

Redovisning av EkoForsk-projektet

Tillgången på kväve och fosfor i ekologiskt odlade tomater

Inledning

Sedan tio år tillbaka arbetar en deltagardriven forskargrupp i Mellansverige med frågor 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 kväve (N) och fosfor (P) är låga (Magnusson *et al.*, 2010) trots att analyser visar att tillgången på P i jorden är god. Bristerna i plantan beror troligen inte i första hand på brister i jorden utan på att frigörelsehastigheten är låg i förhållande till plantornas behov. Brist på P kan i sin tur ge upphov till N-brist genom störningar i proteinsyntesen (de Groot *et al.*, 2003).

I växthusbäddar med stor tillförsel av organiska material stiger pH värdet efterhand (Bertrand *et al.*, 2007; Narambuye & Haynes, 2006). Orsaken till pH höjningen är bl.a. att organiska gödselmedel och växter (speciellt baljväxter) har ett överskott på baskatjoner (Persson, 2003). Vid pH över 5,5 (organogena jordar) - 6,5 försämras tillgängligheten av P genom att P fastläggs i svårslösliga kalciumföreningar (Tisdale *et al.*, 1999). En anledning till det låga P-upptaget trots god tillgång i marken kan därför vara fastläggning på grund av höga pH värden i odlingarna.

En strategi för att öka tillgången på P för tomatplantan är att tillföra en organisk syra t.ex. citronsyra. Organiska syror förhindrar att P fastläggs genom kelatbindning till joner associerade med fosfat; förutom kalcium (Ca) mikronäringsämnen som koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn) och zink (Zn) (Hariprasad & Niranjana, 2009). Kelateringen medför även en ökad tillgänglighet av mikronäringsämnen för växter. Samtidigt kan hög tillgänglighet av P förorsaka brist på mikronäringsämnen genom antagonism under upptagningen i växten (Epstein & Bloom, 2005).

En annan möjlighet att öka tillgängligheten av P är att tillföra gödsel- och jordförbättringsmedel som sänker pH. Okalkad torv tros sänka pH i odlingsbäddarna genom en utspädningseffekt i kombination med frigörelse av syror när torven omsätts. Oorganiska ämnen som kieserit (MgS) sänker pH genom att svavlet oxideras till svavelsyra vid tillförsel till jorden (Stevenson, 1986). Organiska gödselmedel som idag används i praktiken men vars pH verkan är oklar är blodmjöl och ensilage.

I projektet undersöktes:

1. frigörelsen av N och P
2. hur olika gödsel- och jordförbättringsmedel som används i odlingarna påverkar pH.
3. om tillförsel av citronsyra med bevattningstvattnet påverkar
 - a) avkastningen
 - b) upptaget och koncentrationen av P och N i tomatplantan.
 - c) upptaget och koncentration av zink (Zn), koppar (Cu), järn (Fe) och mangan (Mn).

Material and metoder

Projektet utgick från förhållandena i två odlingar som bedrivit ekologisk tomatodling under en längre tidsperiod. De två odlingarna har olika gödslingsstrategier vilket kan påverka det organiska materialets sammansättning och därmed frigörelsen av växtnäring. I odling A baseras gödningen på stallgödsel, ensilage och blodmjöl, i odling C på vinass, kalimagnesia och blodmjöl.

Karakterisering av växthusjordarna

Jordprover togs ute i odlingarna vid fasta provpunkter 2 dm från plantan (ytjorden skrapades av innan provtagningen) till ett djup av 30 cm med 10 provpunkter per bädd. Resultaten från jordanalyserna visas i tabell 1. 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. Den fysikaliska sammansättningen bestämdes genom mekanisk sällning (Ljung 1987), mullhalten genom glödningsförlust.

Det totala innehållet av både N och P var högt i båda jordarna. Dock var mullhalten liksom N, P, Mn och Zn halten högre i jord från odling C jämfört med i jord från odling A.

Tabell 1. Jordens fysikaliska och kemiska sammansättning (2008 och 2009)

	% av oorganiska fraktionen					Mullhalt	pH	%			mg/kg		
	Ler < 0,002	Mjåla 0,002-0,02	Mo 0,02-0,2	Sand 0,2-2	Grus >2			N	P	Fe	Cu	Mn	Zn
A	17	9	27	39	8	15	6,2	0,6	0,3	1,2	26	272	62
C	13	28	47	10	2	24	6,4	1,1	0,4	0,8	19	538	118

I tabell 2 visas resultatet av fraktionering av P i obruten följd (Hedley et al., 1982; Ottabong & Persson, 1994). I jord A var 1 106 mg P per kg ts jord organiskt bundet (ca 38 %), i jord C 1 828 mg (ca 45%). Trots en större mängd organiskt bundet P i jord C var mängden fritt P i denna jord lägre än i jord A.

