

Mikronäringsämnen

av Margareta Magnusson

Mikronäringsämnen och pH

Text och foto (om inte annat anges) Margareta Magnusson, Högsta Grönsaksodling, Kramfors

Foto framsida: Elisabeth Ögren, borbrist i kålrot

När mineralgödselmedel blev tillgängligt i början av 1900-talet diskuterades riskerna med lågt pH-värde i odlingsjordarna. Den generella rekommendationen var då att kalka jorden till ett pH nära 7. Dessa rekommendationer förekommer fortfarande inom trädgårdsodlingen trots att det mesta idag talar för att de är felaktiga. När du odlar med organiska gödselmedel, exempelvis grüngödsel eller stallgödsel finns det sällan skäl att eftersträva pH-värden över cirka 5,5. Vid högre pH ökar riskerna för brist på de flesta kända mikronäringsämnen.

Mikronäringsämnen tas upp i mycket små mängder

Idag är det bevisat att växterna behöver järn, mangan, bor, zink, koppar, molybden, klor, kobolt och nickel för att utvecklas normalt. Vi kallar dessa grundämnen för mikronäringsämnen eftersom växterna tar upp dem i mycket små mängder. Noggranna analyser av en växt visar betydligt flera ämnen än de vi idag räknar som nödvändiga växtnäringsämnen. Några av dessa, som exempelvis natrium och kisel, anses nödvändiga för vissa växter.



Många mikronäringsämnen är nödvändiga för djur och människor. Därför har växternas innehåll betydelse för deras kvalitet som foder och livsmedel.
Foto: Sofia Ång.

Många mikronäringsämnen är nödvändiga också för djur och människor. Därför har växternas innehåll även 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 forskningen nämner i sådana sammanhang är aluminium, bly, brom, germanium, kadmium, rubidium och tenn. Troligen kommer flera grundämnen att räknas som nödvändiga även för växter vartefter 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. Risken att kalkning ska orsaka brister är särskilt stor på lätta sand- och mojordar och på organiska jordar.

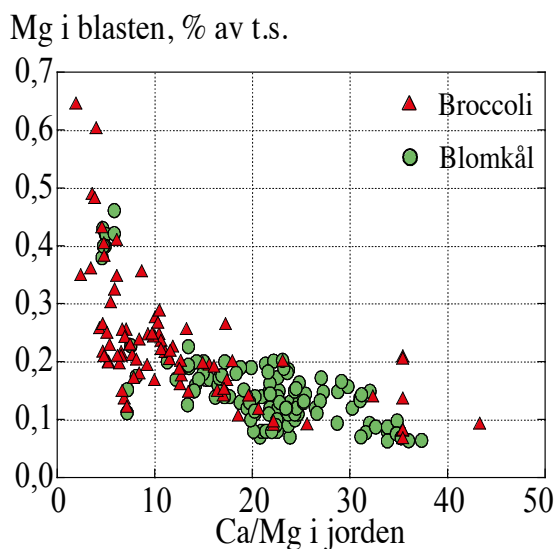
Kalkning och högt pH påverkar även många makronäringsämnen negativt. Kalkning och höga kalciumhalter i jorden ökar risken för magnesiumbrist, se figur 1. I internationell litteratur har ett förhållande mellan kalcium och magnesium, Ca/Mg-kvoten, i jorden kring 5 rapporterats vara optimal.

Vid kalkning och högt pH ökar risken för kaliumfixering i jorden. Då 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. Vilket i sin tur 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.

