigheten låg på 70 % Rh och belysningen var påslagen 04.00 - 20.00. Jordlevande rov kvalser *Hypoaspis miles* användes för bekämpning av sorgmyggor. Försöket genomfördes med fyra upprepningar och i tre omgångar. Tillförseln av gödsel- och jordförbättringsmedel per 100 g ts jord de olika försöksomgångarna framgår av tabell 4a-c.

Tabell 4 a-c. Tillförsel av gödsel- och jordförbättringsmedel per 100 g ts jord per omgång

a	Tillförsel per 100 g ts jord Omgång 1,vecka 14 (2/4)-20							
	g fv		g ts		g C		mg N	
	E	F	E	F	E	F	E	F
Kontroll	0	0	0	0	0	0	0	0
Torv	4.75	3.97	1.42	1.19	0.74	0.62	17	14
Blodmjöl	0.38	0.32	0.35	0.29	0.20	0.16	48	40
Stallgödsel	4.75	3.97	2.04	1.19	0.81	0.47	94	55
Ensilage (böna)	4.75	3.97	2.04	1.71	0.98	0.82	63	52

b	Tillförsel per 100 g ts jord Omgång 2,vecka 20 (16/5)-26							
	g fv		g ts		g C		mg N	
	E	F	E	F	E	F	E	F
Kontroll	0	0	0	0	0	0	0	0

Torv	4.75	3.97	1.08	0.91	0.56	0.47	13	11
Blodmjöl	0.38	0.32	0.35	0.29	0.20	0.16	48	41
Stallgödsel	4.75	3.97	1.12	0.95	0.45	0.38	52	44
Ensilage (böna)	4.75	3.97	1.29	0.97	0.62	0.46	40	29

c	<i>Tillförsel per 100 g ts jord Omgång 3,vecka 26 (25/6)-32</i>							
	g fv		g ts		g C-tot		mg N-tot	
	E	F	E	F	E	F	E	F
Kontroll	0	0	0	0	0	0	0	0
Torv	9.5	7.94	2.23	1.87	1.16	0.97	27	22
Blodmjöl	0.76	0.64	0.69	0.58	0.39	0.33	96	80
Stallgödsel	9.5	7.94	1.82	1.53	0.81	0.68	84	70
Ensilage (böna)	9.5	7.94	2.17	1.81	1.00	0.83	59	49

Total tillförsel av gödsel- och jordförbättringsmedel per 100 g ts jord och per kruka (1.5L) framgår av tabell 5a-b.

Tabell 5 a-b. Total tillförsel av gödsel- och jordförbättringsmedel per 100 g ts jord (a) och per kruka (b).

A	<i>Total tillförsel per 100 g ts jord, vecka 14(2/4)-32(6/8)</i>							
	g fv		g ts		g C-tot		mg N-tot	
	E	F	E	F	E	F	E	F
Kontroll	0	0	0	0	0	0	0	0
Torv	19	16	4.7	4.0	2.5	2.1	57	47
Blodmjöl	1.5	1.3	1.4	1.2	0.8	0.6	192	160
Stallgödsel	19	16	4.9	3.7	2.1	1.5	228	167
Ensilage (böna)	19	16	5.5	4.5	2.6	2.1	161	127