Tabell 2.

P i olika fraktioner(mg per kg ts jord år 2008)								
	Fritt	Al-bundet	varav org	Fe-bundet	varav org	Ca-bundet	Mineral	Totalt
A	151	948	761	553	345	277	964	2893
C	86	1072	930	1180	898	441	1282	4061

1. Mineraliseringen av N och P

Frigörelsen följdes under tio veckor i ett inkubationsförsök som genomfördes i klimatrum utan ljus vid temperaturen 20 °C. Jorden fördelades i 1 liters burkar med 300 g ts jord från odling A och 200 g ts jord från odling C. Mängden N och P som tillfördes med jorden framgår av tabell 3.

Tabell 3

	Tillfört med jorden per burk	
	g N	g P
A	1.8	0.9
C	2.2	0.8

Därefter tillsattes destillerat vatten motsvarande 40 % av WHC. Burkarna inkuberades utan lock. Prov togs ut en gång varannan vecka (0, 2, 4, 6, 8, 10). En gång per vecka tillsattes destillerat vatten upp till ursprunglig vikt. Försöket genomfördes med tre upprepningar. Tillgängligt N och P i jorden analyserades med hjälp av Spurwaymetoden genom extraktion med ättikssyralösning, pH 3.4. Min-N analyserades på en segmented flow analyser och övriga näringsämnen genom ICP-optic emission spectra.

2. Gödsel och jordförbättringsmedels inverkan på pH

Ett inkubationsförsök genomfördes i krukor utan växt med jord hämtad från projektodlingarna. Jorden fördelades i 1 liters burkar med 300 g ts jord från odling A och 250 g ts jord från odling C. Därefter tillsattes dest. vatten motsvarande 40 (A) respektive 46 (C) % av WHC. Totalt inkuberades 545 g fv jord från odling A och 520 g fv jord från odling B.

Efter en förinkubation på 7 dagar tillfördes okalkad torv, ensilage, kiserit och blodmjöl till burkarna och blandades med undantag för ensilaget, in i jorden. Mängderna som tillfördes burkarna framgår av tabell 4. Burkarna inkuberades utan lock. En gång per vecka tillsattes destillerat vatten upp till ursprunglig vikt. Prov togs ut vid sex tillfällen (0, 1, 2, 5, 10 och 15 veckor). Försöket genomfördes med tre upprepningar i klimatrum utan ljus vid temperaturen 20 °C. pH mättes i vatten suspension.

Tabell 4.

Behandling	Giva g per burk	
	A	C
Kontroll	inget	inget
Torv	60	50
Ensilage	18	15
Blodmjöl	2,4	2
Kiserit	4,8	4

3. Tillförsel av en citronsyra med bevattningsvattnet

Jord från projektodlingarna samlades in och fylldes på i lådor (4 x 4 x 5 dm) med dräneringshål i botten. Lådorna fylldes med 25,2 kg ts (35 kg fv) jord från odling A och 16,8 kg ts (30 kg fv) jord från odling C. Därefter tillsattes vatten motsvarande ca 40 % av WHC.

Tabell 5.