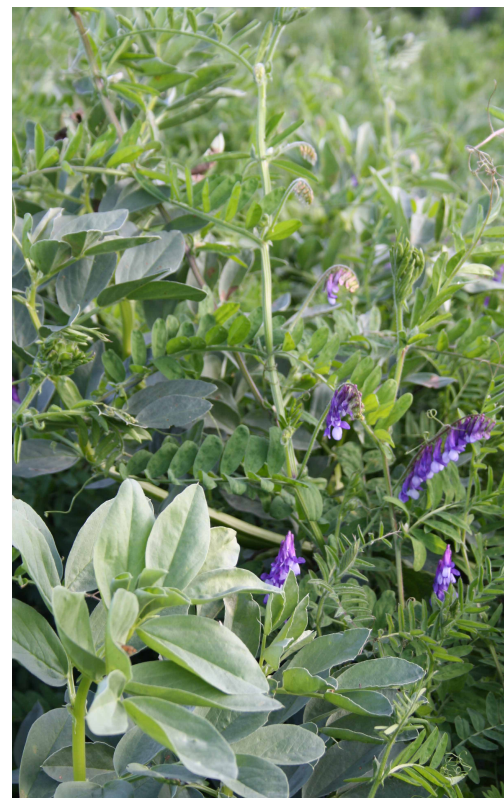
Den fastläggning av fosfor vid lågt pH som ofta omtalas gäller främst lättlöslig oorganisk fosfor tillförd med handelsgödsel. Många studier har dock visat att fosfor som tillförs i organiska gödselmedel förblir tillgängligt vid låga pH-värden. Frigörandet av den fosfor som finns bunden i marken sker dessutom effektivare vid lågt pH och hämmas av kalk.



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 procent av torrsubstansen. Magnusson, 2000c.

Att höja pH-värdet är lätt, att sänka är mycket svårt i ekologisk odling. Därför är det viktigt att inte kalka slentrianmässigt, utan göra en noggrann bedömning av behovet. En Spurway-analys av jorden kan då vara en hjälp. Analysen visar jordens pH och hur mycket näring växterna kan ha tillgång till den närmaste tiden för cirka 10 ämnen.

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 mikronäringssämnen på jordar med för högt pH.



Baljväxter sänker pH-värdet närmast rötterna genom utsöndring av organiska syror. Därmed ökar tillgängligheten av fosfor. Gröngödsling med luddvicker och åkerböna.

Foto: Elisabeth Ögren.



Stallgödsel och andra organiska gödselmedel håller molybden i en form som är lättillgänglig för växterna även vid låga pH-värden. Foto: Elisabeth Ögren.

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. Mulljordar kan ofta ha pH-värden nedåt 4,0–4,5 utan att några skador uppstår.

Molybden blir mindre tillgängligt för växterna vid lågt pH. 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.

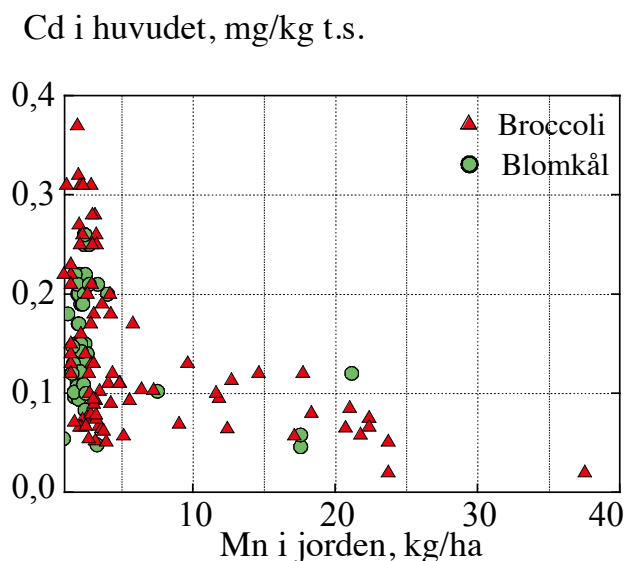
Upptaget av kadmium kan både öka och minska efter kalkning

Farhågor finns för att lågt pH ökar risken för att grödorna ska ta upp stora mängder av tungmetaller som kadmium. Här finns få entydiga forskningsresultat. Både svenska och internationella undersökningar har visat att upptaget av kadmium i fält kan både öka och minska efter kalkning. En förklaring till ökad upptagning anses vara att kalcium konkurrerar ut kadmium från markpartiklarna. Mera kadmium kommer då ut i markvätskan efter kalkning.

