



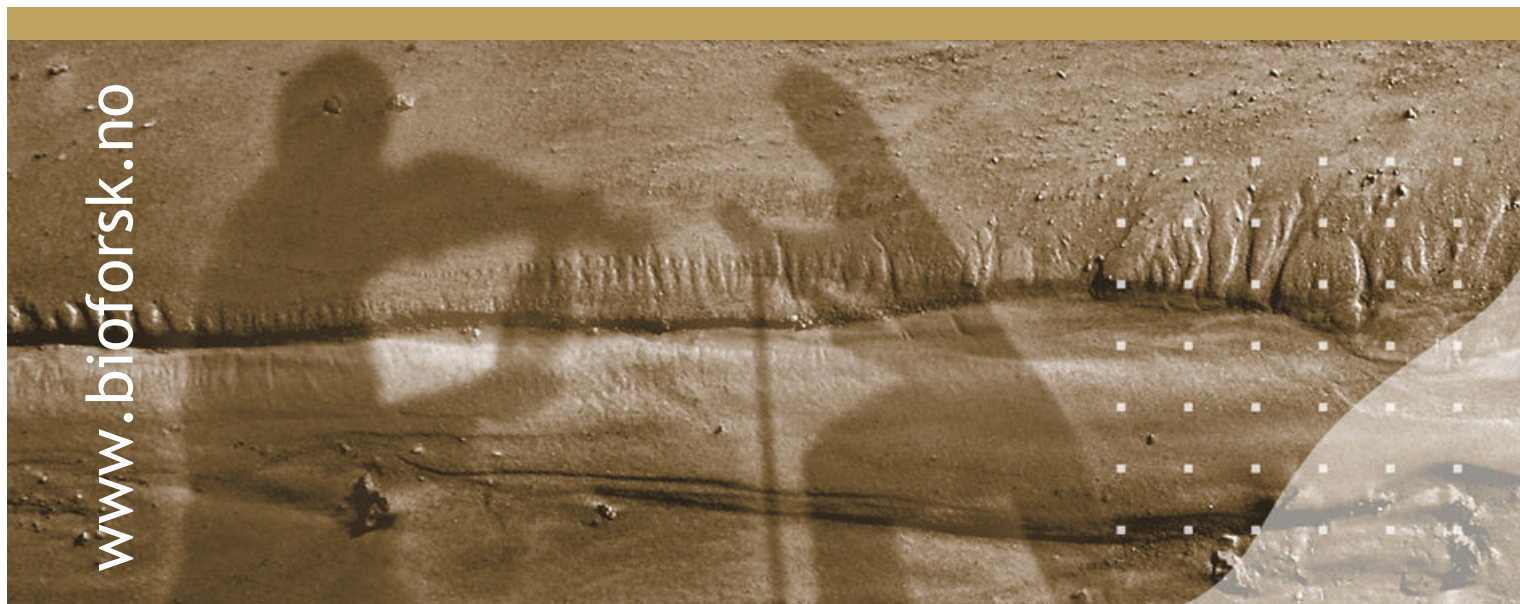
Bioforsk Rapport

Vol. 3 Nr. 85 2008

Bedre tilgang av mikronæringsstoff til grønnsaker ved økologisk dyrking på jord med høy pH

Espen Govasmark

Bioforsk Økologisk





Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tlf: 03 246
Fax: 63 00 92 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Økologisk
Tingvoll gard
6630 Tingvoll
Tlf: 03 246
Faks: 57 65 60 61
okologisk@bioforsk.no

<i>Tittel/Title:</i> Bedre tilgang av mikronæringsstoff til grønnsaker ved økologisk dyrking på jord med høy pH			
<i>Forfatter(e)/Autor(s):</i> Espen Govasmark			
<i>Dato/Date:</i> 16.04.08	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 2010083	<i>Arkiv nr. / Archive No.:</i>
<i>Rapport nr. Report No.:</i> 85 (3) / 2008	<i>ISBN-nr.:</i> 978-82-17-00386-1	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 12	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i> 0
<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Norsk landbruksrådgivning (tidl. Landbrukets forsøksringer) i prosjektet ØkoGrønt 2010		<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Anne-Kristin Rossebø	
<i>Stikkord/Keywords:</i> Grønnsaker, økologisk dyrking, mikronæringsstoff, pH Vegetables, organic production, plant micronutrients, pH		<i>Fagområde/Field of work:</i> Økologisk landbruk Organic agriculture	
<i>Sammendrag</i> Denne rapporten belyser mulige løsninger for å redusere pH i jord for dermed å øke tilgjengeligheten av mikronæringsstoff i organiske gjødselkilder ved dyrking av økologiske grønnsaker på friland i jord med høy pH. Rapporten vurderer ikke tilgjengeligheten av mikronæringsstoff i ulike organiske gjødselkilder eller hvilken effekt de har på avlingen.			
<i>Summary:</i>			

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader

Atle Wibe - Forskningsjef Bioforsk Økologisk

Liv Birkeland

Forord

Regjeringens målsetning om økt produksjon og omsetning av økologiske landbruksvarer i Norge har blant annet resultert i økt interesse for økologisk grønnsaksproduksjon.

Grønnsaker har på grunn av bekjempelse av klumprot blitt dyrket på jord med høy pH. Jord med høy pH har lav tilgjengelighet av essensielle mikronæringsstoffer, som i dag medfører at mange gårdbrukere opplever pH-indusert mikronæringsstoffmangel i sin grønnsaksproduksjon (Kari Bysveen, pers.kom).

Innhold

1.	Essensielle mikronæringsstoff i planteproduksjonene.....	4
1.1	Effekt av pH på plantetilgjengelige mikronæringsstoff i jord	4
1.2	Bor	4
1.3	Jern.....	4
1.4	Kobber	5
1.5	Mangan	5
1.6	Molybden.....	5
1.7	Sink	5
2.	Analyser og konsentrasjon av mikronæringsstoff	6
2.1	Jordanalyser.....	6
2.2	Planteanalyser	6
3.	Tiltak for bedre tilgang av mikronæringsstoff i økologisk grønnsaksproduksjon	7
3.1	Tiltak for å redusere jordas pH.....	7
3.2	Prosesser i jord som senker pH	7
3.2.1	Ammonium	7
3.2.2	Svovel	8
3.3	Organisk materiale	9
3.3.1	Kompost.....	9
3.3.1.1	Kompostering ved aerobe og anaerobe forhold	9
3.4	Bor	10
3.5	Tiltak	10
4.	Forskningsbehov.....	11
5.	Referanser	12

1. Essensielle mikronæringsstoff i planteproduksjonene

Et mikronæringsstoff er essensielt for planten når det er nødvendig for at planten skal kunne fullføre livssyklusen, har en spesifikk rolle i planten og når mikronæringsstoffet er direkte knyttet til ernæring av planten. Med bakgrunn i disse 3 kriteriene, er det funnet 8 mikronæringsstoff som er essensielle for høyerestående planter. Betegnelse mikronæringsstoff betyr at mengden næringsstoff som trengs for normal plantevekst er liten og oppgis som milligram pr. kg tørrstoff (mg/kg TS). De 8 essensielle mikronæringsstoffene er bor (B), kopper (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), molybden (Mo), sink (Zn), klor (Cl) og nikkel (Ni). Klor og nikkel blir ikke behandlet i denne rapporten.

1.1 Effekt av pH på plantetilgjengelige mikronæringsstoff i jord

Jord-pH betegnes som enten aktuell pH, som er et direkte mål på konsentrasjon av protoner (H^+) i jordvæska, eller som potensiell jord pH, som også tar med H^+ bundet til jordkolloider. I tillegg til den aktuelle pH, er det viktig å kjenne bufferkapasiteten til jorda når tilgjengelighet av næringsstoffer skal vurderes. Det er fordi H^+ som skilles ut av planten ved opptak av kationer vil bli bundet i jord ved at andre kationer blir ionebyttet på kolloidene. Generelt så har organisk jord og leirjord stor bufferkapasitet, mens silt- og sandjord har lav bufferkapasitet. pH i jord (H^+) har stor effekt på tilgjengeligheten av kationer og på forvitring av mineraler i jord, som igjen medfører økt plantetilgjengelighet av næringsstoffene.

I alle typer jord vil en forhøyet pH medfører lavere tilgjengelighet av mikronæringsstoffene B, Mn, Cu og Zn. Det er viktig å påpeke at høy jord pH ikke nødvendigvis medfører mikronæringsstoff mangel hos kulturplanter. Jord som er mest utsatt for pH-indusert mangel på mikronæringsstoff er torvjord, siltjord og sandjord, da disse i utgangspunktet inneholder lave konsentrasjoner av et eller flere mikronæringsstoff.