	Tillfört med jorden per låda	
	g N	g P
A	151	76
C	185	67

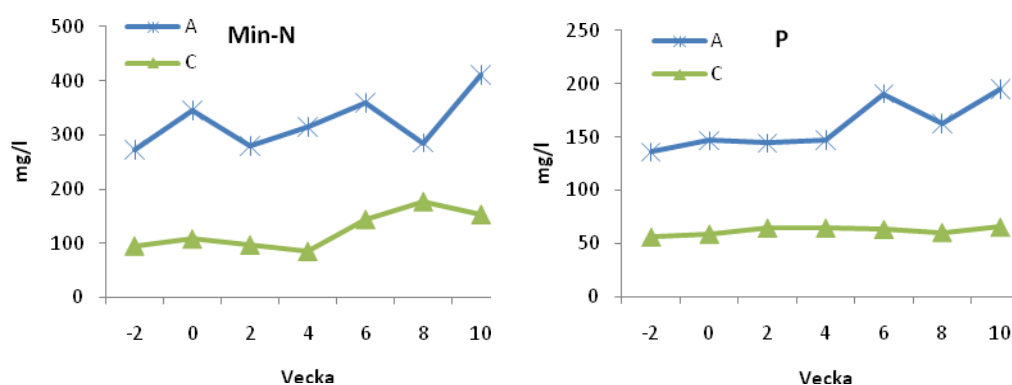
Tomatplantorna av sorten Maranello ympade på Beaufore planterades den 20 mars. En tomatplanta med enkel topp planterades per kruka. Citronsyra tillfördes med bevattningsvattnet i en blandning (12 g per 25 liter vatten) så att ett pH på 3.6 i vattnet

uppnåddes. I växthuset hölls en temperatur på ca 19 °C dag och ca 16 °C natt. Odlingen pollinerades med hjälp av humlor. Ingen växtnäring tillfördes försöket som genomfördes med fyra upprepningar.

Tio veckor efter plantering, strax innan första skörden en tidpunkt då plantorna är som högst belastade och näringsbrist lätt utvecklas, avslutades försöket. Färskvikt (fv) och torrsvikt (ts) noterades för varje planta. Bladprov från varje planta togs ut med tre blad per topp; över 1:a klasen, mellersta och översta 20 cm långa bladet. Stamprovet bestod av tre ca 10 cm långa bitar med en klase (utan frukter) som togs ut längst ned, i mitten och över översta blommande klase. Den äldsta frukten på varje fruktbärande klase bildade ett gemensamt prov. Växtmaterialet torkades vid 80 °C och maldes inför den kemiska analysen. Tillgången på N i växten analyserades på en Leco i enlighet med Dumas metoden (Bremner & Hauk, 1982) och övriga växtnäringssämnen på en ICP spektrometer efter uppslutning med HNO₃.

Resultat och diskussion

1. Mineraliseringen av N och P

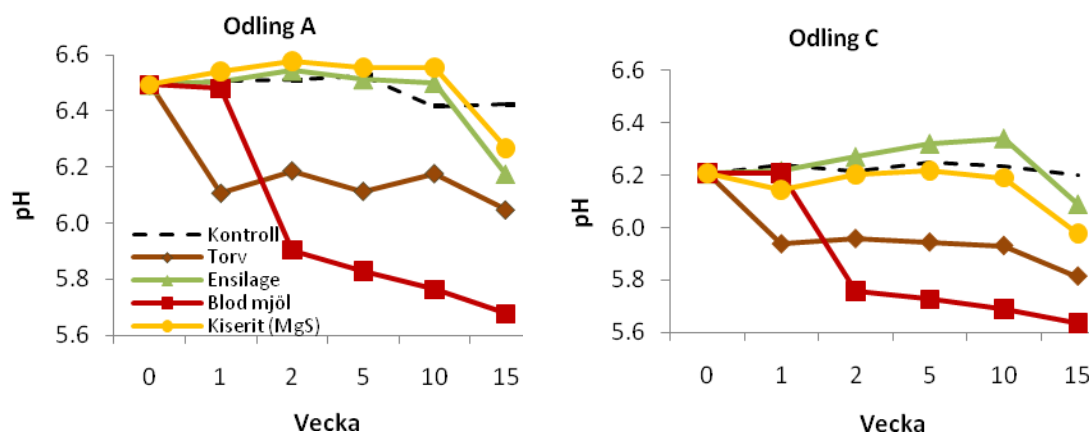


Figur 1.

Frigörelsen av N och P över tiden var låg i jordarna speciellt från jord C vilket bekräftar bilden från tabell 2 och tyder på en högre frigörelsehastighet från det organiska materialet i jord A.

Riktvärdet för Spurway-analysen enligt LMI är för nitrat-N 225 och för P 150 mg per liter jord. Enligt en studie som genomförts i forskargruppen bör riktvärdena sänkas för ekologiska odlingar (Magnusson, 2010). Värdena för N och P bör enligt studien ligga på mellan 50 och 100 mg per liter jord.

2. Gödsel och jordförbättringsmedels inverkan på pH

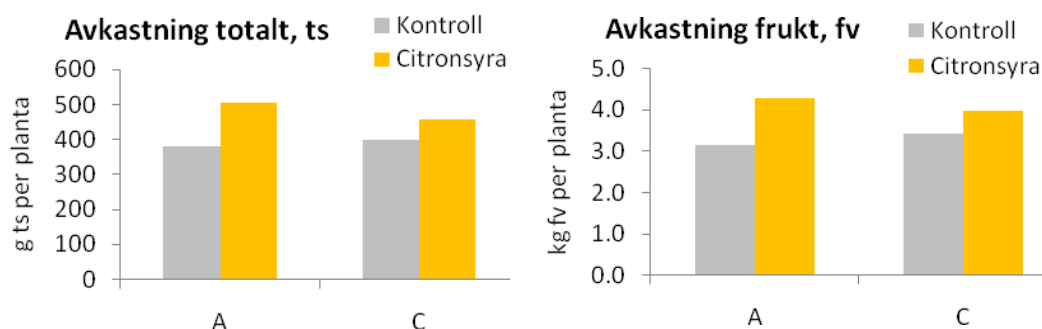


Figur 2. Gödsel- och jordförbättringsmedels inverkan på pH

Den snabbaste sänkningen av pH uppnåddes vid tillförsel av torv medan blodmjölet gav den kraftigaste sänkningen, figur 2. 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 ensilagen hade en lag-fas på 10 veckor innan en mindre pH sänkning uppmättes. pH effekten av ensilagen 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.

3. Tillförsel av en citronsyra med bevattningsvattnet

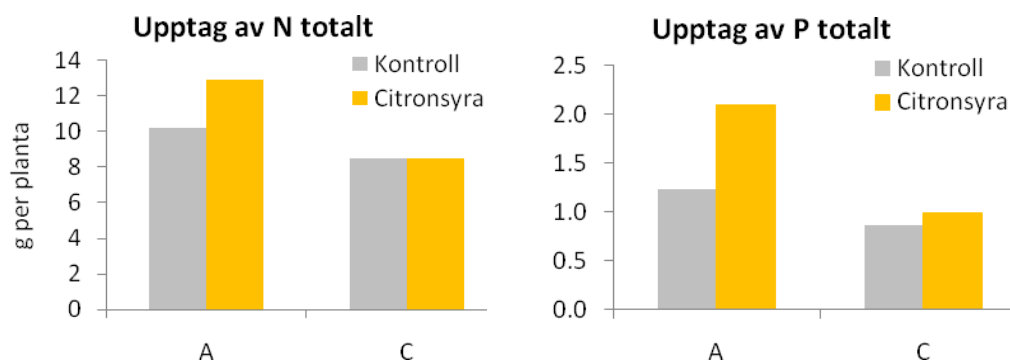
a)



Figur 3. Avkastning av total biomassa (ts) och tomatfrukter (fv) med och utan tillförsel av citronsyra med bevattningsvattnet i odling A och C.

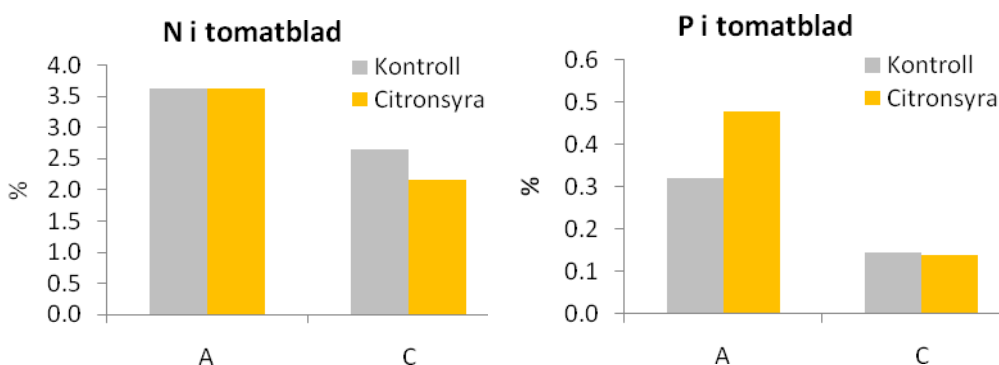
Tillförsel av citronsyra ökade avkastningen, figur 3. Skillnaden var signifikant i odling A.

b)



Figur 4. Upptag av kväve (N) och fosfor (P) med och utan tillförel av citronsyra med bevattningsvattnet i odling A och C.

