

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 605 2005

Retention av bor efter gödsling med Skog-CAN innehållande olika borformuleringar

Olle Rosenberg & Lars Högbom

Ämnesord: Bor, mark, skogsgödsling.

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Bakgrund	2
Material och metoder	3
Statistisk analys	5
Resultat	5
Borretention.....	6
Humusskiktet	6
E-skiktet	6
B-skiktet	7
Jämförelse av borsyra, kolemanit och finkornig kolemanit vid normal giva.....	8
Diskussion	9
Borretention	9
Jämförelse av borsyra, kolemanit och finkornig kolemanit vid normal giva.....	10
Tack.....	10
Referenser	10
Personligt meddelande	11

Sammanfattning

Mikronäringsämnet bor är viktigt för växternas tillväxtpunkter och brist kan leda till att träd får flera toppar och sänkt tillväxt. Detta är något som observerats efter kvävegödsling och motverkas numera genom att bor tillförs tillsammans med gödselmedlet. Bor kan tillsättas i olika former. För att undersöka hur bor kvarhålls i marken har vi studerat två preparat som använts i gödslingspreparatet Skog-CAN, ett lättlösligt (borsyra) och ett svårlösligt (kolemanit). I studien användes ursprungligen sju försöksled, i) obehandlad kontroll, ii) 1, 2 respektive 3 kg borsyrabor ha^{-1} samt iii) 1, 2 respektive 3 kg kolemanitbor ha^{-1} med tre upprepningar (block). I juni 2004 tillkom ett försöksled med 1 kg finkorning kolemanit per ha. Den minsta mängden bor (1 kg bor ha^{-1}) är den som normalt ingår i gödselmedlet Skog-CAN vid en giva på 150 kg N ha^{-1} .

Försöket etablerades i ett gödslingsvärt tallbestånd i Mellansverige. Ett år efter gödslingen fanns ingen signifikant skillnad mellan den praktiska dosen av borsyra och kolemanit i humusskiktet, däremot var medelhalten av bor 6,4 ggr högre efter tillsats av kolemanit jämfört med borsyra, undantag för finkornig kolemanit som hade likvärdiga halter som borsyra. Den högsta dosen av kolemanitbor hade efter ett år signifikant högre halter i humusskiktet jämfört med samtliga givor av borsyrabor. I E-skiktet tenderade halterna att vara högre efter borsyragivorna än motsvarande givor av kolemanit, med undantag för den finkorninga kolemaniten. Detta kan vara ett svar på den högre lösligheten för finkornig kolemanit och borsyra. I B-skiktet hade halterna ännu inte förändrats ett år efter behandling.

Ytterligare mätningar bör utföras för att följa förändringarna i borhalten under en 10-års period, d.v.s. en normal tid fram till omgödsling.

Bakgrund

Under 1970-talet upptäcktes att upprepad kvävegödsling kunde orsaka skador på trädens tillväxtpunkter med följd att träden kunde få flera toppar och att höjdtillväxten avstannade (Aronsson, 1984). Ett antal studier visade att dessa skador orsakats av brist på bor (Aronsson, 1984; Möller, 1984). En tillförsel av en liten mängd bor i samband med kvävegödsling visade sig vara ett effektivt sätt att motverka dessa störningar (Aronsson, 1984). Som säkerhetsåtgärd ingår i dag därför 0,2 % bor i det kvävegödsel (Skog-CAN) som används i skogsbruket. Vid varje gödseltillfälle sprids ca 1 kg bor ha^{-1} , vilket för en skogsgeneration innebär mellan $2\text{--}4 \text{ kg ha}^{-1}$ beroende på gödslingsregim (max 450 eller 600 kg N per skogsgeneration), i enlighet med skogsstyrelsens rekommendationer (Anon, 1991). Naturligt sker ett nedfall av bor med marint ursprung i Sverige, detta nedfall är högst i de södra delarna av landet och lägst i de inre delarna av Norrland (Wikner, 1983). Det vill säga, i de delar av landet där skogsgödsling enligt gällande föreskrifter förekommer är den naturliga förekomsten av bor lägst.

En ”normal” giva på ca 1 kg bor ha^{-1} kan till stor del adsorberas i humuslagret och utgöra en borkälla för högre växter under en längre tid (Letho, 1995). Adsorptionen av bor i marken är till stor del beroende av mängden organiskt material

(Yermiyahu, 2001) och påverkas även av markens pH (Goldberg & Glaubig, 1986; Letho & Mälkönen, 1994). 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 gödslingsgiva på 1–2 kg bor ha⁻¹ lösligt 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 lösligt bormineral som kolemanit eller ulexit skulle eventuellt kunna motverka detta (Olykan et al., 1995; Shorrocks, 1997). I Skog-CAN användes tidigare kolemanit men under ett antal år användes borsyra som är ett mycket lösligt och lätttröligt borpreparat. Under 2004 infördes åter kolemanit, dock en finkornigare variant än den gamla (Dan Malm, Yara AB pers. medd.).

Bor är ett essentiellt mikronäringsämne med liten skillnad mellan brist och förgiftning. Enligt Eriksson m.fl. (1981) kan markhalter över 5 ppm vattenlösligt bor ge skador på björk. I högre halter används bor som fungicid mot bl.a. rotröta (t.ex. Thor m.fl., 1997). Halter i humusskiktet runt stubbarna kan efter Timborbehandling ligga mellan 70–560 ppm (Westlund & Nohrstedt, 2000).

Inom ramen för projektet Kväve-2002 (Högbom & Jacobson, 2002) gjordes en litteraturgenomgång med avseende på miljöeffekter till följd av det bor som ingår i Skog-CAN (Rosenberg, 2002). I delrapporten identifierades en kunskapslucka – var den borsyra som ingick i Skog-CAN verkligen kvar i marken under tillräckligt lång tid för att vara till gagn för träden fram till tidpunkten för en eventuell omgödning? Syftet med den nu aktuella studien var att undersöka skillnader i retentionen av bor i marken mellan det lösliga preparatet borsyra och det mindre lösliga mineralet kolemanit. Detta för att undersöka vilket av dessa preparat som är mest lämplig för användning vid skogsgödning där eventuella omgödningar vanligen sker med ca 10–15 års intervall. Ett preparat med kort retentionstid kan eventuellt ge upphov till borbrist innan omgödslingen, och således orsaka en betydligt lägre tillväxteffekt av N-gödslingen än den förväntade.

Material och metoder

Vi har i fältförsök studerat retentionen av två olika borpreparat (borsyra och kolemanit (grovkorning och finkornig)). Försöket anlades på en lokal med ett ur alla aspekter gödslingsvärt tallbestånd i Mellansverige där gödsling kan förekomma enligt Skogsstyrelsens rekommendationer (Anon., 1991) och med en låg naturlig tillförsel av bor. I tabell 1 redovisas beståndsdata från ett angränsande försök anlagt inom samma bestånd.

Tabell 1.

Plats- och beståndsdata över den studerade lokalen 1995. Tabellen bygger på data från Jacobson m.fl. (2004), och Alexandersson m.fl. (1991) för klimatdata.

Latitud och Longitud	59°48' N: 15°32' E
Höjd över havet (m)	135
Årsmedeltemperatur (°C)	3,9
Nederbörd (mm år ⁻¹)	730
Jordmån	Podsol
Jordart	Sandsediment
Trädart	Tall (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
Bonitet (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹)	5,9
Beståndsålder (år)	50
Medelhöjd (m)	16
Stående stamvolym (m ³ ha ⁻¹)	150

Försöket designades som ett randomiserat blockförsök med tre upprepningar och sju försöksled: Obehandlad kontroll (K), 1, 2 respektive 3 kg borsyrabor ha⁻¹, vilka förkortades BB1, BB2 och BB3 samt 1, 2 respektive 3 kg kolemanitbor ha⁻¹ vilka förkortades KB1, KB2 och KB3. Under 2004 tillkom ett försöksled med finkornig kolemanit (KBfin) på uppdrag av Yara AB, Landskrona, då detta medel börjat användas som borkälla vid tillverkningen av Skog-CAN. Den minsta mängden bor som testades (1 kg bor ha⁻¹) är den som normalt ingår i gödselmedlet Skog-CAN. För att komma upp i de högre halterna tillsattes borsyra och kolemanit för att motsvara 2 respektive 3 kg bor ha⁻¹, den tillförda mängden Skog-CAN var dock konstant.

Kolemaniten kommer från samma parti som används vid tillverkningen av gödselmedlet. Tillsammans med den mängd som finns i Skog-CAN blev halterna totalt 2 respektive 3 kg bor ha⁻¹. Från varje provyta (3 × 3 m) togs 3 prover med 10 × 10 cm provram (i det tillkomna försöksledet togs 5 prover med 50 mm borr i varje parcell) varefter proven delades upp i tre skikt, Humus, 10 cm mineraljord uppdelat i utlakningsskikt (E) och anrikningsskikt (B). Anledningen till denna uppdelning i skikt snarare än cm är att bor kan binda till de Fe- och Al-oxider som ansamlats i B-skiktet. Proverna från varje parcell slogs skiktvis ihop till ett generalprov som representerade provytan. De analyser som gjorts var: extraherbara mängder bor (extraktion i varmt vatten, vilket ger ett ungefärligt mått på växttillgängligt bor (Wear och Patterson, 1965), glödförlust (LOI) för att uppskatta halten organiskt material och pH_(H₂O).

Markprovtagningarna utfördes vid tre tillfällen, en gång innan tillförseln av kvävegödsel och bor (juni 2003), en gång ca tre månader efter behandlingen (september 2003) och ytterligare en gång ett år efter behandlingen (juni 2004). För det tillkomna försöksledet utfördes markprovtagningarna i juni 2004 och i början av juli 2005 (både av kontroll och av finkolemanityorna).

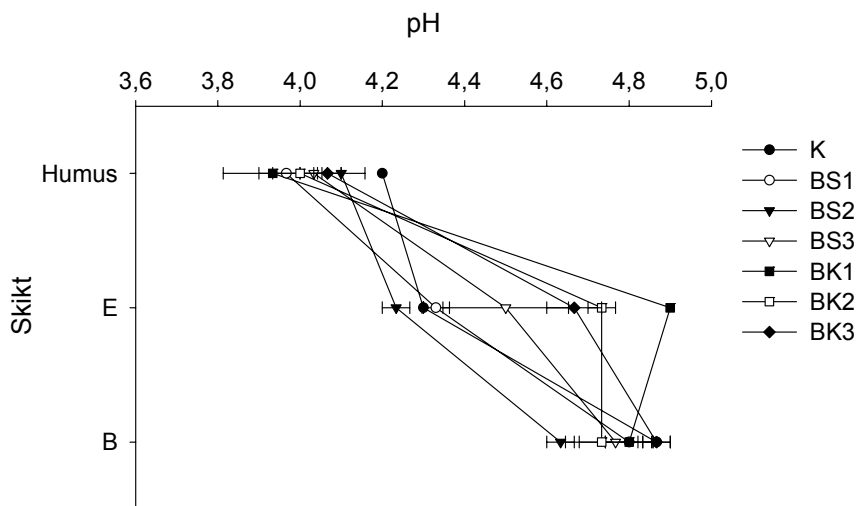
STATISTISK ANALYS

För den statistiska analysen subtraherades bakgrundshalterna (halter innan gödsling) ifrån halterna uppmätta efter gödslingen för att ta hänsyn till skillnader i bakgrundsvärden. Jämförelsen mellan de olika försöksleden gjordes alltså av förändringen i försöksytorna efter behandlingen. Då det nya försöksledet KBfin skall jämföras med BB1 och KB1 som provtogs ett år tidigare subtraherades kontrollvärdena från behandlingsvärdena så att behandlingsskillnaderna blir jämförbara (borhalterna varierar naturligt mellan år).

I den statistiska analysen användes en linjär modell (GLM) med Tukey's kompenstation för multipla jämförelser (SAS, 1997). Behov av transformering kontrollerades med hjälp av Shapiro-Wilks test, skevhet, kurtosis och visuellt med normalfördelningsfigur. Separat analys gjordes för jämförelse av BB1, KB1 och KBfin. För att testa samband mellan organisk halt, pH och borhalt användes Pearson-korrelation (SAS, 1997).

Resultat

Inga signifikanta skillnader i organisk halt kunde observeras mellan de olika behandlingarna. Medelhalterna av organiskt material ett år efter gödsling varierade mellan 50,4 – 59,0 % i humusskiktet, mellan 3,1 – 4,1 % i E-skiktet och mellan 3,5 – 3,9 % i B-skiktet. Generellt fanns ingen korrelation mellan organisk halt och borhalt eller mellan pH och borhalt, med undantag för organisk halt och borhalt i B-skiktet ($p < 0,05$). E-horisonten hade ett år efter gödsling och borapplicering signifikant högre pH-värden i KB1, KB2 och KB3 jämfört med K, BB1 samt BB2 ($p < 0,05$) (figur 1). Försöksledet KB1 hade dessutom signifikant högre pH-värde jämfört med BB3 ($p < 0,05$).



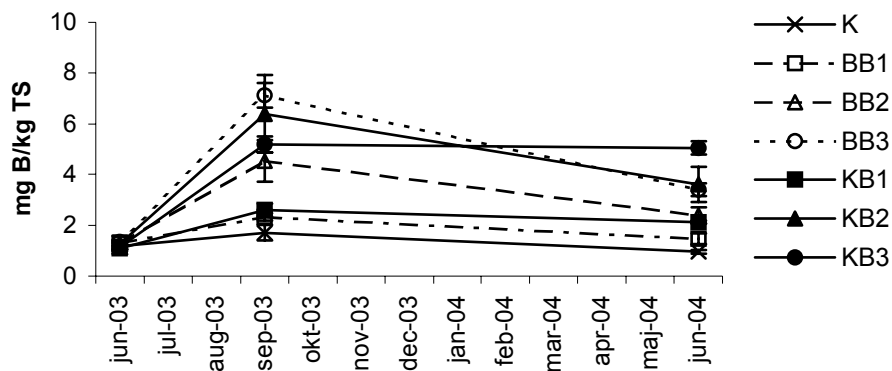
Figur 1.

Medelvärde och medelfel ($n = 3$) av pH i de olika provtagna markskikten ett år efter gödsling (juni 2004). De sju olika försöksleden var obehandlad kontroll (K), Skog-CAN med 1 kg borsyra ha^{-1} (BB1) (vid normal gödselgiva på $500 \text{ kg Skog-CAN ha}^{-1}$), med 2 kg borsyra ha^{-1} (BB2), med 3 kg borsyra ha^{-1} (BB3), med Skog-CAN innehållande 1 kg kolemanitbor ha^{-1} (KB1), 2 kg kolemanitbor ha^{-1} (KB2) samt 3 kg kolemanitbor ha^{-1} (KB3).

Borretention

HUMUSSKIKTET

Tre månader efter gödning ökade borhalten till maximalt 8 mg bor per kg TS där BB3 hade det högsta medelvärdet och var signifikant skild från K, BS1 och KB1 ($p < 0,01$) (figur 2). Även KB2 hade signifikant högre borhalter jämfört med K, BB1 och KB1 ($p < 0,05$). KB3 hade signifikant högre halter jämfört med K ($p < 0,05$). Analyserna ett år efter gödning visade att borhalterna i humusskiktet fortfarande var signifikant skilda mellan de olika försöksleden. Halterna i BK3 ledet var signifikant högre än alla andra försöksled ($p < 0,03$) med undantag för BK2. Oavsett borkälla gav de normala givorna 1 kg bor ha⁻¹ inte upphov till några signifikanta skillnader jämfört med kontrollen (eller mellan varandra). Ett år efter gödning visade de tre KB-givorna en tendens till högre medelvärden än motsvarande givor med BB.

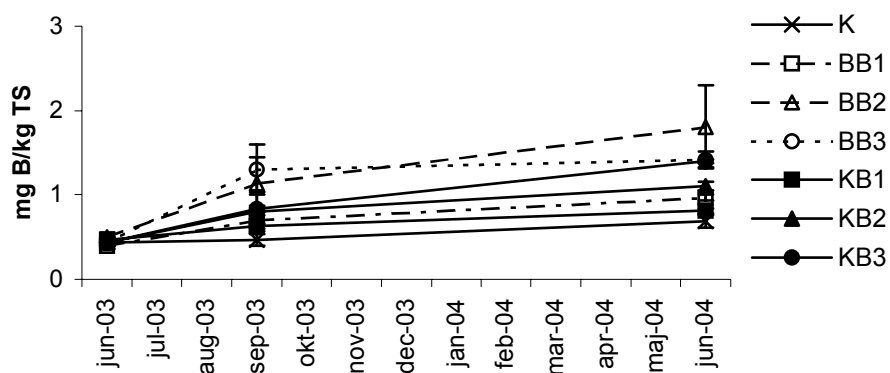


Figur 2.

Medelvärde och standardfel ($n = 3$) av borhalter i humusskiktet vid tre olika provtagningstidpunkter. Första provtagningstillfället juni 2003 utfördes precis innan gödning. De sju olika försöksleden var obehandlad kontroll (K), Skog-CAN med 1 kg borsyra ha⁻¹ (BB1) (vid normal gödselgiva på 500 kg Skog-CAN/ha), med 2 kg borsyra/ha (BB2), med 3 kg borsyra ha⁻¹ (BB3), med Skog-CAN innehållande 1 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB1), 2 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB2) samt 3 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB3).

E-SKIKTET

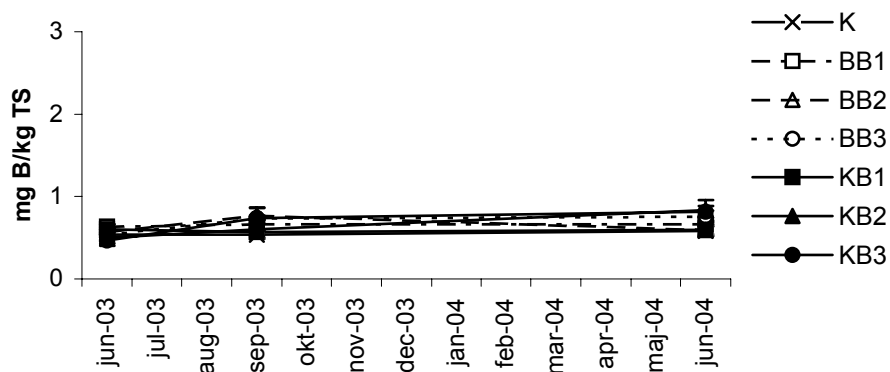
Provtagningen tre månader efter gödningen visade att BB3 hade signifikant högre borhalt jämfört med K och KB1 ($p < 0,05$) (figur 3). Ett år efter gödningen fanns den högsta medelhalten i BB2 och var signifikant högre jämfört med medelvärdena för K och KB1 ($p < 0,05$).



Figur 3.
Medelvärde och standardfel (n=3) av borhalter i E-skiktet (vid tre olika provtagningstidpunkter). Första provtagningstillfället juni 2003 utfördes precis innan gödsling. De sju olika försöksleden var obehandlad kontroll (K), Skog-CAN med 1 kg borsyra ha⁻¹ (BB1) (vid normal gödselgiva på 500 kg Skog-CAN/ha), med 2 kg borsyra/ha (BB2), med 3 kg borsyra ha⁻¹ (BB3), med Skog-CAN innehållande 1 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB1), 2 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB2) samt 3 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB3).

B-SKIKTET

Inte någon av provtagningarna efter gödslingen visade någon signifikant behandlingsskillnad i borhalt i detta skikt (figur 4).



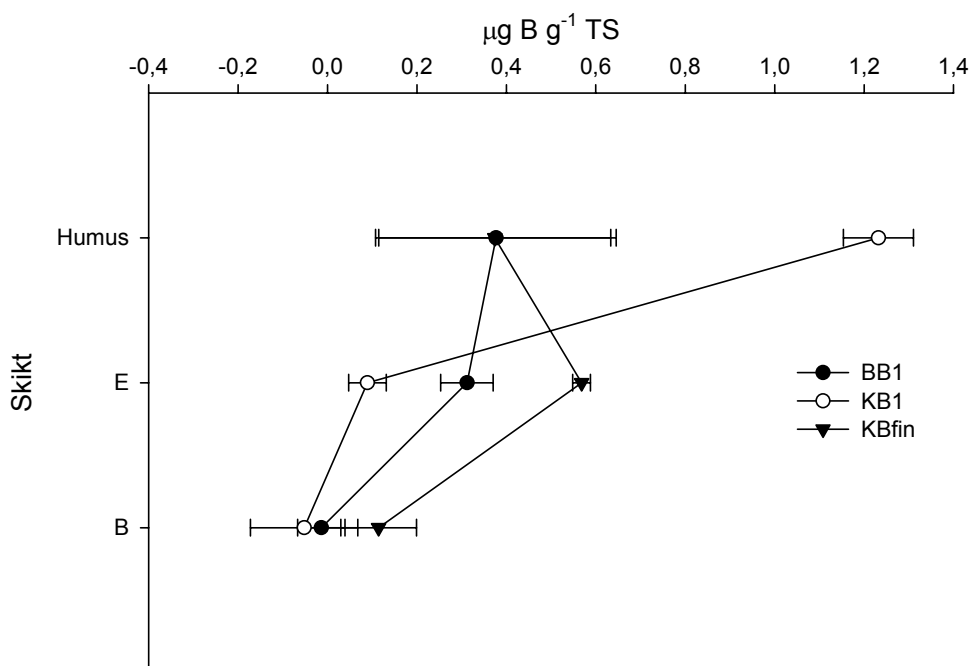
Figur 4.
Medelvärde och standardfel (n = 3) av borhalter i B-skiktet vid tre olika provtagningstidpunkter. Första provtagningstillfället juni 2003 utfördes precis innan gödsling. De sju olika försöksleden var obehandlad kontroll (K), Skog-CAN med 1 kg borsyra ha⁻¹ (BB1) (vid normal gödselgiva på 500 kg Skog-CAN/ha), med 2 kg borsyra/ha (BB2), med 3 kg borsyra ha⁻¹ (BB3), med Skog-CAN innehållande 1 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB1), 2 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB2) samt 3 kg kolemanitbor ha⁻¹ (KB3).

JÄMFÖRELSE AV BORSYRA, KOLEMANIT OCH FINKORNIG KOLEMANIT VID NORMAL GIVA

I humusskiktet fanns inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna ($p > 0,05$) däremot tenderar borhalterna att vara högre i KB1 ett år efter gödsling (figur 5).

I E-skiktet var borhalterna ett år efter gödsling signifikant skilda från varandra ($p < 0,01$) med de högsta halterna uppmätta i KBfin. De lägsta halterna fanns i KB-ytorna (figur 5).

I B-skiktet fanns inga signifikanta skillnader mellan behandlingarna, men de högsta medelvärdena uppmättes i KBfin-ytorna (figur 5).



Figur 5.

Förändringar av medelvärdena av bor ($\mu\text{g B g}^{-1} \text{TS}$). Värdena är till att börja med justerade för bakgrundshalterna och därefter har halterna i kontrollytorna dragits av så att man endast ser förändringen i halter efter gödsling med kvävegödselmedel innehållande borsyra (BB1), kolemanit (KB1) och finmald kolemanit (KBfin). Analyser på BB1 och KB1 gjordes 2004 och analyser på KBfin gjordes 2005. Felstaplarna utgörs av medelfelet ($n = 3$).

Diskussion

I den här studien fanns endast samband mellan halten organiskt material och borhalt i B-skiktet. I andra undersökningar har halten organiskt material visat sig vara viktig för borretentionen (jfr. Letho, 1995; Yermiyahu, 2001). I vår undersökning varierade halten organiskt material inte speciellt mycket inom skikten, men att den lilla variationen som fanns i B-skiktet med minst organiskt material tydligen hade stor betydelse. Något som talar för att organiskt material verkligen är viktigt för borretentionen är det borhalten betydligt högre i humusskiktet jämfört med mineraljorden. Ingen koppling mellan pH och borretentionen kunde upptäckas. I en studie av Letho (1995) där endast en liten variation i halt av organiskt material fanns, ökade boradsorptionen linjärt med pH mellan 3,5 – 5,9. Detta pH-intervall är densamma som i den aktuella studien. Det är oklart varför inte boradsorptionen förhöll sig på samma vis i den här studien. Det är också oklart varför pH-värdena i de kolemanitbehandlade ytorna hade högre pH-värde i E-skiktet ett år efter behandling jämfört med kontrolytorna och de borsyrabehandlade ytorna.

BORRETENTION

Hypotesen innan försöket var att bor från ett lättlösligt borpreparat borde lakas ut från markens övre skikt betydligt snabbare än från ett mer svårlösligt preparat. Detta skulle kunna innebära att borbrist uppstår innan omgödning sker efter ca 10 år. Gödning med ett svårlösligt borpreparat borde däremot innebära en långsiktigt högre borhalt.

Efter tre månader var medelhalterna i humusskiktet jämförbara mellan de olika borpreparaten inom respektive giva med undantag för KB2 vilken hade ett mycket högre värde. Detta skulle kunna bero på att någon kolemanitgranul som inte upplösts ordentligt kom med i provet. Den högsta BB-givan, 3 kg bor ha⁻¹, kan ha givit en för växterna toxisk markhalt (jfr. Eriksson m.fl., 1981) tre månader efter gödning. Något som visar på en högre löslighet för BB-preparaten är att borhalten i E-skiktet tre månader efter gödningen hade dubbelt så höga medelvärden efter att BB tillförts jämfört med då KB tillförts. Att borhalten i humusskiktet var i samma storleksordning för respektive giva kan bero på att KB-preparatet inte lösts upp i samma omfattning som BB-preparatet.

Ett år efter gödningen var medelvärdena i humusskiktet för alla KB-givorna högre än motsvarande BB-giva (6,4 ggr högre efter normal giva) om än inte signifikant mellan alla försöksled. I E-skiktet fanns fortfarande en tendens till högre medelhalter efter BB-tillförelse, med undantag för den högsta givan där halterna var jämförbara. Även om inte signifikanta skillnader kunde uppmätas mellan alla försöksled tyder resultaten på att retentionstiden är längre för KB-preparat jämfört med BB-preparat. Detta stärks av att borhalten tenderar att minska mer i humusskiktet i BB-försöksleden jämfört med KB-försöksleden medan det motsatta händer i E-skiktet.

Det har troligen förflutit allt för kort tid för att någon effekt skall vara synlig i B-skiktet. Det kan också vara så att det bor som binds till Fe- och Al-oxider inte är växttillgängliga varför andra extraktionsmetoder behöver användas för att ta reda på totalhalterna av bor. I humusskiktet skulle det vara bra med två andra extraktionsmetoder, dels för att få reda på hur mycket bor som är bundet i en för växterna otillgänglig form och dels en extraktion (totalanalys) för att få svar på om det fortfarande kan finnas granuler med kolemanit som inte lösts upp ordentligt. En totalhaltsanalys kan också ge en fingervisning om hur länge kolemanit kan förse marken och därmed växterna med bor.

JÄMFÖRELSE AV BORSYRA, KOLEMANIT OCH FINKORNIG KOLEMANIT VID NORMAL GIVA

Vi förväntade att den lättlösliga borsyran skulle ”läcka” genom marken snabbast, vilket konfirmerades av våra resultat (figur 5). Tendensen till högre borhalt i humusskiktet för KB1 medan halterna av B är högre i E-skiktet för både BB1 och KBfin beror på att lösligheten för KB är så pass långsam att väldigt lite bor transporterats till mineraljorden ett år efter gödsling (jfr. Olykan m.fl. 1995; Shorrocks, 1997). I en jämförelse mellan BB1 och KBfin finner man högre borhalter i E-skiktet (och tendens till högre halt i B-skiktet) i KBfin-ytorna, vilket troligen beror på att bor från BB1 redan passerat dessa skikt.

Sammanfattningsvis kan sägas att resultaten tyder på att kolemanit kan förse växterna med bor under längre tid än borsyra och att grovkornig kolemanit löses upp långsammare än den finkorniga varianten. Framtida studier får visa om kolemanit kan förse träden med bor i tillräcklig mängd.

Tack

Ett varmt tack till stiftelsen Svensk växtnäringsforskning och Yara AB för finansiellt stöd till projektet

Referenser

- Alexandersson, H., Karlström, C. & Larsson-McCann, S. 1991. Temperature and precipitation in Sweden 1961–1990, Reference normals. Meteorologi 81. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping.
- Anon. 1991. Skogsstyrelsens allmänna råd till ledning för användning av kvävegödselmedel på skogsmark. Skogsstyrelsen SKSFS 1991:2, Jönköping. 4 s.
- Aronsson, A. 1984. Inverkan av mikronäringsgödsling på barrhalterna i ett ungt tallbestånd. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift. Suppl. 16:67–70.
- Eriksson, J., Bergholm, J. & Kvist, K. 1981. Injury to vegetation caused by industrial emissions of boron compounds. *Silva Fennica* 15:459–464.
- Goldberg, S. & Glaubig, R.A. 1986. Boron adsorption on California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1173–1176.
- Högbom, L. & Jacobson, S. 2002. Kväve-2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsmarksgödsling i Sverige. Skogforsk Redogörelse nr 6. 40 s.

- Jacobson, J., 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.
- Letho, T. & Mälkönen, E. 1994. Effects of liming and boron fertilization on boron uptake of *Picea abies*. *Plant and Soil* 163:55–64.
- 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. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift. 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.
- Rosenberg, O. 2002. Miljöeffekter av bor i kvävegödselmedel. Skogforsk Arbetsrapport 508, Uppsala. 16 s.
- SAS Institute Inc.: 1997. 'SAS/STAT[®] User's Guide, Version 8', SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA, 3884 pp.
- Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant Soil* 193:121–148.
- Thor, M., Nohrstedt, H.-Ö. & Weslien, J. 1997. Möjliga miljöeffekter av stubb-behandling med TimBor, Rotstop (pergamentsvamp) och urea – en litteraturstudie. (Skogforsk, Arbetsrapport nr 351), Uppsala. 46 s.
- Wear, J.I. & Patterson, R.M. 1965. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26:344–346.
- Westlund, A. & Nohrstedt, H.-Ö. 2000. Effects of stump-treatment substances for root-rot control on ground vegetation and soil properties in a *Picea abies* forest in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 15:550–560.
- 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.

Personligt meddelande

Malm, Dan., Yara AB, Landskrona, Sverige.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2004

2004

- Nr 562 Brander, M. & Eriksson, D. 2004. Delautomatisering av kranfunktioner på engreppsskördare. 92 s.
- Nr 563 Ahlsén, B. 2004. Styrdon för automatiserad kranstyrning. 78 s.
- Nr 564 Eriksson, B., Rosvall, O. & Wennström, U. 2004. Förädlat frö vid skogssådd. 20 s.
- Nr 565 Johansson, L. Svensk Maskinprovning, Hallonborg, U. & Granlund, P. Skogforsk. 2004. Riktning och hastighet hos kedjeskott. 16 s.
- Nr 566 Bergkvist, I., Johansson, F. & Glöde, D. 2004. Tredje generationens röjningsteknik – Maskinell röjning i stråk kombinerat med motormanuell mellanansröjning. 27 s.
- Nr 567 Skutin, S-G. 2004. Överföring av FoU-resultat till praktisk tillämpning. 28 s.
- Nr 568 Johan Sonesson, Curt Almqvist, Bengt Andersson, Tore Ericsson, Bo Karlsson, Lars-Göran Stener, Johan Westin. 2004. Lägesrapport 2003-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
- Nr 569 Wilhelmsson, L. & Moberg L. 2004. Viktsutredning – Råvolymvikter. Prognos för medelvärden och spridningsmått med hjälp av beräkningsmodeller och vägning vid mätstationer. 35 s.
- Nr 570 Glöde, D. & Bergström, R. 2004. Intäktsförluster på grund av älgbetning av tall i Sverige. 30 s.
- Nr 571 Stener, L-G. 2004. Resultat från sydsvenska klontester med poppel. 27 s.
- Nr 572 Hallonborg, U. 2004. Aggregatutveckling. 10 s.
- Nr 573 Brander, M. & Nordén B. 2004. Utvärdering av automatfunktioner på engreppsskördare med en professionell skördarförare. 25 s.
- Nr 574 Rosvall, O., Bergström, R., Jacobson, S., Pettersson, F., Rosén, K., Thor, M. & Weslien, J.-O. 2004. Ökad produktion i Familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder. 94 s.
- Nr 575 Hannrup, B. 2004. Funktioner för skattning av barkens tjocklek hos tall och gran vid avverkning med skördare. 34 s.
- Nr 576 Eriksson, B. & Sundblad, L.-G. 2004. Föryngring före slutavverkning – ungskogar till låg kostnad. 14 s.
- Nr 577 Andersson, M. 2004. Simulering av dimensionsmätare för skördare 16 s.
- Nr 578 Sikström, U., Persson, T., Högbom, L., Rosenberg, O., Lundström, H. & Nordlund, S. 2004. N retention after N addition in four experimental stands of Norway spruce in southern Sweden – Site description and base-line data for an experimental series in southern Sweden. 26 s.
- Nr 579 Almqvist, C. 2004. Effekter av förband och ymphöjd på den tidiga produktionen av kott, frö och pollen i fröplantager av tall. – Resultat från modellfröplantagen Drögsnäs åren 1996–2003. 26 s.
- Nr 580 Eriksson, B. 2004. Morgondagens skogsvård. 29 s.
- Nr 581 Rytter, L. 2004. Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke – Slutrapport 2004 för energimyndighetens projekt P12705. 31 s.
- Nr 582 Granlund, P. 2004. Med CTI minskar vibrationerna på rundvirkesbilar. 6 s.
- Nr 583 Brunberg, T., Granlund, P. & Nordén, B. 2004. Bränslemätningar på skotare och skördare. 12 s.
- Nr 584 Hallonborg, U. 2004. Skotning med grova mellanstöttor i breda lastutrymmen. 10 s.
- Nr 585 Sondell, J., Moberg, L. & Möller, J. J. 2004. Praktiskt prov med automatisk friskkvistaptering 2003–2004. 7 s.

2005

- Nr 586 Hallonborg, U., Nordén, B. & Lundström, H. 2005. Ponsse Dual Buffalo i slutavverkning. 12 s.
- Nr 587 Löfroth, C., Ekstrand, M & Rådström, L. 2005. Konsekvenser för skogsnäringen av Skatt på väg (SOU 2004:63). 44 s.
- Nr 588 Bergkvist, I. & Nordén, B. Geometrisk röjning i stråk 2005. Maskinstudier av tre maskinkoncept i stråkröjning 15 s.
- Nr 589 Sikström, U. & Pettersson, f. 2005. Föryngring av gran under högskärm – avgångar i skärmen, plantförekomst och planttillväxt. 105 s.
- Nr 590 Wilhelmsson, L. 2005. