

Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling



Foto: Margareta Magnusson

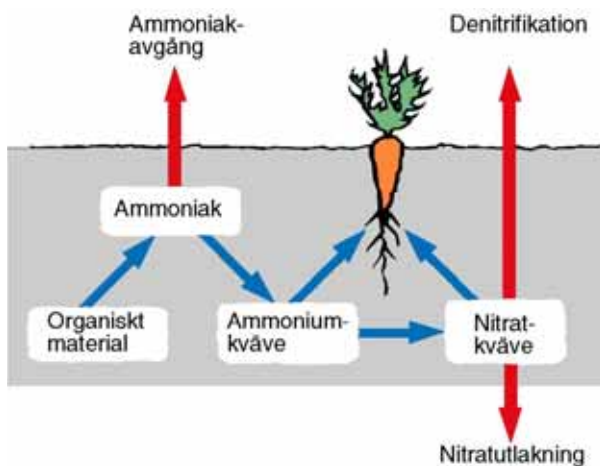
Makronäringsämnen

Text: Birgitta Båth, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala

Kväve (N)

Förekomst i jorden och upptag i växten

Beroende på jordart kan odlade jordar innehålla mellan 4 och 30 ton N/ha i plogdjupet. Kväve förekommer i olika former i marken (figur 1). Den övervägande delen av kvävet är organiskt bundet medan en mindre del, från ett fåtal kilo upp till ett par hundra kg/ha, återfinns i mineralform, huvudsakligen som ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-). Nitratkväve är relativt rörligt i marken medan ammoniumkväve binds till markens lermineral och till nedbrutet organiskt material. Oorganiskt kväve förekommer också i form av gaser band annat som ammoniak och lustgas, en av denitrifikationsgaserna.



Figur 1. Kväve förekommer i olika former i jorden. (Illustration Kim Gutekunst)

Det organiskt bundna kvävet utgör inte en enhetlig fraktion. Den aktiva poolen som utgör 10 % av jordens organiska substans men svarar för 30–40 % av kvävefrigörelsen, består av mikroorganismer samt lättomsättbara växt och djurrester. Resterande mängd organiskt kväve ingår i mer eller mindre lättillgängliga humussubstanser. De stabilaste fraktionerna utgör mellan 30 och 70 % av jordens förråd av organiskt kväve och har en omsättningstid på mellan 100 och 1000 år.

Det är framför allt i form av de oorganiska jonerna ammonium och nitrat som kväve tas upp i växtens rötter även om organiskt kväve också tas upp, speciellt under näringsfattiga förhållanden. Genom kvävefixering tillgodogör sig också vissa växter kväve från luften s.k. elementärt kväve (N_2). Medan nitrat kan transporteras och lagras i växten är ammonium och speciellt dess jämviktspartner ammoniak, giftigt för växten även i låga koncentra-

tioner. Ammonium binds därför in i organiska föreningar redan i rötterna och transporteras vidare i växten som aminosyror och amider.

Förekomst i växten och symptom vid obalanser

Kväve förekommer i växten i koncentrationer mellan 1 och 5 % av torrsubstanshalten. Som beståndsdel av proteiner, amino- och nukleinsyror samt i enzymer spelar kväve en viktig roll vid överföring av genetisk information och i växtens energiomsättning. Inget annat ämne kan ersätta kväve i någon av dess funktioner och kvävebrist visar sig därför snabbt i försämrad tillväxt. I grönsaker kan brist förväntas vid koncentrationer i bladen under 1,5 %. När kväve saknas avstannar syntesen av klorofyll och växten bleknar och gulnar så småningom. Då kväve är ett lätt rörligt ämne i växten uppstår symptomen först på äldre blad. Slutligen vissnar växten med början i bladspets och bladkanter. Beroende på det relativa överskottet av kolhydrater som uppstår vid kvävebrist kan plantans få rödaktiga missfärgningar. Rödfärgning förekommer också vid brist på t.ex. fosfor men kvävebrist ger dessutom alltid bleka plantor. Rötterna hos plantor med kvävebrist blir långa med få förgreningar.

Vid överskott av kväve antar växten en mörkgrön färg som stöter i blått. Växten blir lös vilket gör att växten lättare angrips av skadegörare. Vid överskott av kväve sker dessutom, speciellt vid ljusunderskott, en ansamling av nitrat och amider i växten vilket ger en smaklösare produkt. Höga nitrathalter gör också produkten mindre lämplig att äta, framför allt för små barn.

Fosfor (P)

Förekomst i jorden och upptag i växten

Mängden fosfor i odlade jordar uppgår till mellan 0,2 och 1,5 ton/ha. Liksom kväve kan fosfor förekomma både i oorganiska former och bundet i jordens organiska fraktioner. I odlade jordar dominerar de oorganiska fosforfraktionerna. Oorganiskt fosfor finns i mineral t.ex. apatit, som svårösliga järn-, kalcium- och aluminiumföreningar samt som joner adsorberat till lerpartiklar eller löst i markvätskan. De svårösliga föreningarna med aluminium och järn bildas vid låga pH, de med kalcium vid högt pH.

Både den organiska och oorganiska fosforpoolen i jorden kan delas upp i en del med utbytbar fosfor och i en del med svårösligt fosfor (över 90 %). Genom jämviktsreaktioner står de olika fosforfraktionerna i kontakt med varandra. En del av den utbytbara oorganiska fosforpoolen består av fosfor löst i markvätskan. Det är från denna fraktion som växterna hämtar fosfor, främst i form av divätefosfat (H_2PO_4^-). Då denna fraktion är liten, 0,4–0,8 kg/ha,

är tillgängligheten av fosfor starkt beroende på hastigheten i jämviktsreaktionerna. På våren när temperaturen är låg är också hastigheten låg vilket medför att det kan uppstå tidig fosforbrist även på jordar med normal fosforstatus. Detta gäller speciellt för växter med svaga rotsystem som lökväxter. För dessa växter har därför associationen med mykorrhizasvampen stor betydelse för fosforförsörjningen.

Förekomst i växten och symptom vid obalanser

Normalt är koncentrationen av fosfor 0,1–0,5 % av växtens torrsubstanshalt. I växten förekommer fosfor i olika cellmembran och som beståndsdel av nukleinsyror är fosfor en viktig bärare av genetisk information. Vissa fosforföreningar är också viktiga för transport och lagring av den energi som växten tillgodogör sig via fotosyntesen. I likhet med kväve kan fosfor inte bytas ut mot något annat element och koncentrationer under 0,2 % ger upphov till brist-symptom i grönsaksgrödor. Vid fosforbrist avtar tillväxten kraftigt (dvärgväxt), blomningen försenas och antalet blommor minskar liksom fröbildningen. Då växten har förmåga att recirkulera och återanvända det fosfor som används i energirika föreningar tar det emellertid långt tid innan tillväxten helt avstannar. I de tidiga stadierna av fosforbrist sker en koncentration av klorofyll vilket gör att växten blir blågrön. Vid allvarligare brist bleknar växten och symptom i form av rödaktiga missfärgningar kan också uppträda.

