

Retention av bor 18 år efter gödsling

Skog-CAN med olika borformuleringar och koncentrationer

Olle Rosenberg



Markprov från en av de provtagna ytorna. Bilden visar de olika skikt som har ingått i analysen; humus, utlaknings- och anrikningshorisont. Foto: Olle Rosenberg

Innehåll

Förord	3
Summary	4
Sammanfattning.....	5
Inledning	6
Material & metoder	7
Resultat & Diskussion	7
Slutsats.....	10
Referenslista	11



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 4 april 2023 av
Lars Högbom, Docent. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef,
granskat och godkänt publikationen för publicering 31 maj 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

Förord

Detta projekt har finansierats av Svenska växtnäringsfonden genom anslag VX-2020-0001. För fältarbete erhöles förnämlig hjälp av Michael Krook, Skogforsk. De kemiska analyserna gjordes på mark- och växtlaboratoriet vid SLU, Uppsala. Lars Högbom, Skogforsk, har granskat och givit värdefulla kommentarer till rapporten. Till alla framförs härmed ett varmt tack.

Uppsala, maj 2023

Olle Rosenberg

olle.rosenberg@skogforsk.se

Summary

The micronutrient boron is important for the apical meristem of plants, and deficit can cause multiple tops on trees. Nitrogen fertilisation was found to be a reason for this deficit in certain localities. Today, this is counteracted by adding boron to the commonly used forest nitrogen fertiliser Skog-CAN. Boron can be added in the form of different compounds with varying solubility.

In 2003, when this project started, there was a fear that boric acid with its high solubility would not provide soil boron available to plants until the next fertilisation after about ten years. Retention time of boron in the soil between the years 2003 and 2005 was investigated by selecting two compounds that are/were used in Skog-CAN: boric acid (high solubility) and the borate mineral colemanite (low solubility). The lowest dose of boron used (1 kg B ha^{-1}) was equal to the amount added with the standard nitrogen application (150 kg N ha^{-1}).

The experiment was located in south-central Sweden in a Scots pine stand suitable for fertilisation. The boron source was changed to fine-grained colemanite in Skog-CAN in 2004, so an additional treatment was added to the experiment.

Results from early measurements showed higher boron concentration in the humus layer one year after boron application, and the highest concentration in the less soluble coarse-grained colemanite (3 kg B ha^{-1}), compared to both boric acid and untreated control. The normal dose, 1 kg B ha^{-1} , gave no significant differences between treatments. In the current study, 17 to 18 years after application, no differences could be found regardless of the source of boron used.

Sammanfattning

Mikronäringsämnet bor (B) är viktigt för växternas tillväxtpunkter och brist kan leda till att träd får flera toppar. Detta är något som observerats efter kvävegödsling och motverkas numera genom att bor rutinmässigt tillförs med gödselmedlet. Bor kan tillsättas i olika former med varierad löslighet. Upprinnelsen till studien var en farhåga om att ett lättlösligt borpreparat inte skulle finnas kvar i marken fram till nästa gödslingstillfälle. För att undersöka retentionstiden av bor i marken åren 2003–2005, valdes två preparat som används eller har använts i gödslingspreparatet Skog-CAN i Sverige; ett lättlösligt (borsyra) och ett svårlösligt (kolemanit). Den minsta mängden bor (1 kg B ha^{-1}) är den som normalt ingår i gödselmedlet Skog-CAN vid en giva på 150 kg N ha^{-1} . Försöket lokaliserades till ett gödslingsvärt tallbestånd i Mellansverige.

I tidigare mätningar framgick att det ett år efter behandling fanns högre halter bor i humusskiktet och högst där grovkornig kolemanit applicerats. I den dos som normalt ges, 1 kg B ha^{-1} , fanns inga signifikanta skillnader. I aktuell studie, 17–18 år efter applicering återstod inga behandlingsskillnader oavsett dos och formulering av bortillsatsen.