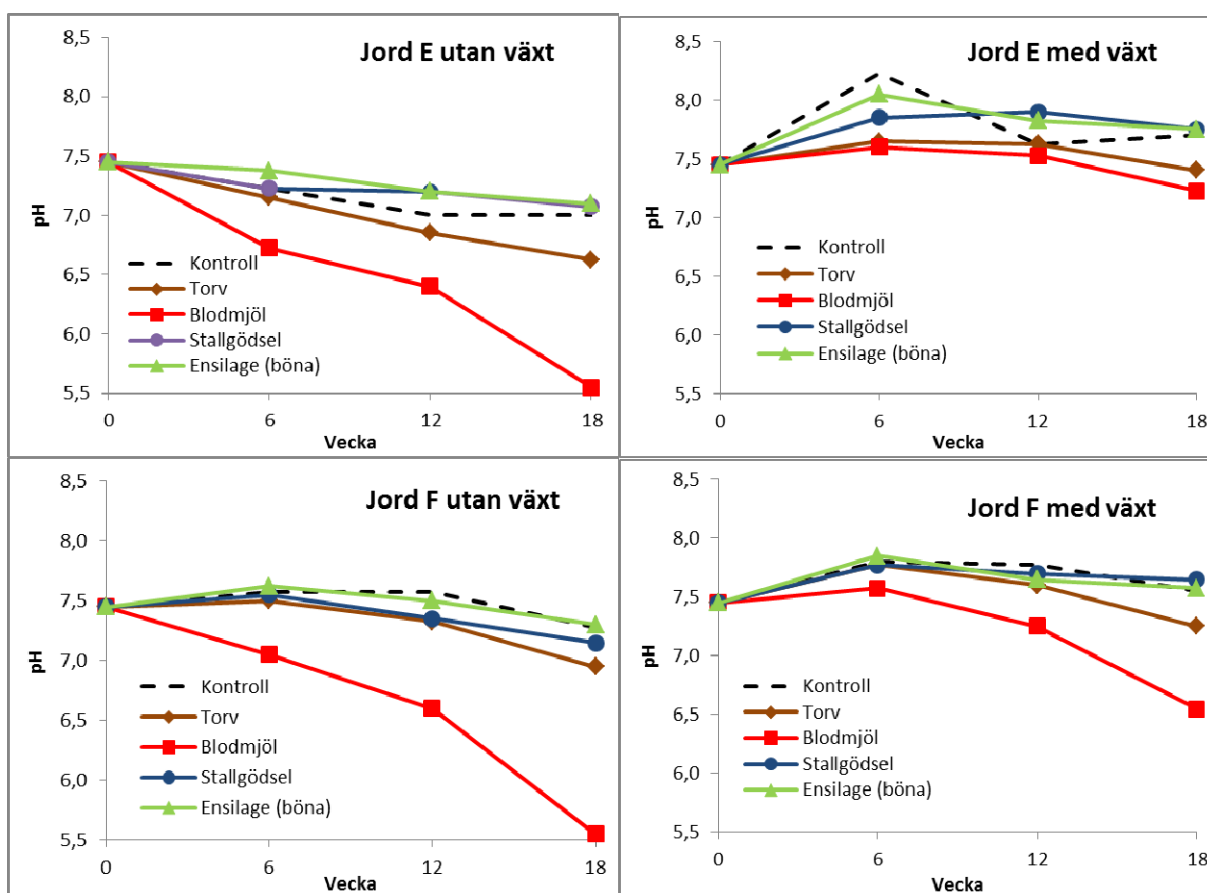
b	<i>Total tillförsel per kruka(E= 1053 g ts, F= 1258 g ts) med växt, vecka 14(2/4)-32(6/8)</i>							
	g fv		g ts		g C-tot		g N-tot	
	E	F	E	F	E	F	E	F
Kontroll	0	0	0	0	0	0	0	0
Torv	200	200	50	50	26	26	0.6	0.6
Blodmjöl	16	16	15	15	8	8	2.0	2.0
Stallgödsel	200	200	52	46	22	19	2.4	2.1
Ensilage (böna)	200	200	58	56	27	27	1.7	1.6

Resultat och diskussion

På jordar utan växt sänktes pH både vid tillförsel av blodmjöl och torv (figur 5). På jord E och F tillsattes totalt ca 16-19 g fv torv per 100 g ts jord vilket är i samma storleksordning som i det tidigare försöket då ca 20 g fv torv tillfördes per 100 g ts jord. Nedgången i pH var efter 15 veckor mellan 0,3 och 0,5 enheter i det tidigare försöket vilket motsvarar nivån på nedgången på jord F efter 18 veckor. På jord E hade pH gått ned med 0,9 enheter efter 18 veckor men då kontrollen samtidigt sjönk i pH med 0,5 enheter var nedgången även på denna jord i paritet med nedgången på övriga jordar. Vid tillsats av 0,8 g fv blodmjöl per 100g ts jord i det tidigare försöket sänktes pH med mellan 0,5 och 0,8 enheter efter 15 veckor. Motsvarande siffror var på jord E och F efter 12 veckor med samma tillförsel av blodmjöl per 100 g ts jord 1,1 respektive 0,9 pH enheter eller 0,6 respektive 0,8 enheter om kontrollen tas med i jämförelsen. Varken tillsats av stallgödsel eller ensilage påverkade jordarnas pH. Att pH-sänkningen vid tillsats av ensilage helt uteblev i detta försök där en mindre sänkning noterades i det tidigare försöket kan bero på ett högre innehåll av baskatjoner, fr.f.a. kalium, i bönensilaget. Tillförseln av ensilage i g fv per 100 g ts jord var i detta försök mellan 16 och 19 g att jämföra med 6 g i det tidigare

försöket då ensilaget dessutom fick ligga som en mulch på jordytan vilket ger en längre omsättningstid av materialet.

När en växt, tomat, planterades i jorden förändrades bilden (figur 5). En liten pH sänkning vid tillsats av stallgödsel och ensilage förbyttes till en mindre pH höjning. Om kontrollen, d.v.s. jord med växt utan inblandning av gödsel- eller jordförbättringsmedel, tas med i jämförelsen påverkade dessa båda gödselmedel inte pH i någon riktning. Vid tillsats av torv var påverkan på pH vid en jämförelse med det ursprungliga pH i jorden marginell. När kontrollen tas med i jämförelsen uppmättes en mindre sänkning med 0,3 pH enheter på båda jordarna vilket är i samma storleksordning som utan växt, 0,3 för jord E och 0,4 för jord F. Antagandet att sänkningen av pH vid tillsats av torv beror på en utspädningseffekt kan därför stämma även om pH sänkningen var låg med den tillförsel av torv som användes i försöket. Blodmjöl sänkte pH i båda jordarna men sänkningen var betydligt lägre än utan växt, speciellt på jord E där sänkningen var 0,3 enheter med växt (0,5 om kontrollen tas med i jämförelsen) jämfört med 1,9 utan växt (1,4 om kontrollen tas med i jämförelsen). På jord F var motsvarande siffror 0,9 enheter med växt (1,0 om kontrollen tas med i jämförelsen) jämfört med 1,9 utan växt (1,7 om kontrollen tas med i jämförelsen).



Figur 5. Gödsel- och jordförbättringsmedels inverkan på pH med och utan växt, tomat. Uppsala, 2014.

References

- Barker, A.V. (2012). Plant growth in response to phosphorus fertilizers in acidic soils amended with limestone or organic matter. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 43, 1800-1810.
- Bertrand, I., Delfosse, O. & Mary, B. (2007). Carbon and nitrogen mineralization in acidic, limed and calcareous agricultural soils: Apparent and actual effects. *Soil Biology and Biochemistry* 39, 276-288.
- Bolan, N.S., Naidu, R., Mahimairaja, S. & Baskaran, S. (1994). Influence of low-molecular-weight organic acids on the solubilization of phosphates. *Biology and Fertility of Soils* 18, 311-319.
- Båth, B., Otabbong, E. (2013). Availability of phosphorus in greenhouse cropping systems with tomatoes - influence of soil and citric acid. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science* 63:6, 483-488.
- Bremner, J.M. & Hauk, R.D. (1982). *Advances in methodology for research on nitrogen transformation in soil*. In: Stevenson, F.J. (Ed.), *Nitrogen in Agricultural soils*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 467-502.
- de Groot, C.C., Marcelis, L.F.M., van den Boogaard, R., Kaiser, W.M. & Lambers, H. (2003). Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. *Plant and Soil* 248, 257-268.
- Epstein, E. & Bloom, A.J. (2005). *Nutrition of plants: Principles and perspectives*, 2nd edition, Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Hariprasad, P & Niranjana, S.R. (2009). Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. *Plant and Soil* 316, 13-24.
- Jeschke, W.D., Kirkby, E.A., Peuke, A.D., Pate, J.S. & Hartung, W. (1997). Effects of P on assimilation and transport of nitrate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Journal of Experimental Botany* 48, 75-91.
- Ljung, G. (1987). *Mekanisk analys – Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning*. In Avdelningen för Lantbrukets Hydroteknik, Avdelningsmeddelande 87. SLU, Uppsala. (In Swedish)
- Magnusson, M., Ögren, E. & Homman, K. (2010). *Samband mellan odlingsförutsättningar, växtnäring och skörderesultat samt utarbetande av riktvärden för jordanalys i ekologisk tomatodling*. Rapport 4, Länsstyrelsen Västmanland, Sweden. (In Swedish)
- Naramabuye, F.X. & Hayned, R.J. (2006). Effects of organic amendments on soil pH and Al solubility and the use of laboratory indices to predict their liming effect. *Soil Science* 171, 754-763.
- Oburger, E., Jones, D.L. & Wenzel, W.W. (2011). Phosphorus saturation and pH differentially regulate the efficiency of organic acid anion-mediated P solubilisation mechanisms in soil. *Plant and Soil* 341, 363-382.
- Ohno, T. & Crannell, B.S. (1996). Green and animal-derived effects dissolved organic matter effects on phosphorus sorption. *Journal of Environmental Quality* 25, 1137-1143.
- Ohno, T., Griffin, T.S., Liebman, M. & Porter, G.A. (2005). Chemical characterization of soil phosphorus and organic matter in different cropping systems in Maine, U.S.A. *Agricultural Ecosystems and Environment* 105, 625-634.
- Ohno, T., Hoskins, B.R. & Erich, M.S. (2007). Soil organic matter effects on plant available and water soluble phosphorus. *Biology and Fertility of Soils* 43, 683-690.
- Persson, J. (2003). *Kväveförluster och kvävehushållning. Förbättringsmöjligheter i praktiskt jordbruk. Kortsiktiga och långsiktiga markbiologiska processer med speciell hänsyn till kvävet*. Rapport 207, Institutionen för markvetenskap, avd. för växtnäringlära, SLU, Uppsala.
- Tisdale, S.L., Havlin, J.L., Beaton, J.D. & Nelson, W.L. (1999). *Soil fertility and fertilizers – an introduction to nutrient management*. Sixth edition, Prentice-Hall, Inc.
- Zhang, H., Schroder, J.L., Fuhrman, J.K., Basta, N.T., Storm, D.E. & Payton, M.E. (2005). Path and multiple regression analyses of phosphorus sorption capacity. *Soil Science Society American Journal* 69, 96-106.