Överskott av fosfor ger sällan upphov till symptom då överskottet binds upp i jorden vilket i sin tur däremot kan ge upphov till brist på exempelvis järn.

Kalium (K)

Förekomst i jorden och upptag i växten

I mineraljordar är kalium ett av de vanligast förekommande makronäringsämnen. Beroende på jordart finns mellan 0,1 och 60 ton K/ha i plodjupet. I motsats till kväve och fosfor ingår kalium inte i några organiska föreningar. Kalium återfinns i mineral som fältspat och biotit. Genom vittring från mineralen tillförs kalium till jordens fraktioner av svårt- och så småningom lösligt kalium. Fixerat mellan skikten som bygger upp lermineral finns det svårösliga kaliumet (K-HCl) och associerat till ler och organiska föreningar samt löst i markvätskan finns lösligt kalium (K-AL). I markvätskan förekommer kalium som K^+ , den jon som växten tar upp. Andelen kalium löst i markvätskan är dock liten men denna fraktion står genom jämviktsreaktioner i direkt kontakt med övriga kaliumfraktioner i jorden. När växten tar upp kalium förskjuts jämviktsreaktionerna och mer kalium frigörs till markvätskan.

Då växten ofta behöver större mängd kalium än vad som finns tillgång till i markvätskan "lyxkonsumerar" vissa växter kalium, speciellt enhjärtbladiga växter som spannmål, vid god tillgång i markvätskan. Detta kan leda till brist på andra positiva joner

som t.ex. magnesium. Även om koncentrationen av magnesium i markvätskan är högre än kaliumkoncentrationen tas magnesium upp i mindre mängd än kalium. Bakgrunden till detta är inte helt utredd men en orsak kan vara att magnesium tas upp passivt och därmed konkurrerar med andra positiva joner, medan kaliumupptaget är en aktiv process. Ju rikligare tillgång på kalium desto bättre måste därför tillgången på magnesium vara för att växten inte ska lida brist på magnesium. Rekommenderad kvot mellan lösligt (AL) kalium och magnesium vid olika K-AL tal framgår av tabell 1. Gödslingsrekommendationerna för magnesium är dessutom beroende av lerhalten. Magnesiumtalet bör vara högre på en lerjord, >10 mg Mg/100 g jord, än på en lättjord där gränsvärdet är 4 mg Mg/100 g jord.

Tabell 1. Rekommenderad högsta kvot mellan kalium och magnesium vid olika K-AL klasser (K-AL anges i mg/100 g jord). När kvoten är lägre rekommenderas komplettering med magnesium. (Jordbruksverket, 2002)

	K-AL Klass		
	Klass I–II (<8)	Klass III (8–16)	Klass IV–V (>16)
K/Mg kvot	2,5	2	1,5

Förekomst i växten och symptom vid obalanser

Kaliumkoncentrationen i växten varierar mellan 1 och 6 % av torrsubstanshalten. Även värden därutöver kan förekomma vid "lyxkonsumtion". Då kalium inte ingår i några organiska föreningar är detta växtnäringsämne det mest lättörliga i växten och en viktig transportör av andra joner genom växtens olika membran. På grund av kaliums roll som transportör har kaliumbrist bland annat stor betydelse för näringssammansättningen i rotfrukter med stora upplagsorgan. Kalium reglerar också växtens pH, balansen mellan positivt och negativt laddade joner och saftspänningen som styrs av balansen mellan salter och vatten. Kaliums roll för regleringen av saftspänningen, vattentrycket, i växten gör att det första tecknet på kaliumbrist kan vara att växten lätt slokar varma sommardagar liksom att frosttoleransen försämras. Kalium är även viktigt för syntesen av proteiner och stärkelse. Vid brist på kalium sker en ackumulering av enkla kolhydrater och kväveföreningar vilket påverkar växtens motståndskraft mot svampangrepp. Vid kaliumbrist uppträder symptom först på äldre och halvgamla blad eftersom kalium vid brist transporteras till yngre blad med stor metabolisk aktivitet. Bladkanter och spetsar torkar in och därefter kan döda fläckar uppträda på bladskivan längs nerverna. Vid kaliumbrist är ofta bladfärgen mörkare än normalt och bladen något vågiga samt neråtböjda.

Symptom på kaliumöverskott är mycket sällsynt i fält.

Magnesium (Mg)

Förekomst i jorden och upptag i växten

Magnesium i jorden finns bundet i mineral som biotit och augit och genom vittring tillförs magnesium till de olika jämviktsfraktionerna i jorden. En mindre fraktion utgörs av magnesium associerat till organiskt material medan det lösliga magnesiumet är i storleksordningen 5 % av markens totala förråd. I markvätskan återfinns magnesium som den växttillgängliga jonen Mg^{2+} .

Förekomst i växten och symptom vid obalanser

Koncentrationen av magnesium i växten är 0,1–0,5 %. Koncentrationer under 0,2 % indikerar brist. Som centralatom i klorofyllmolekylen spelar magnesium en viktig roll vid fotosyntesen. Huvuddelen av magnesiumet finns dock löst i cellvätskan där det, liksom kalium, påverkar och deltar i enzymatiska reaktioner samt reglerar växtens vattenbudget och jonbalans. Då magnesium är viktigt för transport och överföring av energi i växten är magnesium indirekt nödvändigt för syntesen av de flesta av växtens byggstenar som t.ex. proteiner och kolhydrater. Magnesiumbrist kan därför liksom kaliumbrist leda till ansamling av enklare föreningar i bladen. I likhet med brist på andra ämnen som är lätttrögligt i växtens framträder magnesiumbrist först på äldre blad. Bladen gulnar mellan nerverna som förblir gröna vilket ger upphov till en typisk marmorering, ibland med röda inslag.

Svavel (S)

Förekomst i jorden och upptag i växten

Mängden svavel i matjordslagret uppgår till runt 1 ton/ha, huvuddelen bundet i organiska föreningar. Genom omsättning av det organiska materialet och genom vittring av svavelrika mineral (t.ex. Pyrit) frigörs svavel som sulfat (SO_4^{2-}). Sulfatjonen som är den dominerande oorganiska formen av svavel i jorden är den form av svavel som växterna lättast tar upp. Sulfat förekommer fritt i markvätskan samt i vissa jordar associerat till mineralpartiklar och i oxider av järn och aluminium. Växter kan också ta upp svavel som svaveldioxid genom bladen där det omvandlas till sulfat.