Inledning

Under 1970-talet upptäcktes att gödsling med enbart kväve kunde orsaka skador på trädens tillväxtpunkter med följden att träden kunde få flera toppar och att höjdtillväxten avstannade (Aronsson 1984). Ett antal studier visade att det var kvävegödslingen som orsakat brist på bor och att detta påverkade trädens tillväxtpunkter (Aronsson 1984, Möller 1984). Tillförsel av en liten mängd bor i samband med kvävegödsling visade sig vara ett effektivt sätt att motverka uppkomsten av de aktuella tillväxtstörningarna (Aronsson 1984). Som säkerhetsåtgärd ingår idag därför 0,2 procent bor i all kvävegödsel (Skog-CAN) som används i skogsbruket, och detta innebär att det vid varje gödseltillfälle sprids ca 1 kg bor ha⁻¹. Naturligt sker ett nedfall av bor i Sverige som har sitt ursprung från havet och detta nedfall är högst i de södra delarna av landet och lägst i de inre delarna av Norrland (Wikner 1983). Enligt en litteraturstudie av Pettersson (2014) kan behovet av att tillföra bor i gödselmedel vara onödigt med undantag för norra Norrlands inland. Å andra sidan har det under de senaste åren observerats tillväxtstörningar (buskighet) hos tallplantor i södra Sverige, och en misstanke (av flera) har varit borbrist (Högborg 2020).

En för skogen normal giva på cirka 1 kg bor ha⁻¹ i samband med kvävegödsling kan till stor del adsorberas i humuslagret och där utgöra en borkälla för högre växter under en längre tid (jfr Letho 1995, Kilpeläinen m.fl. 2013). Adsorptionen är dock till stor del avhängig mängden organiskt material (Yermiyahu 2001). Även mineraljordens textur kan vara av betydelse för retentionen av bor, där marker med grövre textur kan utlakas på bor relativt snabbt (Möller 1984, Shorrocks 1997). Enligt Shorrocks (1997) kommer en gödselgiva på 1–2 kg bor ha⁻¹ lättlösligt borat på en sådan mark troligen bara att utgöra en signifikant borkälla under det första året och endast en mindre mängd kommer att finnas kvar till följande säsong. En användning av mindre lättlösligt bormedel som kolemanit eller ulexit skulle eventuellt kunna motverka detta (Olykan m.fl. 1995, Shorrocks 1997).

Inom projektet Kväve-2002 (Högbom & Jacobson 2002) gjordes en litteraturgenomgång av Rosenberg (2002) med avseende på miljöeffekter till följd av borsyran som då ingick i Skog-CAN. I denna identifierades en kunskapslucka gällande huruvida den bor som tillsattes som borsyra verkligen fanns kvar i marken under tillräckligt lång tid för att vara till gagn för träden fram till en eventuell omgödsling. Detta resulterade i ett projekt finansierat av Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning (SV-217) som startade under 2003 där retentionen av två olika borpreparat, borsyra och kolemanit, studerades i ett då nyanlagt fältförsök (Rosenberg & Högbom 2005). Försöket anlades i ett gödslingensvärt bestånd utanför Riddarhyttan (Västmanland) (Jacobson m.fl. 2004), där den naturliga tillförseln av bor ligger på en medelnivå av södra och norra delen av landet (Wikner 1983). I början av 2004 övergick tillverkaren av växtnäringsmedlet, Yara AB, från att använda borsyra (åren 2002 och 2003) till kolemanit i Skog-CAN. På uppdrag av Yara AB lades då ytterligare ett försöksled till de tidigare med det nya Skog-CAN (finkornigare kolemanit i gödselgranulerna än vad som användes 2001 och tidigare) för att kunna jämföra med borsyra och den grovkornigare kolemaniten som använts 2001 och tidigare.

Resultaten av studien efter ett år var att borsyra med högst löslighet fanns i lägst halt i humusskiktet, därefter den finkornigare kolemaniten och högst halter fanns av den grovkornigare kolemaniten. I utlaknings- och anrikningsskikten var halterna högst av finkornig kolemanit, därefter borsyra och lägst av grovkornig kolemanit. En osäkerhet som kvarstod var hur halterna påverkas efter längre tid. Vanligen är det åtminstone tio år mellan gödslingstillfällena.

I denna studie var det 17–18 år efter behandling, och därför mycket intressant att undersöka borhalterna i de olika markhorisonterna för att undersöka hur den långsiktiga retentionen av bor beror på borpreparat.

Material & metoder

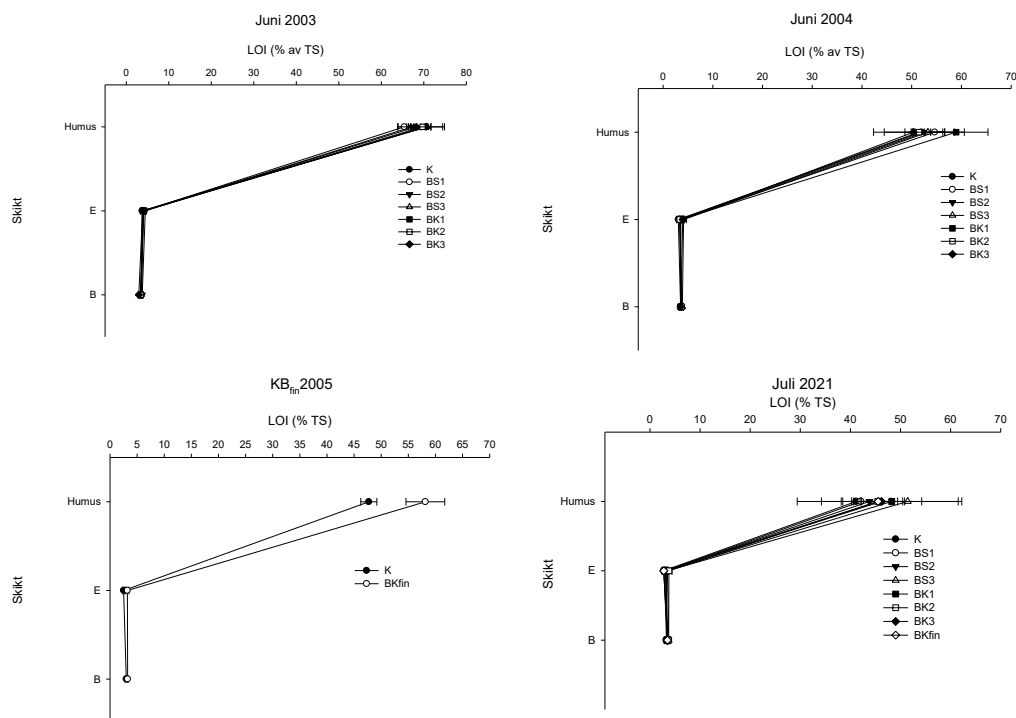
I projektet analyserades markprover tagna i juli 2021, vilket var 17–18 år efter applicering av de två olika borkällorna borsyra och kolemanit i ett fältförsök. Försöket lades ut som ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar och finns beskrivet i detalj av Rosenberg och Högbom (2005). Borsyra och grovkornig kolemanit applicerades under juni 2003 i tre olika mängder (1, 2 och 3 kg bor ha⁻¹), medan finkornig kolemanit tillfördes under juni 2004 och då endast med 1 kg bor ha⁻¹. För jämförelse fanns obehandlade kontrolltytor. Dessutom togs prover på samtliga ytor (med undantag för ytorna för finkornig kolemanit som då ännu inte fanns) i juni 2003 innan behandling för att få bakgrundsvärden.