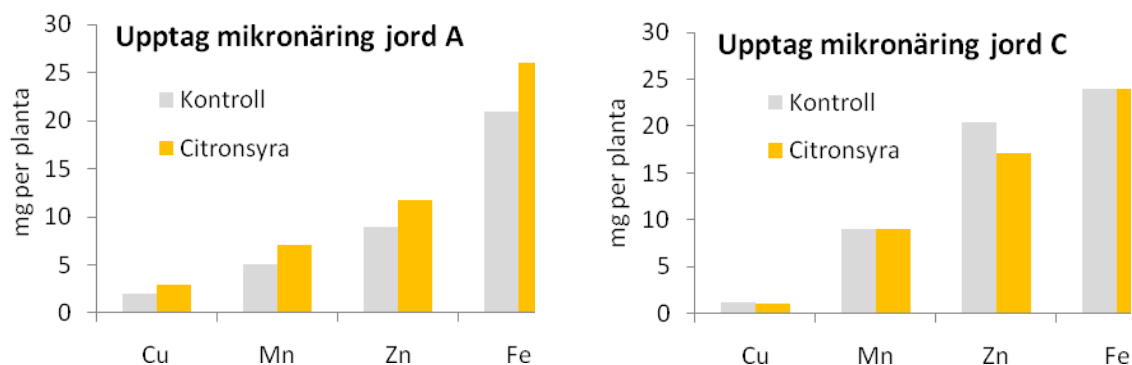
Upptaget av N och P var signifikant större vid tillförel av citronsyra i odling A, figur 4. Skillnaden mellan odlingarna kan bero på ett stabilare organiskt material i jord C vilket ger en lägre och långsammare näringsfrigörelse. Skillnaden i det organiska materialets stabilitet kan i sin tur bero på skillnaden i gödslingsstrategi mellan odlingarna. Odling A:s strategi ger ett större tillskott av kol än strategin för odling C. Kolet binds in i den pool av det organiska materialet som består av lättomsättbart material och som står för huvuddelen av näringsfrigörelsen under odlingssäsongen. När citronsyra tillsätts med bevattningsvattnet ökar tillgängligheten av den frigjorda näringen på grund av kelatering av ämnen t.ex. Ca och Fe, som utan tillskottet av citronsyra skulle ha bundit upp P och gjort det oåtkomligt för växterna.



Figur 5. Koncentrationen av kväve (N) och fosfor (P) i tomatblad med och utan tillförel av citronsyra med bevattningsvattnet i odling A och C.

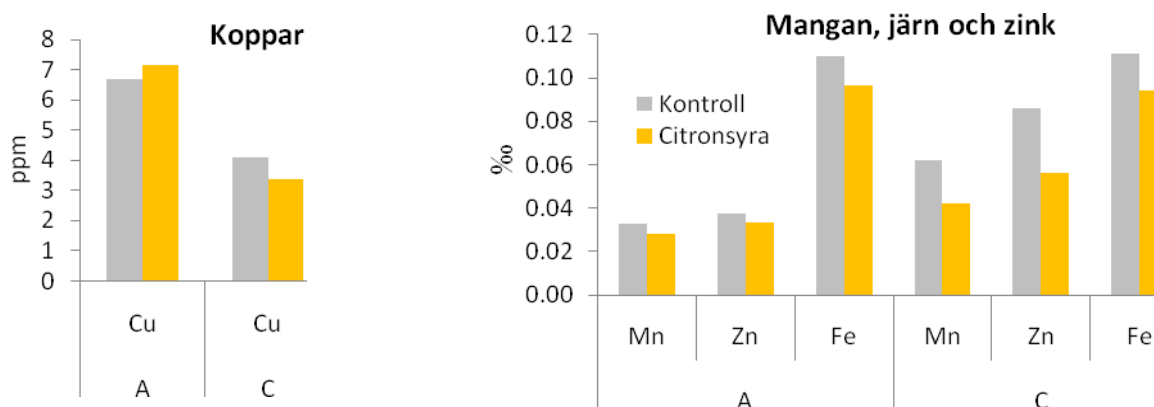
Tillförel av citronsyra ökade koncentration av P i tomatbladen i odling A, figur 5. Koncentrationen av N låg i underkant, speciellt i odling C. Koncentrationen av P låg också i underkant ($< 0,4$) med undantag för när citronsyra tillfördes med bevattningsvattnet i odling A. Detta innebär att tillgängligheten av P ökade i snabbare takt än biomassatillväxten när citronsyra tillsattes med bevattningsvattnet i denna odling.

c)



Figur 6. Upptag av mikronäringsämnen i tomatplantorna med och utan tillförel av citronsyra med bevattningsvattnet i odling A och C.

Vid tillförel av citronsyra med bevattningsvattnet i odling A fanns en genomgående tendens till ökning av det totala upptaget i tomatplantan av mikronäringsämnen. Ingen sådan tendens fanns i odling C. Det högre upptaget av Zn och Mn i odling C speglar det högre innehållet av dessa näringsämnen i jorden, tabell 1. Kvoten i bladen mellan P och mikronäringsämnena Cu, Mn, Zn och Fe ökade när citronsyra tillfördes med bevattningsvattnet d.v.s. mer P togs upp i förhållande till mikronäringsämnena.



Figur 7. Koncentration av mikronäringsämnen i tomatbladen med och utan tillförel av citronsyra med bevattningsvattnet i odling A och C.

Koncentrationen av mikronäringsämnen i tomatbladen sjönk med ett undantag vid tillförel av citronsyra med bevattningsvattnet. Detta undantag utgjordes av Cu i odling A.

Sammanfattning

Undersökningarna visar att gödsel- och jordförbättringsmedel kan bidra till att hålla pH värdet i jorden nere och därmed minska fastläggningen av fosfor. Den snabbaste sänkningen av pH uppnåddes vid tillförsel av torv medan blodmjöl gav den kraftigaste sänkningen. Kiseriten liksom ensilagen hade en lag-fas på 10 veckor innan en mindre pH sänkning uppmättes. Strävan efter precision i gödningen vid ekologisk växthusodling har inneburit att höga halter av svavel (S) byggs upp i växthusjorden med störningar i växtens näringsupptag som följd. Svavelhaltiga medel som kiserit och i viss mån blodmjöl är ur detta perspektiv mindre lämpliga att använda för att sänka pH i odlingarna. Torv och ensilage passar bättre in i de förändringar av gödningstrategin som måste vidtas för att nå en bättre balans mellan näringsämnen i växten. Det återstår också att undersöka om effekten av tillförsel av blodmjöl och ensilage vars pH sänkande effekt bygger på ett överskott av kväve i förhållande till kol kvarstår när en växt som tar upp N allt eftersom det mineraliseras finns med i det studerade systemet.

Frigörelsen av näring var större från odling A än från odling C. Skillnaden kan bero på att odling A:s gödningstrategi ger ett större tillskott av kol än strategin för odling C. Kolen binds in i den pool av det organiska materialet som består av lättomsättbart material och som står för huvuddelen av näringsfrigörelsen under odlingssäsongen. På grund av den större näringsfrigörelsen blev effekten av tillförsel av citronsyra med bevattningsvattnet större i odling A än i odling C. Citronsyra ökar tillgängligheten av den frigjorda näringen då den kelaterar ämnen, t.ex. Ca och Fe, som utan tillskottet av citronsyra fastlägger P och gör näringsämnet oåtkomligt för växterna. Försöket genomfördes dock utan tillskottsgödning och det återstår att undersöka hur tillförsel av citronsyra i bevattningsvattnet i kombination med gödning påverkar upptaget av P.

Referenser

- 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.
- 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.
- Epstein, E. & Bloom, A.J. (2005). *Nutrition of plants: Principles and perspectives*, 2nd edition, Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- 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.
- 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.
- Hedley, M.J., Stewart, J.W.B & Chauhan, B.S. (1982). Changes in inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations. *Soil Science American Journal* 46, 970-976.
- Ljung, G. (1987). Mekanisk analys – Beskrivning av en rationell metod för jordartsbestämning. In *Avdelningen för Lantbrukets Hydroteknik, Avdelningsmeddelande* 87. SLU, Uppsala (InSwedish)

- 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.
- Naramabuye, F.X. & Haynes, 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.
- Ottabong, E. & Persson, J. (1994). Relative agronomic merit of fused calcium phosphate. III Forms of phosphorus in soils repeatedly cropped in pot experiments. *Acta Agriculture Scandinavica Sect. B, Soil and Plant Science* 44, 2-11.
- 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 växtnäringslära, SLU, Uppsala.
- Stevenson, F.J. (1986). *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients* John Wiley & Sons Inc, New York.
- 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.