Förekomst i växten och symptom vid obalanser

I växten är koncentrationen av svavel 0,1–1,5 %. Koncentrationer under 0,5 % kan ge upphov till brist i grödor med stort svavelbehov. Det svavel som växten inte har nytta av direkt, lagras i växten som sulfat. Lagret av sulfat kan utgöra upp till 60 % av svavel i växten. Det omsatta sulfatet återfinns som en viktig beståndsdel i proteiner. Omkring 90 % av det omsatta sulfatet finns bundet i aminosyror samt i vitaminer, hormoner och enzymer. I kålväxterna är

svavel dessutom en viktig beståndsdel i sekundära föreningar som glukosinolater. Kål har därför ett större behov av svavel än andra växtgrupper.

På grund av minskat nedfall av svavel med ”surt” regn har brist på svavel börjat uppträda under senare år. Brist på svavel ger tillväxthämning. Då en stor del av bladproteinerna ingår i kloroplasterna gulnar bladen mellan nerverna med början hos de yngre bladen. Bladen kan bli mer upprättstående än vanligt och buckliga. Hos kålväxter förekommer även röda missfärgningar på blad och stammar. Då svavel förekommer i enzym som styr omvandlingen av nitrat, kan svavelbrist hämma proteinsyntesen och medföra en ansamling av nitrat i växten. Svavelbrist förväxlas på grund av hämningen av proteinsyntesen ofta med kvävebrist men i motsats till svavelbrist uppträder kvävebrist först på äldre blad.

Kalcium (Ca)

Förekomst i jorden och upptag i växten

I jorden finns kalcium främst bundet i mineral. Detta förråd av kalcium är större än förrådet av kalium, i synnerhet på kalkrika jordar. Kalcium finns också i stor mängd associerat till lerpartiklarna i jorden och löst i markvätskan. Kalcium tas upp som Ca^{2+} och transporteras med transpirationsströmmen upp i växten. Upptaget av kalcium påverkas, förutom av tillgången på kalcium, av pH och förekomsten av andra positiva joner i jorden som kalium och magnesium.

Förekomst i växten och symptom vid obalanser

Koncentrationen av kalcium i växten varierar mellan 0,1 och 5,0 %. Kalciumkoncentrationer under 0,8 % i bladen utgör en kritisk gräns för brist i grönsaker. Kalcium är viktigt för växtens strukturella och fysiska stabilitet och en hög andel av kalciumet är bundet i cellväggarna. Brist på kalcium medför därför ofta i kollaps av cellerna vilket yttrar sig som döda fläckar eller mjuka, blöta partier. Kalcium är också viktigt för transportprocesser genom vävnader och i celler.

Det är sällan brist på kalcium i jorden som utlöser kalciumbrist. Ofta är det istället obalanser mellan olika näringsämnen i jord eller växt som ligger bakom bristsymptomen. Bland annat orsakas ”Cavity spot” i morot och palsternacka av obalans mellan kalcium och andra positiva joner i jorden. Kalciums bindning till fasta strukturer i växten och det faktum att kalcium transporteras nästan uteslutande med transpirationsströmmen innebär att detta ämne är svårtrögligt i växten. Därmed hålls kalcium på en låg nivå i yngre blad, i frukter och upplagsorgan. Den låga kalciumnivån är en förutsättning för att kunna upprätthålla en hög celldelning och därmed tillväxt i dessa organ men innebär samtidigt att det lätt uppstår brist i dessa delar av växten. Bladkantbränna i sallat är ett exempel på detta.

Kalciumtransportens beroende av transpirationsströmmar innebär också att kalciumbrist kan uppstå om transpirationsströmmarna i växten begränsas på grund av låg eller ojämn vattentillgång, låg ljusintensitet eller på grund av hög luftfuktighet. Inre hjärtröta (tip-burn) hos grönsaker med stark huvudbildning som huvudkål och isbergssallat beror ofta på kalciumbrist då den höga luftfuktigheten inne i huvudet minskar drivkraften för transpirationen.

Vid syrebrist orsakad av t.ex. jordpackning eller nedbrukning av stora mängder färskt organiskt

material minskar rötternas aktiva upptagningsyta vilket kan vara ytterligare en orsak till kalciumbrist. Då kalcium är ett svårörligt näringsämne i växten uppstår bristsymptom först på yngre blad. Tillväxten avtar och växten får ett buskigt utseende. Bladen blir mindre, bladkanterna böjs uppåt och bladnerverna blir bruna. Ljusa och med tiden döda fläckar uppstår längs bladnerverna, speciellt i området kring bladspetsen. Om kalciumbrist uppstår på grund av minskad transpiration kan plantan böjas kring mjuka, vattniga partier på stammen.

Litteratur

- Bergmann, W. (1992). Nutritional disorders of plants - development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Brady, N. C. (1974). The nature and properties of soils. Macmillan Publishing CO., Inc., New York.
- Jerkebring, K. et al. (2001). Anpassad kvävegödsling i ekologisk odling av frilandsgroönsaker, Jordbruksinformation 6–2001, Jordbruksverket.
- Jordbruksverket. (2002). Riktlinjer för gödsling och kalkning 2003. Rapport 2002:11, Jordbruksverket.
- Magnusson, M. (2000). Soil pH and nutrient uptake in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) in northern Sweden. Multielement studies by means of plant and soil analyses. Agraria 220, SLU, Umeå. 564 s.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Cambridge.
- Stevenson, F.J. (1986). Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. John Wiley & Sons Inc, New York.
- Tisdale, S.L. et al. (1999). Soil fertility and fertilizers – an introduction to nutrient management. Prentice Hall, New Jersey.
- Hammar, O. (redaktör) (1990). Växtodling 1, Marken. LTs förlag, Stockholm.

Mikronäringsämnen och pH

Text: Margareta Magnusson, Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Umeå

När mineralgödselmedel infördes i början av 1900-talet överdrevs riskerna med lågt pH-värde i odlingsjordarna. Man rekommenderade generellt att kalka jorden till ett pH nära 7. Dessa rekommendationer är seglivade och upprepas fortfarande slentrianmässigt inom trädgårdsodlingen trots att det mesta idag talar för att de är felaktiga. När man odlar med organiska gödselmedel, exempelvis grüngödsel eller stallgödsel finns det sällan skäl att eftersträva pH värden över ca 5,5. Vid högre pH ökar riskerna för brist på de flesta kända mikronäringsämnen.

I dag är det bevisat att växterna behöver järn, mangan, bor, zink, koppar, molybden, klor, kobolt och nickel för att utvecklas normalt. De här grundämnena kallas mikronäringsämnen eftersom de tas upp i mycket små mängder av växterna. Analyserar man en växt noggrant hittar man betydligt flera ämnen än de som räknas som nödvändiga växt-näringsämnen idag. Några av dessa t.ex. natrium och kisel anses nödvändiga för vissa växter. Många är nödvändiga för djur och människor och därför har växternas innehåll betydelse för deras kvalitet som foder och livsmedel. Dit hör jod, arsenik, krom, selen, vanadin, litium och fluor. För ett antal andra ämnen finns vissa indikationer på att de kan vara nödvändiga för djur och/eller människor, men ännu anses bevisen vara mycket svaga. Ämnen som nämns i sådana sammanhang är: aluminium, bly, brom, germanium, kadmium, rubidium och tenn. Troligen kommer flera grundämnena att räknas som nödvändiga även för växter vartefter som forskningen framskrider.

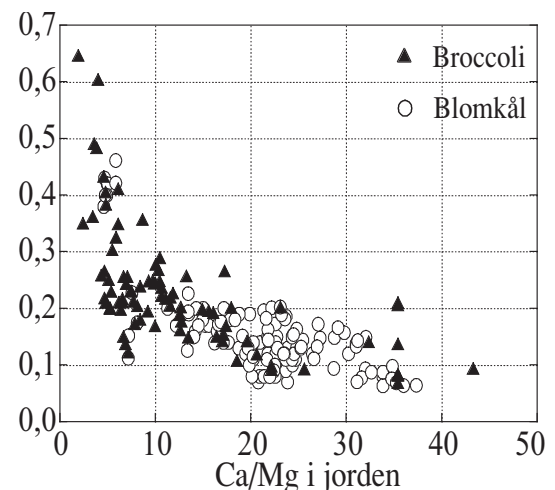
Nackdelar med högt pH

Risken för brist på järn, mangan, bor, zink, koppar, kobolt och nickel ökar vid kalkning och med stigande pH-värde. Generellt är risken för brister större på jordar som kalkats kraftigt än på jordar med ett naturligt högt pH. Särskilt stor risk för att kalkning orsakar brist är det på lätta sand- och mojordar och på organiska jordar. Även många makronäringsämnen påverkas negativt av kalkning och högt pH. Kalkning och höga kalciumhalter i jorden ökar risken för magnesiumbrist (figur 1) och i internationell litteratur har en kvot Ca/Mg i jorden kring 5 rapporterats vara optimal. Risken för kaliumfixering i jorden ökar vid kalkning och högt pH och det krävs kraftigare kaliumgödsling än på jordar med lågt pH. Risken för kväveförluster genom utlakning, denitrifikation och ammoniakavgång ökar med stigande pH. Det är också dokumenterat att kalkning och pH över 6,0 ökar utlakningen av svavel, och alltså medför större behov av svavelgödsling. Fosfor blir

snabbt mindre tillgängligt för växterna när pH-värdet överstiger 6,0. Det beror på att den form av fosfor som främst tas upp av växterna, $H_2PO_4^-$, då snabbt övergår till HPO_4^{2-} som är mycket svårare för växterna att ta upp. Dessutom binds fosfor i svårslösliga föreningar med kalcium vid högt pH. Den fastläggning av fosfor vid lågt pH som ofta omtalas gäller främst löslig oorganisk fosfor tillförd med handelsgödsel medan det har visats i många studier att fosfor som tillförs i organiska gödselmedel förblir tillgängligt vid låga pH-värden. Frigörandet av den fosfor som finns bunden i marken sker dessutom effektivare vid lågt pH och hämmas av kalk.

Att höja pH värdet är lätt, att sänka är betydligt svårare. Högt pH och höga kalciumhalter i kombination med låga halter av mangan visar att jorden skulle må bra av surgörande gödselmedel. Några kraftigt pH-sänkande organiska gödselmedel finns inte. Blodmjöl har en viss pH-sänkande effekt. Rent svavel (svavelblomma) sänker pH-värdet samtidigt som det tillför svavel. Baljväxter sänker pH-värdet närmast rötterna och kan på så sätt öka tillgängligheten för fosfor och mikronäringsämnen på jordar

Mg i bladen, % av t.s.



Figur 1. Relationen mellan kvoten kalcium/magnesium i jorden (Spurwayanalys) och magnesium i bladen på 209 prover av blomkål och broccoli tagna i norra Sverige 1989–1996. Optimala halter av magnesium i bladen är 0,25–0,50 % av torrsubstansen. (Magnusson, 2000c)

med för högt pH.

Risker med lågt pH

Vid låga pH-värden (oftast under 5), kan halterna av mangan och aluminium i markvätskan bli så höga att de skadar växterna. Risken för sådana skador är mycket större vid gödsling med handelsgödsel än

med organiska gödselmedel. Aluminium kan ge akut förgiftning och skadar främst rötterna, och därmed näringsupptagningen. Några stora mängder tas sällan upp i skotten. Mangan tas däremot upp i stora mängder och ackumuleras i både rot och skott. Förgiftning uppträder först när halterna i skottet är höga. Risken för skador av aluminium och mangan är störst på lerjordar medan mulljordar ofta kan ha pH-värden nedåt 4,0–4,5 utan att några skador uppstår. Molybden blir mindre tillgängligt för växterna vid lågt pH, och en del av de positiva effekterna av kalkning har visat sig bero på att det gör molybden mera tillgängligt för växterna. Stallgödsel och andra organiska gödselmedel håller molybden i en form som är tillgänglig för växterna även vid låga pH-värden. Förutom rena mulljordar är det få odlade jordar i Sverige som har pH värden under 5,0 om de inte gödslats intensivt med försurande gödselmedel.