Studier har också visat att zink kan konkurrera med kadmium vid upptagningen. Kalkning minskar tillgängligheten för zink mera än tillgängligheten för kadmium. Det 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, se figur 2.

Många studier har visat att mineralgödsel ökar skadorna av aluminium och ökar upptaget av kadmium i grödan. Det anses bland annat bero på att löslig mineralgödsel höjer saltkoncentrationen i markvätskan. Höjningen av saltkoncentrationen ökar lösligheten för aluminium och kadmium. Effekten ökar med stigande gödslingsgivor. Organiskt material däremot, minskar ofta upptaget av kadmium. Tillförsel av organiskt material skyddar därmed mot skador av höga aluminiumhalter som kan förekomma i markvätskan vid låga pH-värden. Mekanismerna bakom 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 löslig näring tillförs. Mykorrhiza kan skydda mot höga halter aluminium i markvätskan.



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.

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

Tillgängligheten av mikronäringsämnen i jorden är viktigare än innehållet

För de flesta mikronäringsämnen gäller att det viktiga inte är den totala mängden i jorden utan tillgängligheten för växterna. Tillgängligheten styrs av jordens egenskaper och går att påverka med olika odlingsåtgärder. Innehållet av järn och mangan är mycket stort i mineraljordar. Mulljordar har däremot ofta lågt totalt innehåll av alla mikronäringsämnen.

Innehållet av zink, koppar, molybden, kobolt och nickel är oftast tillräckligt i mineraljordar. Men variationen kan vara stor. Innehållet av bor är däremot lågt i många jordar i Sverige. Av mikronäringsämnena är det främst bor som du kan behöva tänka på att tillföra. För alla övriga gäller i princip att det är tillräckligt för växterna om du tillför organiskt material och om förhållandena i jorden är gynnsamma.

Organiska gödselmedel innehåller mikronäringsämnen

Organiska gödselmedel innehåller oftast alla mikronäringsämnen, både kända och troligen även okända. Gödslar du 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.



Purjolök 6 veckor efter plantering. I de 2 raderna till vänster växte purjolök året innan, i raderna till höger växte broccoli. Ingen jordbearbetning gjordes mellan åren. Båda åren gödslades med marktäckning. Förklaringen till skillnaderna kan vara purjolökens förmåga att samarbeta med svampar i jorden (mykorrhiza).



De här purjolöksplantorna har växt i raderna intill varandra och gödslats med marktäckning. Raden där plantorna till höger växte fick marktäckning även året innan.

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. Det finns rapporter om att organiska gödselmedel 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 detta genom jordens buffrande förmåga. Den effekten kan förstärkas av att koldioxid produceras vid nedbrytningen av organiskt material.

Marktäckning med organiskt material kan förbättra upptaget av mikronäringsämnen

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. Samarbetet kan också skydda växterna mot höga halter av skadliga ämnen i jorden och öka motståndskraften mot sjukdomar.

Baljväxter och grüngödsling kan öka tillgängligheten av mikronäringsämnen

Baljväxternas rotexudat (ämnen som utsöndras från rötterna) kan sänka pH kraftigt närmast rötterna. På så sätt öka tillgängligheten för många mikronäringsämnen. 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. Men effekten av rotexudatens surgörande effekt minskar med stigande pH beroende på jordens buffrande förmåga.

Farhågor att kvävefixeringen försämras för vissa baljväxter kan vara ett skäl att inte låta pH-värdet sjunka alltför långt under 6,0. Tidigare forskning överdrev dock behovet av högt pH. Sedan början av 1900-talet har ett neutralt pH betraktats som idealiskt för de flesta baljväxter. Det beror bland annat på att många baljväxter var mycket känsliga för den artificiella pH-sänkning som blev följden vid tillförsel av till exempel ammoniumsulfat. Det har också visat sig att höga svavelhalter i marklösningen hämmar upptaget av molybden, ett ämne som är nödvändigt vid kvävefixeringen.