Fem markprover togs 2021 med 50 mm borrh från varje provyta. Dessa delades upp i humus-, utlaknings- (E) och anrikningshorisonter (B). Anledningen till denna uppdelning i horisonter snarare än cm är att bor kan binda till de Fe- och Al-oxider som ansamlats i anrikningshorisonten. Proverna från varje parcell slogs horisontvis ihop till ett generalprov som representerade provytan. Totalt analyserades således 3 block * 8 behandlingar * 3 horisonter = 72 prover. Markproverna analyserades med avseende på extraherbara mängder bor med ammoniumlaktat (växttillgängligt), totalhalten bor, glödförlust (LOI (loss on ignition), vilket huvudsakligen motsvarar organiskt material) och pH_{H₂O}. För de tidigare boranalyserna, 2003 till och med 2005, användes varmt vatten för att extrahera växttillgängligt bor, vilket tyvärr gör att resultaten inte är jämförbara mellan provtagningstidpunkterna. Anledningen till att LOI och pH analyserats är att dessa kan påverka markens förmåga att binda bor.

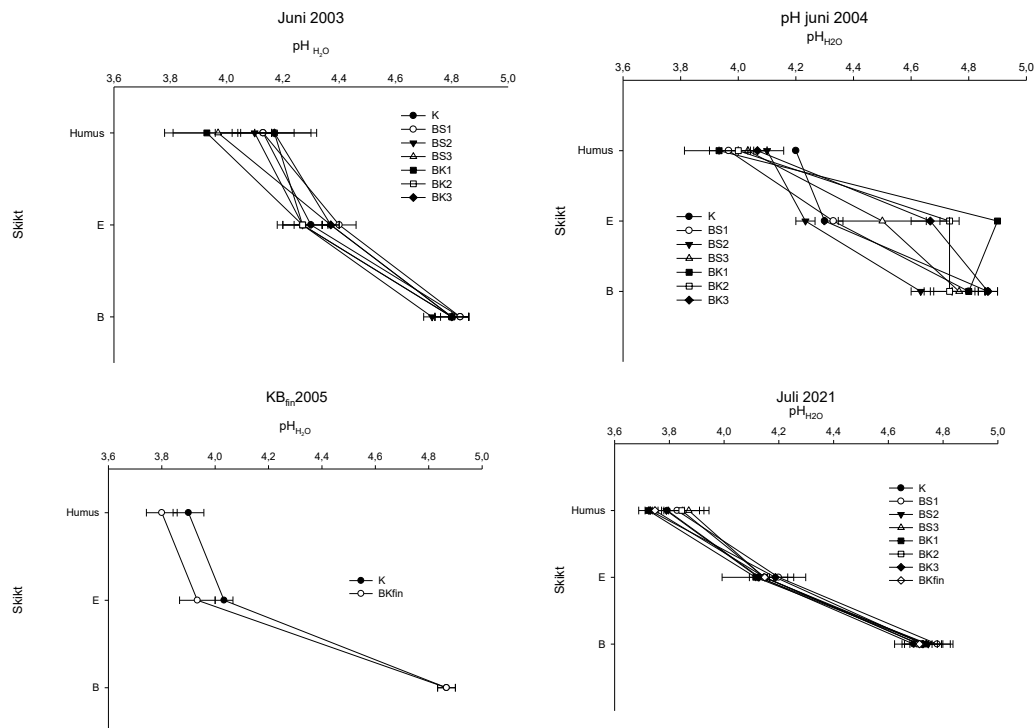
Resultat & Diskussion

I provtagningen 2021 varierade den organiska halten från ca 41 till 52 procent i humusskiktet och i E- och B-skikten från cirka 3 till 4 procent (Figur 1). Ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna kunde observeras. I de äldre analyserna ser medelhalten ut att vara något högre (Figur 1), men inte heller där fanns någon signifikant skillnad mellan behandlingarna (Rosenberg & Högbom 2005). Inte heller pH-värdet, som varierade från ca 3,8 i humusskiktet till ca 4,7 i B-skiktet, hade någon signifikant behandlingsskillnad i något markskikt 2021 (Figur 2). När det gäller tidigare analyser fanns signifikanta behandlingsskillnader avseende pH i E-skiktet ett år efter behandling (juni 2004, Figur 2) där alla tre givorna av kolemanitbor (1–3 kg per ha) gav högre värde jämfört med 1 och 2 kg borsyrabor per ha och obehandlad kontroll (Rosenberg & Högbom 2005).

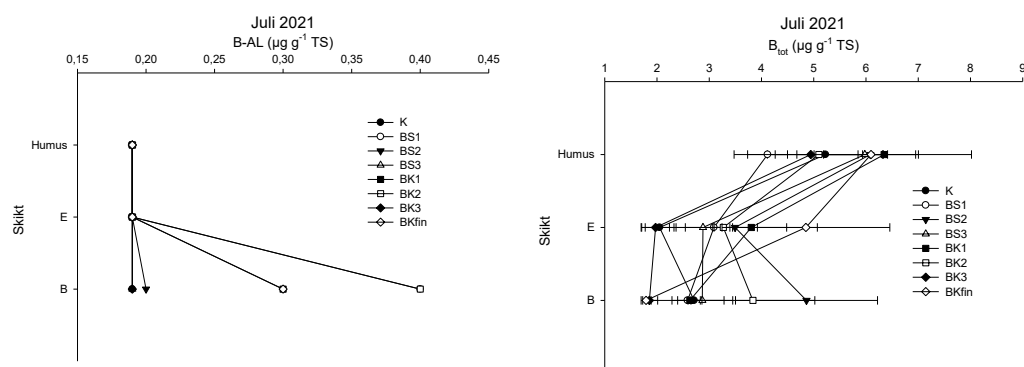
När det gäller bor så analyserades både växttillgängligt bor och totalborhalterna under 2021. Under 2021 var växttillgängligt bor huvudsakligen under detektionsgränsen $0,2 \mu\text{g g}^{-1}$, med undantag för B-skiktet, men inga signifikanta behandlingsskillnader fanns (Figur 3). För totalbor fanns de högsta halterna i humusskiktet med en medelvärdesvariation på mellan ca $4\text{--}6 \mu\text{g bor per g TS}$. I de båda underliggande skikten E och B var halterna ungefär desamma med en variation mellan $1,5$ och $5 \mu\text{g bor per g TS}$. Inte i några skikt fanns statistiskt signifikanta behandlingsskillnader (Figur 3). I de tidigare studierna analyserades endast växttillgängligt bor, och dessutom med varmt vatten som extraktionsmetod i stället för ammoniumlaktat som användes under 2021. Möjligen var varmt vatten mer effektivt för att extrahera bor, då halterna i analyserna i försöksytorna innan behandling 2003 var högre jämfört med den senaste analysen. Tre månader, samt ett år efter behandling var de växttillgängliga borhalterna i försöksytorna på ungefär samma nivå som uppmättes i humusskiktet med totalhaltsanalysen 2021, undantaget var givan med finkornig kolemanit som endast gavs i 1 kg B per ha och analyserades 2005 (Figur 3 och 4). För E och B-skikten tyder resultaten på högre halter i totalboranalysen 2021 jämfört med analysen av växttillgängligt bor 2003–2005. Troligen är detta resultat beroende av de olika analysmetoderna, enär det råder stor variation inom behandlingarna och lägre givor av bor kan ha högre medelhalt än de som erhållit större givor. Ingen korrelationsanalys mellan pH och totalhalt bor, respektive korrelation mellan organisk halt och totalhalt bor har utförts då variationerna av dessa variabler var väldigt små inom markskikten samtidigt som borhalterna hade en stor variation.



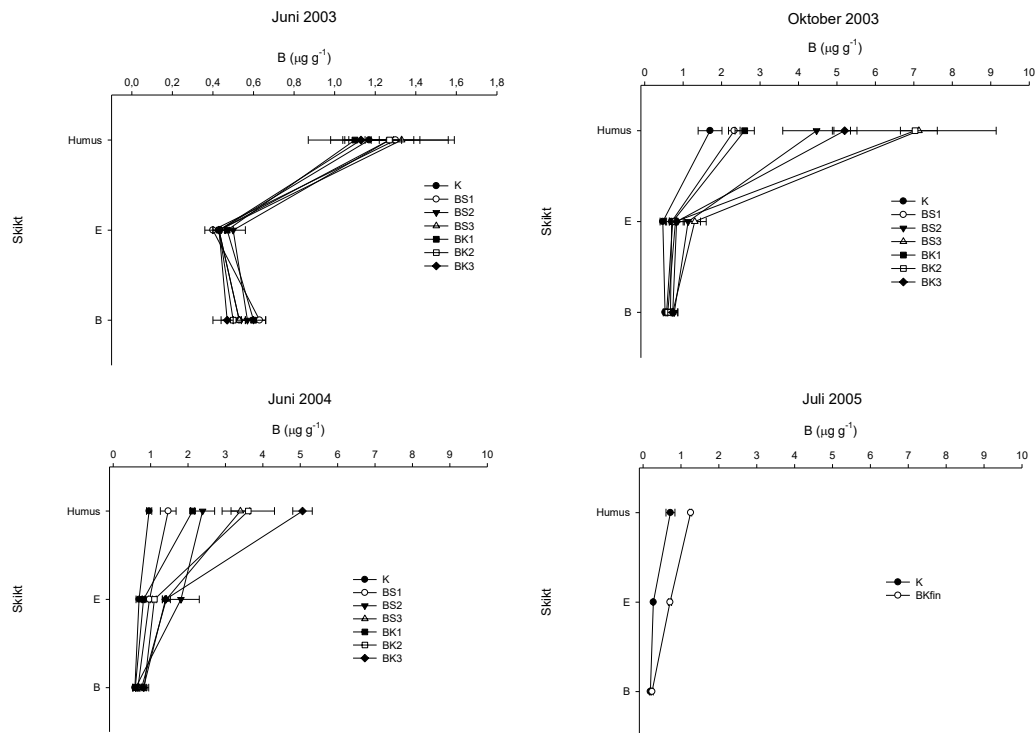
Figur 1. Medelglödförlust (LOI) i procent av torrsubstans, det vill säga uppskattning av organiskt material från första (innan behandling) till sista årets provtagningar, i tre markhorisonter: humus, utlakningsskikt (E), och anrikningsskikt (B). Det första året 2003–2004, användes obehandlad kontroll (K), Borsyra $1\text{--}3 \text{ kg B ha}^{-1}$ (BS1–BS3), Kolemanitbor $1\text{--}3 \text{ kg B ha}^{-1}$ (BK1–3), för andra året 2004–2005 ingick obehandlad kontroll (K) och finkornig kolemanitbor 1 kg B ha^{-1} (BKfin). Felstaplarna utgörs av medelfelet. Observera att skalorna skiljer något.



Figur 2. Medelvärde av pH från första (innan behandling) till sista årets provtagningar, i tre markhorisonter: humus, utlakningsskikt (E), och anrikningsskikt (B). Det första året 2003–2004, användes obehandlad kontroll (K), Borsyra 1–3 kg B ha⁻¹ (BS1–BS3), Kolemanitbor 1–3 kg B ha⁻¹ (BK1–3), för andra året 2004–2005 ingick obehandlad kontroll (K) och finkornig kolemanitbor 1 kg B ha⁻¹ (BKfin). Felstaplarna utgörs av medelfelet.



Figur 3. Medelvärde av lättillgängligt bor samt totalhalt av bor 17–18 år efter behandling, i tre markhorisonter: humus, utlakningsskikt (E), och anrikningsskikt (B). Lättillgängligt bor extraherades med ammoniumlaktat. De olika försöksleden var obehandlad kontroll (K), Borsyra 1–3 kg B ha⁻¹ (BS1–BS3), Kolemanitbor 1–3 kg B ha⁻¹ (BK1–3), för andra året 2004–2005 ingick obehandlad kontroll (K) och finkornig kolemanitbor 1 kg B ha⁻¹ (BKfin). Felstaplarna utgörs av medelfelet. Observera att skalorna är olika. Detektionsgränsen för bor var 0,2 µg g⁻¹ TS, så när denna ej nåtts har 0,19 µg g⁻¹ TS använts.



Figur 4. Medelvärde av lättillgängligt bor i material innan behandling och till ett år efter behandling i tre markhorisonter, humus, utlakningsskikt (E), och anrikningsskikt (B). Under 2003–2005 gjordes extraktionen med varmt vatten. Det första året 2003–2004, användes obehandlad kontroll (K), Borsyra 1–3 kg B ha⁻¹ (BS1-BS3), Kolemanitbor 1–3 kg B ha⁻¹ (BK1-3), för andra året 2004–2005 ingick obehandlad kontroll (K) och finkornig kolemanitbor 1 kg B ha⁻¹ (BKfin). Felstaplarna utgörs av medelfelet. Observera att skalorna skiljer mellan juni 2003 och övriga.

Slutsats

Antagandet att kolemanitbor, och då kanske främst av den grövre varianten, skulle ha högre halter lång tid efter behandling, visade sig inte stämma i den här studien. Då det inte fanns någon systematik i de nu uppmätta halterna i de olika försöksleden, så hade sannolikt behandlingseffekten upphört efter 17–18 år. Den normala tiden mellan gödslingstillfällen ligger på mellan 10–15 år, så med nuvarande kunskap hade det varit mycket intressant att även ha gjort en analys tio år efter behandlingsstart.

Referenslista

- Aronsson, A. 1984. Inverkan av mikronäringsgödsling på barrhalterna i ett ungt tallbestånd. K. Skogs- o. Lantbr.akad. tidskr. Suppl. 16:67–70.
- Högberg, K.-A. 2020. Projekt "Tillväxtstörningar hos tallplantor". Arbetsrapport 1048, Skogforsk. 27 s.
- Högbom, L. & Jacobson, S. 2002. Kväve-2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsmarksgödsling i Sverige. SkogForsk Redogörelse nr 6. 40pp.
- Jacobson, S., Högbom, L., Ring, E. & Nohrstedt, H.-Ö. 2004. Effects of wood ash dose and formulation on soil chemistry at two coniferous forest sites. Water, Air, Soil Pollut. 158:113-125.
- Kilpeläinen, J., Räisänen, M., Mehtätalo, L., Sutinen, S., Rummukainen, A., Repo, T. & Lehto, T. 2013. The longevity of Norway spruce responses to boron fertilization. For. Ecol. Manage. 307:90-100.
- Letho, T. 1995. Boron retention in limed forest mor. For. Ecol. Manage. 78:11-20.
- Möller, G. 1984. Synpunkter på mikronäringsämnen inom skogsbruket med särskild hänsyn till borsituationen. K. Skogs- o. Lantbr.akad. tidskr. Suppl. 16:41-58.
- Olykan, S.T., Adams, J.A., Nordmeyer, A.H. & McLaren, R.G. 1995. Micronutrient and macronutrient uptake by *Pinus radiata*, and soil boron fractions, as affected by added nitrogen and boron. N. Z. J. For. Sci. 25:61–72.
- Pettersson, F. 2014. Behovet av borttillförsel vid kvävegödsling av barrskog på fastmark. Arbetsrapport 846, Skogforsk. 35 s.
- Rosenberg, O. 2002. Miljöeffekter av bor i kvävegödselmedel. Arbetsrapport 508, Skogforsk. 16 s.
- Rosenberg, O. & Högbom, L. 2005. Retention av bor efter gödsling med Skog-CAN innehållande olika borformuleringar. Arbetsrapport 605, Skogforsk. 12 s.
- Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. Plant Soil 193:121-148.
- Wikner, B. 1983. Distribution and mobility of boron in forest ecosystems. Commun. Inst. For. Fenn. 116:131-141.
- Yermiyahu, U., Keren, R. & Chen, Y. 2001. Effect of composted organic matter on boron uptake by plants. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:1436–1441.