Farhågor finns för att lågt pH ökar risken för att grödorna ska ta upp stora mängder av tungmetaller som t.ex. kadmium. Här finns få entydiga forskningsresultat. Både svenska och internationella undersökningar har visat att upptaget av t.ex. kadmium i fält kan både öka och minska efter kalkning. En förklaring till ökad upptagning anses vara att kalcium konkurrerar ut kadmium från markpartiklarna så att mera kadmium kommer ut i markvätskan efter kalkning. Man har också visat att zink kan konkurrera med kadmium vid upptagningen och att kalkning minskar tillgängligheten för zink mera än tillgängligheten för kadmium, vilket ger kadmium en fördel i konkurrensen. Studier i norra Sverige har visat att höga halter växttillgängligt mangan i markvätskan tycks hämma upptaget av kadmium i plantorna (figur 2). Många studier har visat att mineralgödsel ökar skadorna av aluminium och ökar upptaget av kadmium i grödan. Det anses bero bl.a. på att lättlöslig mineralgödsel höjer saltkoncentrationen i

markvätskan vilket ökar lösligheten för aluminium och kadmium. Effekten ökar med stigande gödslingsgivor. Organiskt material däremot, minskar ofta upptaget av kadmium och skyddar mot t.ex. skador av de höga aluminiumhalter som kan förekomma i markvätskan vid låga pH värden. Mekanismerna bakom det här anses vara att organiska syror komplexbinder metallerna i en form som är ofarlig för växterna. Möjligheten för växterna att samarbeta med svampar i marken (mykorrhiza) ökar också om inga stora mängder lättlöslig näring tillförs. Mykorrhiza kan skydda mot t.ex. höga halter aluminium i markvätskan.

Höga halter av aluminium och mangan i kombination med lågt pH (under ca 5,0–5,5) tyder på att kalkning kan göra nytta. Om jorden dessutom har lågt innehåll av magnesium är tillförsel av dolomit (en magnesiumrik kalksten) ett billigt och effektivt sätt att förbättra tillgången till magnesium för grödorna.

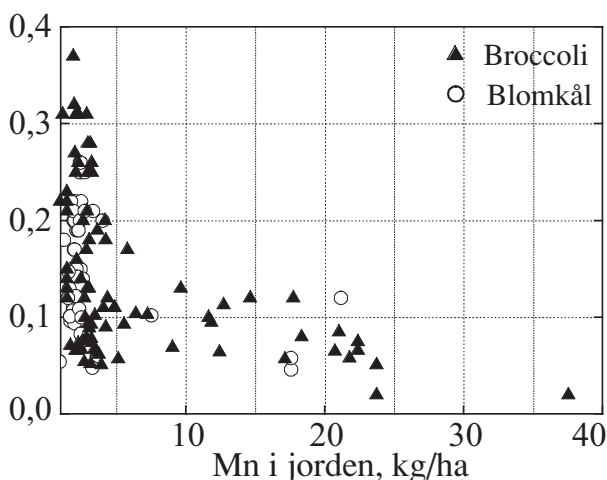
Totala innehållet i jorden

För de flesta mikronäringsämnen gäller att det viktiga inte är den totala mängden i jorden utan tillgängligheten för växterna. Den styrs av jordens egenskaper och påverkas av odlingsåtgärder. Innehållet av järn och mangan är mycket stort i mineraljordar medan mulljordar ofta har lågt totalt innehåll av alla mikronäringsämnen. Innehållet av zink, koppar, molybden, kobolt och nickel är oftast tillräckligt i mineraljordar, men kan variera kraftigt. Innehållet av bor är lågt i många jordar i Sverige och av mikronäringsämnena är det främst bor som man kan behöva tänka på att tillföra. För alla övriga gäller i princip att de räcker till för växterna om man tillför organiskt material och om förhållandena i jorden är gynnsamma.

Organiska gödselmedel

Organiska gödselmedel innehåller oftast alla mikronäringsämnen, både kända och okända. Vid gödsling med organiskt material hålls oftast mikronäringsämnena i en form som växterna kan ta upp. Organiska gödselmedel kan också förbättra tillgängligheten för många ämnen som redan finns i jorden, bland annat med hjälp av organiska syror. Redan i början av 1900-talet fann man att organiska gödselmedel ofta fungerade utmärkt vid låga pH-värden där mineralgödsel orsakade missväxt. Å andra sidan är det mycket som tyder på att organiska gödselmedel ofta fungerar sämre vid högt pH och det finns rapporter om att de då till och med kan öka risken för brist på bor, järn och mangan. Växternas egen metod att öka tillgängligheten för många ämnen är att surgöra miljön närmast rötterna. Vid högt pH motverkas det här genom jordens buffrande förmåga. Den effekten kan förstärkas av koldioxidproduktionen från nedbrytningen av organiskt material.

Cd i huvudet, mg/kg t.s.



Figur 2. Relationen mellan lättillgängligt mangan i jorden (Spurwayanalys) och kadmium i huvudet på 143 prover av blomkål och broccoli tagna i norra Sverige 1992–1996. (Magnusson, 2000c)



Figur 3. Purjolök 6 veckor efter plantering. I de två raderna till vänster växte purjolök året innan, i raderna till höger växte broccoli. Ingen jordbearbetning gjordes mellan åren. Båda åren gödslades med grönmassa som marktäckning. Förklaringen till skillnaderna kan vara purjolöken förmåga att samarbeta med svampar i jorden (mykorrhiza). (Foto Margareta Magnusson)

Marktäckning med organiskt material

Förutom de fördelar som gäller allmänt för organiska gödselmedel har just marktäckning flera andra positiva effekter. Marktäckning skyddar mot uttorkning vid soligt väder och mot igenslamning av markytan vid kraftiga regn. I gränsskiktet mellan jord och marktäckning skapas en miljö som är mycket gynnsam för många nyttiga markorganismer. Till exempel främjas samarbetet mellan växten och svampar i marken (mykorrhiza). Det kan förbättra tillväxten och upptagningen av många mikronäringsämnen (figur 3 och 4). Samarbetet kan också skydda växterna mot höga halter av skadliga ämnen i jorden, och öka motståndskraften mot sjukdomar.

Baljväxter och gröngödsling

Baljväxternas rotextudat (ämnen som utsöndras från rötterna) kan sänka pH kraftigt närmast rötterna och på så sätt öka tillgängligheten för många mikronäringsämnen men effekten minskar med stigande pH beroende på jordens buffrande förmåga. Det kan förbättra upptaget av många ämnen för efterföljande gröda. Dels genom förändringen i jorden, dels genom att grönmassan innehåller höga halter av mikronäringsämnen i en form som efterföljande växter lätt kan ta upp.

Ända sedan början av 1900-talet har ett neutralt pH betraktats som idealiskt även för de flesta baljväxter. Det beror bland annat på att många baljväxter var mycket känsliga för den artificiella pH-sänkning som skapades av t.ex. ammoniumsulfat.

Det har också visat sig att höga svavelhalter i marklösningen hämmar upptaget av molybden, ett ämne som är nödvändigt vid kvävefixeringen. De undersökningsmetoder man tidigare tillämpade i laboratoriestudier med baljväxtbakterier gjorde att man



Figur 4. De här purjolöksplantorna har växt i raderna intill varandra och gödslats med grönmassa som marktäckning. Raden där plantorna till höger växte fick grönmassa som marktäckning även året innan. (Foto Margareta Magnusson)



Figur 5a. En broccoliplanta (sort Shogun) som lider av en kombination av brist på mangan, zink och magnesium, vilket orsakats av högt pH och höga kalciumhalter i jorden. Jorden hade pH 6,6. (Foto Margareta Magnusson)

främst hittade arter och stammar som trivdes vid neutralt pH. Man använde nämligen rutinmässigt odlingsmedium som höll pH 6,8–7,0 när organismer skulle odlas fram. På senare år har man upptäckt många naturligt förekommande kvävefixerande bakterier som är anpassade till låga pH värden. Allt flera forskare ifrågasätter nu relevansen av laboratoriestudier när det gäller att testa organismers anpassning till olika naturliga miljöer. Man måste alltid titta på hur en undersökning är gjord för att kunna bedöma hur relevant den är för ekologisk odling idag. När det gäller andra nyttiga markorganismer som t.ex. dagmaskar visar nyare studier att tillgången till färskt organiskt material är mycket viktigare än pH-värdet inom ganska vida gränser.

Bristssymptom

För alla mikronäringsämnen gäller att tillväxt och skörd kan försämrans vid brist utan att några andra tydliga symptom uppträder. När specifika symptom uppstår har plantorna lidit brist länge och det är oftast för sent att påverka skörden det året, utan man får inrikta sig på att förbättra situationen till nästa sommar. Ofta följs flera mikroämnesbrister åt, t.ex. järn, mangan och zink, därför att de påverkas likartat av förhållandena i jorden (figur 5a och 5b). Eftersom mikronäringsämnena har nyckelfunktioner i bl.a. växtens näringsomsättning utnyttjas annan näring, t.ex. kväve, effektivare om plantan har

god tillgång till mikronäringsämnen.

Mangan

Mangan är nödvändigt i fotosyntesen och ingår i enzym som spelar en viktig roll för att skydda vävnader mot skadliga effekter av fria radikaler. Vidare ingår mangan i ett enzym som katalyserar kväveomsättningen i baljväxter. Mangan behövs för syntesen av lignin och vid brist minskar rötternas motståndskraft mot patogener (sjukdomsalstrare). Mangan anses vara ett av de viktigaste mikronäringsämnena för växternas förmåga att utveckla motståndskraft mot svampsjukdomar både i rötter och skott. Mangan hämmar t.ex. tillväxten för vanlig skorv (*Streptomyces scabies*) i potatis.

Manganhalter på 30–300 mg/kg torrs substans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter. Vid lägre halter finns risk att tillväxt och skörd försämrans, medan högre halter kan vara skadliga. Tydliga bristsymptom uppträder ofta inte förrän halterna är så låga som 10 ppm. Brist på mangan ger nedsatt tillväxt, minskad skörd, minskad motståndskraft mot sjukdomar och ökad frostkänslighet. Symptom på brist är kloros (bleka fläckar) mellan bladnerverna på unga blad. En planta som har god tillgång på mangan får högre halter i de äldre delarna av skottet än i de yngre, och skörde resten har högre manganhalt än den del som skördas. Vid plantanalyser är det lättare att identifiera brist i skörde resten eftersom variationen är mycket större där. I en gröda som morot är behovet också



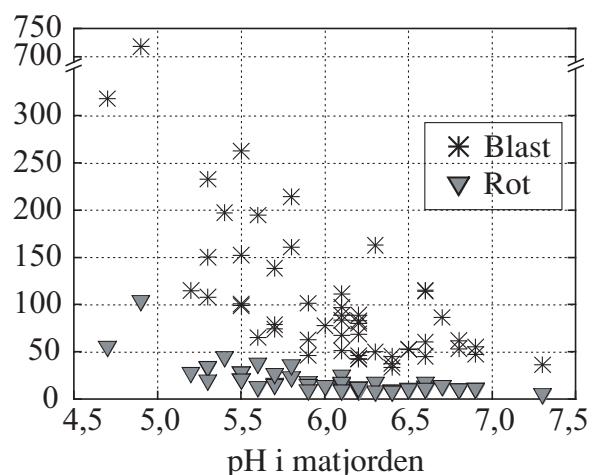
Figur 5b. Närbild på blad av samma planta. (Foto Margareta Magnusson)

större i blasten där fotosyntesen sker (figur 6). Mineraljordar innehåller mycket mangan och där beror det aldrig på det totala innehållet om plantorna lider brist. I organiska jordar är innehållet av mangan lågt och risken för brist större. Mangan är tillgängligt för växterna i den reducerade formen, Mn^{2+} som också kan ingå i organiska och oorganiska komplex i markvätskan. Reducering av mangan främjas av ett samtidigt överskott av protoner och elektroner, dvs. lågt pH och god tillgång till organiskt material. Oxidation av mangan främjas av stigande pH och god tillgång till syre. Risken för manganbrist ökar snabbt med stigande pH och vid kalkning. Höga halter av kalcium i jorden hämmar upptaget av mangan och transporten inuti plantan. Höga magnesiumhalter i jorden kan också orsaka manganbrist. Risken för brist på mangan är i stort sett obefintlig vid pH kring 5,5 och därunder. Manganbrist kallas ibland "dåligt väder-sjuka", dvs. risken ökar vid kallt, blött och solfattigt väder. Om jorden har för högt pH är det ineffektivt att gödsla jorden med mangan eftersom det snabbt fastläggs. Då är man hänvisad till bladgödslning. Eftersom mangan inte transporteras vidare från bladen till växande delar behöver bladgödslningen upprepas vartefter som nya blad växer fram. Med tanke på att mangan är minst lika viktigt för rötterna som för skottet är bladgödslning att betrakta som en nödlösning.

Kraftig gödslning med stallgödsel eller färskt

organiskt material kan öka tillgängligheten för mangan, genom att skapa reducerande förhållanden i jorden. För att det ska fungera får inte pH-värdet vara för högt, då kan man istället få försämrade tillgänglighet för mangan genom att de oxiderande bakterierna gynnas av organiskt material. Vissa balj-

Mangan mg/kg t.s.



Figur 6. Förhållandet mellan jordens pH (0–30 cm) och manganhalten i morötterna och blasten vid skörd. 52 provtagna i odlingar i norra Sverige 1994–1999 (Magnusson, 2002).



Figur 7. Vit lupin tar upp betydligt mera mangan än de flesta andra växter. (Foto Margareta Magnusson)

växter som t.ex. vit lupin tar upp mycket mera mangan än de flesta andra växter vid samma pH värde, och kan förbättra mangan-tillgången för efterföljande gröda (figur 7 och 8).

Om höga koncentrationer av mangan finns tillgängligt i markvätskan kommer också rötterna att ta upp mycket mangan och transportera vidare upp till skottet där skadligt höga halter av mangan byggs upp successivt. Ett vanligt symptom på manganförgiftning i äldre vävnader är nekrotiska fläckar, omgivna av en klorotisk zon. Det anses att skördenedsättningar i fält beroende på manganförgiftning sällan är lika allvarliga som de som beror på manganbrist. De få fall av manganförgiftning jag sett i norra Sverige har varit på jordar med pH under 5 som gödslats med handelsgödsel och haft dålig struktur och/eller dränering.

Järn

Järn är nödvändigt i fotosyntesen och medverkar vid kväveomsättningen i växten. Järnbrist ger nedsatt skörd även innan några bristsymptom uppträder. Symptom på järnbrist är kloros mellan bladnerverna på unga blad (liknar manganbrist). Järnhalter på 70–200 mg/kg torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Mineraljordar innehåller stora mängder järn och där beror det aldrig på det totala innehållet om plantorna lider brist. I organiska jordar är innehållet av järn lågt och risken för brist större. Risken för järnbrist ökar med stigande pH och vid kalkning. Markpackning och syrebrist ökar också risken för järnbrist, liksom kraftig fosforgödsling och naken jord. Järnbrist kallas liksom manganbrist ibland för ”dåligt väder-sjuka”. Det betyder att risken för brist ökar vid kallt, blött och solfattigt väder. Risken för brist minskar vid lågt pH och bra markstruktur. Organiska gödselmedel, marktäckning, baljväxter i växtföljden och mykorrhiza kan också förbättra tillgången till järn för växterna.

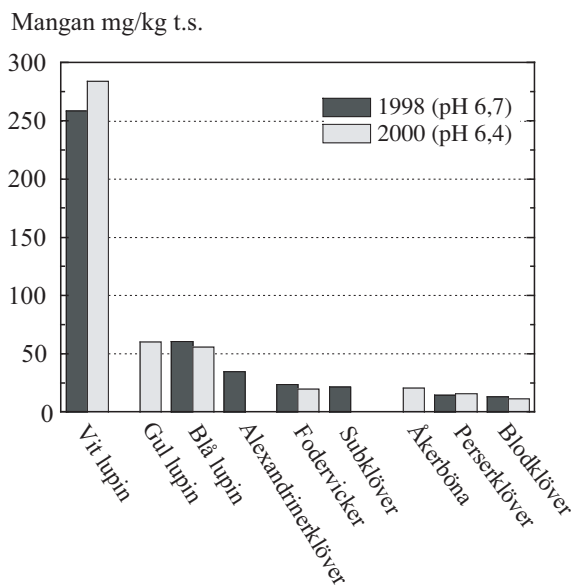
Zink

Zink är nödvändigt i fotosyntesen, medverkar vid bildandet av protein i växten, och påverkar balansen av tillväxthormoner. Zinkbrist orsakar försämrade fruktsättning och ökad frostkänslighet. Symptom på zinkbrist är hämmad växt, korta plantor och små blad. Järnbristliknande kloros mellan bladnerverna på unga blad kan uppträda. Zinkhalter på 30–200 mg/kg torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

De flesta mineraljordar innehåller relativt mycket zink, men innehållet är lågt i organiska jordar. Faktorer som ökar risken för brist är högt pH, kalkning, naken jord, kraftig fosforgödsling och ”dåligt väder” (kallt, blött, solfattigt). Faktorer som minskar risken för brist är lågt pH, organiska gödselmedel, marktäckning, mykorrhiza och baljväxter i växtföljden.

Bor

Bor är nödvändigt för stabiliseringen av cellväg-



Figur 8. Manganhalter i gröngödslingsgrödor vid avslagning på senhösten. (Magnusson 2002)



Figur 9. Borbrist ger ofta inre rötter, här i stjälken av broccoli. (Foto Margareta Magnusson)

garna. Borbrist ger försämrad rottillväxt och nedsatt tillväxt för skottet, sköra vävnader och inre rötter (figur 9). Borbrist ger också försämrad blomning och fruktsättning. Vid allvarlig borbrist dör tillväxtpunkterna. Borhalter på 30–100 mg/kg torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Totala innehållet av bor är ofta lågt både i mineraljordar och organiska jordar och brist är vanligt i Sverige. Risken för borbrist ökar vid kalkning, högt pH, utlakning och kraftig kvävegödsling. Borbrist uppträder oftast vid ”fint väder” dvs. varmt, soligt och torrt. Risken för brist minskar vid lågt pH och med baljväxter i växtföljden om inte jorden har för lågt totalt innehåll av bor. Om jorden är för borfattig krävs tillförsel av bor med speciella gödselmedel, t.ex. borax, som löses upp i vatten och sprutas ut på jorden. Ca ett kilo rent bor per ha är lämplig mängd som kan behöva tillföras regelbundet i växtföljden.

Koppar

Koppar är nödvändigt i fotosyntesen, och medverkar vid förvedningen av olika organ i växten. Kopparbrist yttrar sig i försämrad tillväxt och lägre skörd, försämrad fruktsättning och ökad frostkänslighet. I kålväxter kan bladen bli små och blågröna, i stråsäd kan bladen bli bleka i spetsen (gulspets-sjuka). Kopparhalter på 5–15 mg/kg torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de

flesta växter.

Det totala innehållet av koppar är oftast relativt stort i mineraljordar och lågt i organiska jordar, men kan variera mycket. Risken för brist på koppar ökar vid högt pH, kalkning och naken jord. Kraftig gödsling med kväve och/eller fosfor kan också orsaka kopparbrist. Lågt pH, organiska gödselmedel, marktäckning, mykorrhiza och baljväxter i växtföljden minskar risken för kopparbrist.

Molybden

Molybden är nödvändigt för baljväxter vid kvävefixeringen, och medverkar vid kväveomsättningen i alla växter. Molybdenbrist yttrar sig i kvävebrist (de äldre bladen blir bleka) i baljväxter, och outvecklade bladskivor (”pisksnärtsvans”) i kålväxter. Bladkanterna dör. Molybdenhalter på 0,5–15 mg/kg torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Det totala innehållet av molybden är ganska måttligt i både mineraljordar och organiska jordar, men kan variera mycket. Risken för brist på molybden ökar vid lågt pH, utlakning och kraftig gödsling med svavel. Risken för brist minskar med stigande pH och kalkning, om inte totala innehållet av molybden är för lågt. Organiska gödselmedel kan hålla molybden i en form som är tillgänglig för växterna även vid lågt pH.