1.2 Bor

I jord med pH < 6.0 opptrer B som udisosiert borsyre, og er utsatt for utvasking. I jord med høy pH dannes ioner av borsyre, og B bindes til leirmineraler, seskvioksider og organisk materiale. Bindingsstyrken til B i jord øker med økende pH. Tilførsel av husdyrgjødsel øker bindingen av bor i jord med moderat pH (Sharma *et al* 2006). Høy pH i jord er trolig den viktigste årsaken til B mangel i grønnsaker.

1.3 Jern

Det er kun på næringsfattig torvjord med lav pH at det kan oppstå jernmangel hos kulturplanter. Dette er et lite problem i Norge.

1.4 Kobber

Kobber finnes som frie ioner ved lav pH mens det ved høy pH bindes sterkt til organisk materiale. Bindingen til organisk materiale gjør at Cu-mangel primært er et problem der jordsmonnet er fattig på Cu, i jord med høy pH og i torvrik jord.

1.5 Mangan

Manganmangel er kun et problem på jord med høy pH og/eller i løst pakket jord. Plantene kan bare nyttegjøre seg Mn^{2+} , men i jord med høy pH er det MnO_2 som dominerer. Høy pH er derfor den viktigste årsaken til Mn-mangel hos kulturplantene.

1.6 Molybden

Mengden av molybden i jordvæska øker med økende pH. Mo-mangel er derfor ikke et problem for kulturplanter ved høy pH.

1.7 Sink

Sinkkonsentrasjonen i jordvæska avtar med økende pH, og høy pH er en vanlig årsak til Zn-mangel hos kulturplanter. Sink bindes også til organisk materiale, men denne bindingen er ikke veldig sterk.

2. Analyser og konsentrasjon av mikronæringsstoff

2.1 Jordanalyser

Jordprøver tas fra pløyelaget (0-20 cm) for å bestemme pH og mengden av plantetilgjengelig makronæringsstoff. Det er liten tradisjon for å bestemme plantetilgjengelig mikronæringsstoff, da det ikke er etablert standard analysemetode og fordi analyseresultatene ofte gir liten informasjon om plantetilgjengeligheten av mikronæringsstoffene.

2.2 Planteanalyser

Analyse av plantemateriale gir ofte et brukbart bilde på tilgjengeligheten av mikronæringsstoff i jorda. Dersom det er mistanke om mangel eller forgiftning av mikronæringsstoff hos grønnsakene, bør det gjennomføres analyser av totalinnholdet i planter fra antatt problemområde og fra område uten problemer, for å kunne sammenlikne. Resultatene bør også vurderes opp mot normalkonsentrasjon av mikronæringsstoff i grønnsaker oppgitt i tabell 1. Konsentrasjonen av mikronæringsstoff er generelt høyere i unge planter enn eldre, slik at utviklingsstadiet på kulturplanta må være kjent når analyseresultatene skal tolkes.

Tabell 1 Normalt innhold av mikronæringsstoff i noen grønnsaker

	mg/kg tørrstoff				
	B	Mo	Cu	Mn	Zn
Potet	25-70	0,20-0,50	7-15	40-200	20-80
Blomkål	30-80	0,50-1,00	5-12	30-150	30-70
Kålrot	35-80	0,50-1,00	6-12	40-150	20-80
Gulrot	30-80	0,50-1,50	7-15	50-150	30-80
Løk	30-50	0,15-0,30	7-15	40-100	20-70
Erter	30-70	0,40-1,00	7-15	30-150	25-70

Aasen 1997; modifisert etter Bergmann W. 1983. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen

3. Tiltak for bedre tilgang av mikronæringsstoff i økologisk grønnsaksproduksjon

Veileder B, utfyllende informasjon om økologisk landbruksproduksjon (Mattilsynet), gir en oversikt over gjødsel og jordforbedringsmidler av ikke-økologisk opprinnelse som er tillatt i økologisk landbruk (Mattilsynet). Alle organiske gjødselmidler inneholder mikronæringsstoffer, men om mikronæringsstoffene er plantetilgjengelig og hvor mye må undersøkes i hvert tilfelle.

3.1 Tiltak for å redusere jordas pH

Det er generelt enklere og mye billigere å øke pH i jord enn å redusere den. Reduksjon av jord-pH gjennom tilførsel av organiske eller uorganiske gjødselmidler påvirker balansen mellom ulike makro- og/eller mikronæringsstoff. En reduksjon av pH kan derfor ha sekundære effekter som det ikke er lett å forutsi.

I Norge og internasjonalt er det utført få studier med formål om å redusere pH i jord brukt til landbruksproduksjon.

3.2 Prosesser i jord som senker pH

Jord i tempererte områder har en tendens til å få redusert pH over tid. Denne reduksjonen skyldes primært nedbryting av organisk materiale, hvor det dannes CO_2 som dissosierer i vann og danner H^+ og HCO_3^- . Under veldig basiske forhold vil også karbonat dissosiere og forsterke pH-nedgangen. I tillegg til forsuringen fra organisk materiale så vil plantenes opptak av kationer medføre en ytterligere forsuring. Røttene skiller ut H^+ og HCO_2^- i denne prosessen. Kløver eller nitrogenfikserende planter skiller ut betydelig mye mer H^+ enn det gras gjør. Det er på grunn av den store overvekta av kationer i forhold til anioner som blir tatt opp av kløver enn hos gras.

3.2.1 Ammonium

Det er godt kjent at bruk av ammonium tilført som gjødsel reduserer jordas pH, som vist i likning 1 a-c.



Ammoniumbasert gjødsel som nitrogenkilde har en indirekte effekt på opptak av metaller i planter. Denne indirekte effekten skyldes redusert jord-pH og dermed høyere konsentrasjon av plantetilgjengelige kationer i jordvæska.

Kunstgjødning er ikke tillatt i økologisk landbruk, slik at andre metoder for å redusere pH i jord må vurderes. Muligens vil organiske gjødselkilder med høyt innhold av ammonium i forhold til nitrat redusere jord-pH raskere enn ved ammoniumfattig organisk gjødning. Dette bør undersøkes nærmere da det ikke har vært mulig å finne studier av en slik eventuell effekt.

3.2.2 Svovel

En kjent og velutviklet metode for å redusere jordas pH er tilførsel av elementært svovel. Metoden er lite utprøvd i Norge. Redusert svovel som oksideres i jord vil danne sulfat som igjen medfører økt konsentrasjon av H^+ (likning 2a) og kationer i jordvæska. Med andre ord redusert pH og økt ionestyrke i jorda.



Fordi oksidering av elementært svovel er et resultat av mikrobiell aktivitet i jorda, vil pH-endringen skje over tid. Det er derfor anbefalt å tilføre svovel og pløye det ned året før man vil ha den ønskede pH-reduksjonen i jorda. Sulfat som dannes vil være lett plantetilgjengelig. Når sulfat blir tatt opp av planten vil planten skille ut OH^- , som igjen fører til økning i pH.



Internasjonale resultater om bruk av elementært S for å redusere jord-pH viser at tilført elementært S har effekt, men at virkningen i stor grad skyldes at sulfat vaskes ut av jorda. Da blir det et netto overskudd av H^+ for oksidasjon (likning 2a) samt reduksjon av elementært svovel (likning 2b). I jord med fritt kalsiumkarbonat er det nødvendig først å nøytralisere kalsiumkarbonat for deretter å tilføre elementært svovel for å redusere jord pH. I jord med 2 % kalsiumkarbonat vil det være nødvendig med 15 tonn svovel per daa bare for å nøytralisere kalsiumkarbonat (Mullen et al. 2007). Beregnet mengde svovel (kg) som må til for å redusere pH innefor angitte områder pr daa i ulike landbruksjord er oppgitt i tabell 2.

Tabell 2 Tilførsel av svovel for reduksjon av pH på forskjellige dybder i landbruksjord

Ønsket pH endring i 15 cm dybde	Kg S pr daa		
	Sand	Siltig leire	Leire
8.5 til 6.5	42	82	164
8.5 til 5.5	93	186	371
8.0 til 6.5	38	75	150
8.0 til 5.5	80	179	358

Modifisert etter Mullen *et al.* 2007

Det er også mulig å bruke jernsulfat for å redusere jordas pH. Jernsulfat virker mye raskere enn elementært svovel, og vil ha en pH-reduserende effekt samme vekstsesong. For å beregne hvor mye jernsulfat som må til, kan en ta utgangspunkt i tabell

2 og beregne at det må 6 ganger så mange kg jernsulfat som elementær S for å oppnå samme reduksjon i pH.

Som tabell 2 viser, er det store mengder svovel (og jernsulfat) som må til for å redusere pH i jord. I praksis er dette urealistiske mengder. Tilførsel av elementært S eller jernsulfat er restriksjonsbelagt i regelverket for økologisk landbruk og må av den grunn avklares med Debio.

3.3 Organisk materiale

Tilførsel av organisk materiale forsyner jorda med essensielle mikronæringsstoff. Organisk materiale i mineralisk jord har positiv effekt med hensyn til jordstruktur, kationebyttekapasitet (CEC), vannhusholdning, aggregatstabilitet, buffer evne etc, som alle påvirker jordas evne til å forsyne plantene med mikronæringsstoff.

Forsøk med bruk av slam (pH 8.22) og husdyrgjødsel (pH 6.4) som gjødsel til salat dyrket på kalkrik jord (pH 8.9) i Tyrkia, viste at begge økte salatavlingen i forhold til kontrollen som ikke fikk gjødsel (Sönmez & Bozkurt, 2006), men at pH ikke ble påvirket av tilførsel av verken slam eller husdyrgjødsel. Det er ikke tillatt å bruke slam i økologisk landbruk, men forsøket demonstrerer at tilførsel av organisk materiale med høyt innhold av næringsstoffer kan ha en direkte positiv avlingseffekt ved grønnsaksdyrking i jord med høy pH.

3.3.1 Kompost

Tradisjonell kompostering av organisk materiale skjer ved aerobe forhold. pH i komposten endres da fra ca pH 5 i starten av komposteringsperioden til over 7 ved moden kompost. Det er lite tilgjengelig litteratur på vitenskapelige forsøk som har hatt til hensikt å senke jord pH ved tilførsel av kompostert organisk materiale, men det er mange forsøk som har vist at kompost kan øke pH i jord med lav pH. Bruk av kompost vil kun ha en effekt på pH når denne i utgangspunktet er høyere enn i komposten, men fordi kompost ofte har høy pH er tilførsel av aerob kompost altså lite egnet til å redusere pH i jord med moderat høy pH.

3.3.1.1 Kompostering ved aerobe og anaerobe forhold

Komposteringsmetode påvirker pH i komposten, dominerende nitrogenforbindelser og andel av total mengde mikronæringsstoff som er plantetilgjengelig. Ved aerob kompostering av husdyrgjødsel forsvinner mye av nitrogenet og det er NO_3^{2-} -N som dominerer. Ved anaerobe forhold skjer det ofte en økning i nitrogenkonsentrasjonen og NH_4^+ -N dominerer (Eneji *et. al* 2003a). Ved å bruke organisk materiale med et høyt $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^{2-}$ forhold, vil trolig pH i jorda synke raskere enn ved å bruke kompost med et lavere forhold, hvis man antar at prosessen i jord er som ved bruk av kunstgjødsel. Denne pH-reduksjonen skyldes høyt planteopptak av kationer. Det er ikke funnet tilgjengelig litteratur som underbygger denne antakelsen. Komposteringsteknikken vil også påvirke kompostens pH, og aerob kompostering gir ofte lavere pH enn anaerob kompostering, noe som skyldes nitrifiseringen av ammonium ved aerobe kompostering (likning 1c).

Kompostering ved aerobe og anaerobe forhold påvirker også andel planteekstraherbart (DTPA) Fe, Zn, Cu og Mn fra kompost. Ved aerob kompostering av husdyrgjødsel avtok DTPA ekstraherbar andel av Fe med 36 %, Zn med 50 %, Cu med 14 % og Mn med 27 % ved modning (Eneji et al 2003b). I samme undersøkelse økte andelen av DTPA ekstraherbar Fe med 59 % Zn med 87 %, mens andel av Cu og Mn var upåvirket ved anaerob kompostering.