De undersökningsmetoder som forskningen tidigare tillämpade i laboratoriestudier med baljväxtbakterier gjorde att de främst hittade arter och stammar som trivdes vid neutralt pH. Organismerna odlades rutinmässigt fram på odlingsmedium som höll pH 6,8–7,0. På senare år har forskningen 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. Det är alltid viktigt att 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 dagmaskar visar nyare studier att tillgången till färskt organiskt material är mycket viktigare än pH-värdet inom ganska vida gränser.

När bristsymptom uppträder har avkastningen ofta redan blivit påverkad

För alla mikronäringsämnen gäller att tillväxt och avkastning kan bli sämre 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. Då gäller det istället att inrikta sig på att förbättra situationen till nästa odlingsäsong.

Ofta uppstår brister på flera mikroämnen samtidigt, till exempel järn, mangan och zink. Det beror på att de påverkas likartat av förhållandena i jorden. Mikronäringsämnena har nyckelfunktioner i bland annat växtens näringsomsättning. Om plantan har god tillgång till mikronäringsämnena utnyttjar den därmed annan näring, till exempel kväve, effektivare.

Mangan (Mn)

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 tillväxten för vanlig skorv, *Streptomyces scabies*, i potatis.

Manganhalter på 30–300 mg per kilo torrs substans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter. Vid lägre halter finns risk att tillväxt och avkastning blir sämre, 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. Skörderesten har då högre manganhalt än den del som skördas. Vid plantanalyser är det lättare att identifiera brist i skörderesten eftersom variationen är mycket större där. I en gröda som morot är behovet också större i blasten där fotosyntesen sker, se figur 6.

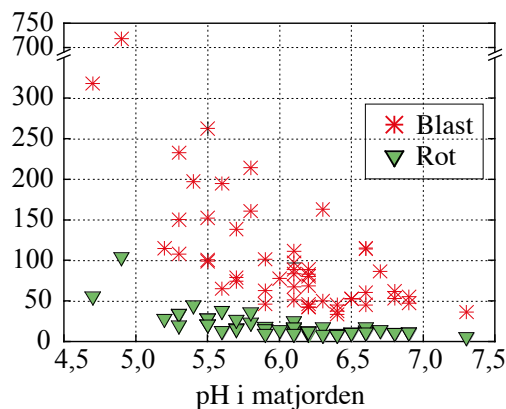


En broccoliplanta, sort Shogun, som lider av en kombination av brist på mangan, zink och magnesium. Bristen är orsakad av högt pH och höga kalciumhalter i jorden. Jorden hade pH 6,6.



Närbild på blad av samma planta.

Mangan mg/kg t.s.



Figur 3. Förhållandet mellan jordens pH (0–30 cm) och manganhalten i morötterna och blasten vid skörd. 52 prov tagna i odlingar i norra Sverige 1994–1999. Magnusson, 2002.

Tillgängligheten av mangan blir bättre vid lågt pH och god tillgång till organiskt material

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.

Den växttillgängliga formen av mangan främjas av lågt pH och god tillgång till organiskt material. Fastläggning av mangan främjas av stigande pH och god tillgång till syre. Risken för manganbrist ökar snabbt med stigande pH och vid kalkning. Växtnäringsstudier både i Mellansverige och i norra Sverige har visat att manganbrist försämrar skörden i många ekologiska grönsaksodlingar.

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". Det betyder att risken ökar vid kallt, blött och solfattigt väder. Det anses bero på att både rottillväxt och upptagning av mangan (och flera andra mikronäringsämnen) är mycket energikrävande och försämras kraftigt i kall jord med för högt vatteninnehåll.

Om jorden har för högt pH är det ineffektivt att gödsla jorden med mangan eftersom det snabbt fastläggs. Då är du hänvisad till bladgödsling. Eftersom mangan troligen inte transporteras vidare från bladen till växande delar behöver du upprepa bladgödslingen vartefter som nya blad växer fram.