Nickel

Nickel är nödvändigt för kväveomsättningen i växten. Vid nickelbrist försämras grobarheten för frön. Symptom på nickelbrist är kloroser liknande brist på järn, mangan och zink, och bladkanterna dör. Nickelhalter på 0,5–10 mg/kg torrs substans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Det totala innehållet av nickel i jorden är ganska måttligt i både mineraljordar och organiska jordar, men kan variera kraftigt. Risken för brist ökar vid högt pH och kalkning. Risken för brist på nickel minskar vid lågt pH. Baljväxter kan öka tillgängligheten av nickel för andra växter och mykorrhiza kan öka upptaget av nickel.

Kobolt

Kobolt är nödvändigt för baljväxter vid kvävefixeringen. Koboltbrist yttrar sig som kvävebrist (de äldre bladen blir bleka) i baljväxter. Kobolthalter på 0,05–0,5 mg/kg torrs substans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Totalt innehåll av kobolt i jorden är ganska måttligt i både mineraljordar och organiska jordar, men kan variera kraftigt. Risken för koboltbrist ökar med stigande pH, vid kalkning och utlakning. Faktorer som minskar risken för brist är lågt pH, organiska gödselmedel och baljväxter i växtföljden.

Klor

Klor i små mängder är nödvändigt i fotosyntesen. Klor brukar räknas till mikronäringsämnen trots att många växter kan ta upp stora mängder klor om det finns tillgängligt. I höga halter medverkar klor i regleringen av vattenbalansen i växten. Vid klorbrist slokar plantan. Klorhalter på 0,5–1,5 % av torrs substansen i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Det totala innehållet av klor är relativt lågt i både mineraljordar och organiska jordar. Klor kan tillföras jorden med havsvindar och nederbörd i närheten av havet. Klor lakas lätt ur jorden och vid stort avstånd till havet ökar risken för brist på klor. Organiska gödselmedel innehåller oftast en hel del klor.

Ökat intresse

Intresset för mikronäringsämnen har ökat inom både växtnäringsforskningen och humanmedicinen de senaste decennierna. Mycket tyder på att livsmedel som odlats på jordar med otillräcklig tillgång till mikronäringsämnen kan innehålla för människor otillräckliga halter av vissa ämnen, även om grödan inte visar några tecken på brist.

Litteratur

- Barnet, Y.M. (1991). Ecology of legume root-nodule bacteria. In *Biology and biochemistry of nitrogen fixation*, ed. Dilworth M.J & Glenn A.R, pp. 199-228. Amsterdam: Elsevier.
- Bergmann, W. (1992). *Nutritional Disorders of Plants – Development, Visual and Analytical Diagnosis*. Fischer Verlag, Jena. 741 s.
- Burgess, P.S. (1922). The reaction of soils in the field as influenced by the long continued use of fertilizer chemicals. *R. I. Agr. Exp. Sta. Bul.* 189, 1–35.
- Cooke, G.E. (1972). *Fertilizing for maximum yield*. London: Crosby Lockwood and Son Ltd.
- Dell, B., Brown, P.H. & Bell, R.W. (ed.) *Boron in soils and plants: Reviews*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Graham, R.D., Hannam, R. J. & Uren, N. C. (ed.) (1988). *Manganese in soils and plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 344 s.
- Klimis-Tavantzis D. (ed.) (1994). *Manganese in health and disease*. Boca Raton, FL: CRC Press. 212 s.
- Lavelle, P. Chauvel, A. & Fragoso, C. (1995). Faunal activity in acid soils. In *Plant-soil interactions at low pH: Principles and management*, eds. Date, R.A. m.fl. pp. 201–211. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Loneragan, J. F., Robson, A.D. & Graham, R.D. (ed.) *Copper in soils and plants*. Sydney: Academic Press.
- McLaughlin, M.J. & Singh, B. R. Ed. *Cadmium in soils and plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Magnusson, M. (1998). Växtnäring. Fakta Trädgård-Fritid 33. Uppsala: SLU/Info.
- Magnusson, M. & Pettersson, M-L. (1998). pH och kalkning. Fakta Trädgård-Fritid 67. Uppsala: SLU/Info.
- Magnusson, M. (1999). Mikronäringsämnen. Fakta Trädgård-Fritid 74. SLU, Uppsala.
- Magnusson, M. (2000a). Myten om ett idealiskt pH. 10:e Regionala Lantbrukskonferensen för norra Sverige den 14–15 mars 2000 Umeå. Röbbäcksdalen meddelar 2000:1, s 11–14.
- Magnusson, M. (2000b). Odling med organiska gödselmedel: kalkning ofta onödig. Fakta Trädgård 6. SLU, Uppsala.
- Magnusson, M. (2000c). Soil pH and nutrient uptake in cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italica) in northern Sweden. Multielement studies by means of plant and soil analyses. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 220, Umeå. 564 s.
- Magnusson, M. (2002). Manganbrist smyger sig på. Fakta Trädgård 3. SLU, Uppsala.
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*, 2nd ed. Academic Press, San Diego CA, 889 s.
- Mattson, S. (1946). Effects of excessive liming on leached, acid soils. *Roy Agr Coll Sweden* 13, 196–222.
- Mills, H.A. & Jones, J.B. (1996). *Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing Inc., Athens, 422 s.
- Morvedt J.J, Cox F.R, Shuman L.M & Welch R.M, (ed.) (1991). *Micronutrients in agriculture*. 2nd ed. Madison: SSSA Book Series No.4. 760 s.
- Robson, A.D. (ed.) *Zinc in soils and plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Soon, Y.K. (1995). Forms of extractable aluminium in Canadian acid soils and their relations to plant growth. In *Plant-soil interactions at low pH: Principles and management*, eds. Date, R.A. m.fl. pp. 65–70. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Sumner, M.E. & Farina, P.M.W. (1986). Phosphorus interactions with other nutrients and lime in field cropping systems. *Adv Soil Sci.* 5, 210-236.
- Åslander, A. (1948). *Den svenska åkerjordens kalkbehov*. LT:s förlag, Stockholm.
- Åslander, A. (1951). *Forskning contra propaganda i det svenska jordbrukets kalkfråga*. Lantmännens Tryckeri, Gävle.

Broschyren är en del i kurspärmen "Ekologisk produktion av grönsaker" 2003.
Produktionen har bekostats gemensamt av Sverige och EU.

Jordbruksverket
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00 (vx)
E-post: jordbruksverket@sjv.se
Webbplats: www.sjv.se