3.4 Bor

Bor er et av mikronæringsstoffene det er mangel på i økologisk grønnsaksdyrking. Litteratur hvor hensikten har vært å tilføre bor med organiske gjødselkilder akseptable i økologisk grønnsaksdyrking har ikke vært tilgjengelig. Generelt så antar man at konvensjonell blautgjødsel av storfe inneholder 1,4 til 2 g bor pr tonn, og det meste av dette er plantetilgjengelig (Aasen, 1997). Om dette er annerledes i økologisk husdyrgjødsel er ukjent. Sammenliknet med norm gjødselbehovet på 1-2 kg gjødselborat pr daa til borkrevende vekster i konvensjonelt landbruk, vil ikke husdyrgjødsel tilført i normale mengder tilfredstille borkrevende planters behov. Inntil akseptable gjødselkilder for bor i økologisk landbruk er tilgjengelig, vil det være behov for å gjødsle med gjødselborat eller solubor for å unngå bormangel hos borkrevende grønnsaker i økologisk landbruk. Organisk materiale i jorda vil øke bindingen av bor ved pH rundt 6, slik at økt innhold av organisk materiale i jorda medfører mindre utvasking av bor og dermed resultere i en antatt større utnytting av tilført bor.

3.5 Tiltak

Hovedtiltaket er å redusere pH i jord til 6-7 i jord med pH induisert mikronæringsstoffmangel ved grønnsaksproduksjon. En senking av pH vil gjøre behovet for ekstra tiltak som for eksempel bruk av uorganiske salter på dispensasjon, mindre aktuelt over tid (det er ikke mange dispensasjoner i dag).

Husdyrgjødsel og kompostert organisk materiale inneholder tilstrekkelig med plantetilgjengelige mikronæringsstoffer (ikke bor). Kompostert organisk materiale som tilfredsstiller kravene til innhold av tungmetaller, vil kunne brukes. Generelt så er det for høye konsentrasjoner av sink, kobber og kadmium som gjør at kompost av organisk avfall ikke kan benyttes i økologisk landbruk. Det er et paradoks at det ved påvist sink- og koppermangel ikke er tillatt å bruke sink- og kobberrike organiske gjødselslag, men at det er tillatt å bruke uorganiske salter av sink og kopper etter dispensasjon fra regelverket i økologisk landbruk.

4. Forskningsbehov

Økologisk grønnsaksdyrking forventes å øke i årene som kommer og det er ønskelig at konvensjonelle produsenter legger om til en økologisk driftsform. Da tradisjonell grønnsaksdyrking skjer i jord med høy pH, er det å anta at problemer med pH-indusert mikromineralmangel i grønnsaksproduksjon vil øke i fremtiden.

Det er forskningsbehov på mikromineralgjødning til økologisk grønnsaksdyrking innenfor temaene:

- Tilgjengelighet av mikronæringsstoffer i organisk gjødning til grønnsaker dyrket i jord med høy pH
- Behandling av organisk materiale for reduksjon av pH i jord
- Effekt av ammonium/nitrat i organisk materiale på pH i jord
- Effekt av elementært svovel på pH i organisk materiale
- Behandlingsmetoder av organisk materiale for økt tilgjengelighet av mikronæringsstoff til grønnsaker
- Alternative borkilder i økologisk grønnsaksdyrking
- Bladgjødning i økologisk grønnsaksdyrking

5. Referanser

Aasen, I. 1997. Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter, 2 utgave. Landbruksforlaget, 95 sider.

Enej, A.E., Honna, T., Yamamoto, S. & Masuda, T. 2003a. Influence of composting conditions on plant nutrient concentrations in mature compost. *J. Plant Nutr.* 26 (8); 1595-1604.

Enej, A.E., Honna, T., Yamamoto, S., Masuda, T., Endo, T. & Irshad, M. 2003b. The relationship between total and available heavy metals in composted manure. *J. Sustain. Agri.* 23 (1); 125-134.

Mattilsynet. http://www.mattilsynet.no/mattilsynet/multimedia/archive/00032/VEILEDER_B__Utfyllen_32207a.pdf)

Mullen, R., Lentz, E. & Watson, M. 2007. Soil acidification: How to lower soil pH. The Ohio State University Extension Fact Sheet AGF-507-07. Columbus, The Ohio State University, 2 pp.

Sharma, K.R., Srivastava, P.C., Srivastava, P. & Singh, V.P. 2006. Effect of farmyard manure application on boron adsorption-desorption characteristics of some soils. *Chemosphere*, 65; 769-777.

Sönmez, F. & Bozkurt, M.A. 2006. Lettuce grown on calcareous soils benefit from sewage sludge. *Acta Agric. Scand. B. Soil Plant.* 56; 17-24.