Med tanke på att mangan är minst lika viktigt för rötterna som för skottet är bladgödsling att betrakta som en nödlösning. I utplanterade grödor kan en näringsrik plantuppdragningsjord med lågt pH ge plantorna en bättre start genom att plantorna innehåller mera mangan vid utplanteringen.



Använd en välgödslad plantuppdragningsjord med lågt pH. Det ger plantorna en bra start genom att de då innehåller mer mangan vid utplanteringsstillfället. Foto: Elisabeth Ögren

Stallgödsel och grüngödsling kan förbättra tillgängligheten av mangan

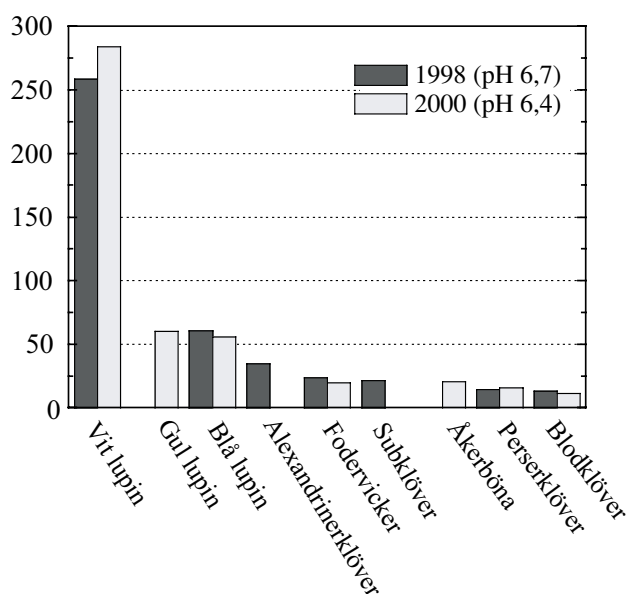
Kraftig gödsling med stallgödsel eller färskt organiskt material kan öka tillgängligheten för mangan, genom att skapa reducerande förhållanden i jorden. För att det ska fungera får inte pH-värdet vara för högt. Då kan tillgängligheten för mangan istället bli sämre genom att de oxiderande bakterierna gynnas av organiskt material.

Vissa baljväxter som vit lupin tar upp mycket mera mangan än de flesta andra växter vid samma pH-värde. En grüngödsling med vit lupin kan alltså förbättra mangantillgången för efterföljande gröda.



Vit lupin tar upp betydligt mera mangan än de flesta andra växter.

Mangan mg/kg t.s.



Figur 4. Manganhalter i grüngödslingsgrödor vid avslagning på senhösten. Magnusson 2002.

Om höga koncentrationer av mangan finns tillgängligt i markvätskan kommer också rötterna att ta upp mycket mangan. Manganet transporteras sedan vidare upp till skottet där skadligt höga halter av mangan byggs upp successivt. Ett vanligt symptom på manganförgiftning i äldre vävnader är nekrotiska (döda) fläckar, omgivna av en klorotisk (blek) zon. Manganförgiftning orsakar sällan lika stora skördenedsättningar i fält som manganbrist kan göra. Några få fall av manganförgiftning har förekommit i norra Sverige på jordar med pH under 5. Jordarna hade då gödslats med handelsgödsel och hade dålig struktur och/eller dränering.

Järn (Fe)

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. Symptomen liknar manganbrist. Järnhalter på 70–200 mg per kilo torrs substans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Mineraljordar innehåller stora mängder järn. På mineraljordar 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 (Zn)

Zink är nödvändigt i fotosyntesen. Zink 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. Kloros mellan bladnerverna på unga blad kan uppträda som liknar symptomen vid järnbrist. Zinkhalter på 30–200 mg per kilo 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 (B)

Bor är nödvändigt för stabiliseringen av cellväggarna. Borbrist ger försämrade rottillväxt och nedsatt tillväxt för skottet, sköra vävnader och inre rötter. Borbrist ger också försämrade blomning och fruktsättning. Vid allvarlig borbrist dör tillväxtpunkterna. Borhalter på 30–100 mg per kilo torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter. God tillgång till bor kan motverka svamp- och bakterieangrepp, däribland klumprotsjuka. Bor anses också ha betydelse för plantornas frosttolerans.

Totala innehållet av bor är ofta lågt både i mineraljordar och organiska jordar. Borbrist är vanligt i Sverige. Risken för borbrist ökar vid kalkning, högt pH, utlakning och kraftig kvävegödsling. Borbrist uppträder oftast vid "fint väder" alltså varmt, soligt och torrt. Det anses bero på att bor blir mindre tillgängligt i torr jord. Dessutom ökar plantornas fysiska behov av bor då ljusintensiteten är hög. Risken för brist minskar vid lågt pH och med baljväxter i växtföljden, om inte jorden har för lågt totalt innehåll av bor.

Du kan behöva tillföra bor regelbundet i växtföljden

Om jorden är borfattig krävs tillförsel av bor med speciella gödselmedel, till exempel borsyra. Lös upp borsyran i vatten och spruta ut den på



Kålrötter är känsliga för borbrist. Vid måttlig brist blir kålroten marmorerad inuti, vid allvarigare brist kan den bli brun inuti. Ofta syns inget utanpå så det är svårt att sortera bort sjuka rötter.

jorden. Du kan behöva tillföra cirka 1 kilo rent bor per hektar regelbundet i växtföljden. Borbrist uppmärksammades tidigt i de växtnäringsstudier som nämns ovan. Därefter har rekommendationen varit att regelbundet tillföra bor. Du bör följa upp förändringar med jordanalyser. Om jordanalyserna visar låga borvärden bör du regelbundet tillföra bor, även om du inte har några tydliga bristsymptom på känsliga grödor. Under sommaren 2014, som var väldigt varm, solig och torr, förekom bristsymptom även där skador av borbrist inte visat sig tidigare.

Marginalen till skadliga effekter av höga borhalter i jorden är liten. Därför ska du inte överdriva tillförseln. Kål, morötter, sallat, lök, kålrot, bondbönor, rödbetor och mangold anses höra till de växtslag som är minst känsliga för höga borhalter. Känsligast anses bönor, jordgubbar, svartvinbär, hallon och många fruktträd vara. Däremellan placeras majs, ärt, rädisa, potatis och tomater.

Koppar (Cu)

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 (gulspetssjuka). Kopparhalter på 5–15 mg per kilo 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 variationen kan vara stor. 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 (Mo)

Molybden är nödvändigt för baljväxter vid kvävefixeringen. Molybden medverkar vid kväveomsättningen i alla växter. I baljväxter yttrar sig molybdenbrist som kvävebrist, de äldre bladen blir bleka. I kålväxter yttrar sig molybdenbrist som utvecklade bladskivor så kallad "pisksnärtsvans". Bladkanterna dör vid brist. Molybdenhalter på 0,5–15 mg per kilo 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 variationen kan vara stor. 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 det 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 (Ni)

Nickel är nödvändigt för kväveomsättningen i växten. Vid nickelbrist blir grobarheten hos frön sämre.



Molybdenbrist på kål yttrar sig bland annat som utvecklade och osymmetriska bladskivor. Foto: Elisabeth Ögren.



Molybden och kobolt är nödvändiga ämnen för baljväxter vid kvävefixering. Kväveknölar på bönor.
Foto: Elisabeth Ögren

Symptom på nickelbrist är kloroser liknande brist på järn, mangan och zink. Nickelbrist kan också orsaka att bladkanterna dör. Nickelhalter på 0,5–10 mg per kilo torrsubstans (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 variationen kan vara stor. 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 (Co)

Kobolt är nödvändigt för baljväxter vid kvävefixeringen. I baljväxter yttrar sig därför koboltbrist som kvävebrist, de äldre bladen blir bleka. Kobolthalter på 0,05–0,5 mg per kilo torrsubstans (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 variationen kan vara stor. 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 (Cl)

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 5 000–15 000 mg per kilo torrsubstans (ppm) i fullvuxna blad anses vara tillräckliga för de flesta växter.

Det totala innehållet av klor är relativt lågt i både mineraljordar och organiska jordar. I närheten av havet kan klor tillföras jorden med havsvindar och nederbörd. 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.

Skadligt höga halter kan främst komma från bevattningsvatten med hög salthalt, vilket är vanligast runt kusterna. Uppgifter om vilken kloridhalt i bevattningsvattnet som kan anses ofarlig för de känsligaste växtslagen ärter och bönor varierar mellan 50 och 140 mg per liter. Halter över cirka 350 mg per liter anses för höga även för de mest toleranta växterna betor, mangold, spenat och sparris. Hushållskomposter kan också innehålla mycket klorid.

Natrium (Na)

Forskningen har ännu inte visat att natrium är nödvändigt för de flesta växter vi odlar. En del växtslag kan till viss del kompensera kaliumbrist med att ta upp mera natrium om det finns tillgängligt. Växtslag som anses uppskatta god tillgång till natrium, även om kalium finns i tillräcklig



Ärter och bönor tillhör de växtslag som är mest känsliga för högt innehåll av klor i jorden. Foto: Elisabeth Ögren

mängd, är vitkål, morötter, betor, mangold och selleri. Det finns också undersökningar som tyder på att morötter kan ge högre skörd och bli sötare vid god tillgång till natrium. De flesta organiska gödselmedel innehåller mer eller mindre natrium. Skadligt höga natriumhalter förekommer oftast tillsammans med höga kloridhalter.



Mangold, betor, selleri, vitkål och morötter föredrar god tillgång på natrium.
Foto: Elisabeth Ögren

Kisel (Si)

Kisel anses ännu inte som ett nödvändigt ämne för de flesta växter vi odlar. Men många studier visar på positiva effekter av kisel. En ofta rapporterad effekt är ökad motståndskraft mot angrepp av svampar och insekter. Effekten anses ha störst betydelse vid kraftig kvävegödsling.

Studier har visat att kalkning minskar upptaget av kisel i många grödor.

Ökat intresse för mikronäringsämnen

Under de senaste decennierna har intresset för mikronäringsämnen ökat inom både växtnäringsforskningen och humanmedicinen. Mycket tyder på att livsmedel som odlats på jordar med otillräcklig tillgång till mikronäringsämnen kan innehålla för människor otillräckliga halter av vissa ämnen. Innehållet i livsmedlen kan vara för lågt 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. *Röbäcksdalen 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.

Magnusson, M. Rölin, Å. & Ögren, E. 2005. Samband mellan odlingsförutsättningar, växtnäring och skörderesultat i ekologisk grönsaksodling. Utvärdering av en serie dokumentationsprojekt genomförda i ekologiska grönsaksodlingar i mellansverige 1999–2004. Hushållningssällskapet i Värmland, 46 s.

Magnusson, M. Rölin, Å. & Ögren, E. 2006. Förslag till riktvärden för jord- och plantanalyset i ekologisk grönsaksodling. Hushållningssällskapet i Värmland, 68 s.

Magnusson, M. 2007. Därför är marktäckning med grönmassa så bra. *Natur & Trädgård* 2:2007, s 4857.

Magnusson, M. 2007. Bättre skördar med lägre pH. *Natur & Trädgård* 2:2007, s 6067.

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.

Ögren, E. Rölin, Å. & Magnusson, M. 2005. Utvärdering av dokumentationsprojekt i ekologisk grönsaksodling 1999–2005. Åtta odlares tankar kring växtnäring. Länsstyrelsen i Västmanlands län, 92 s.



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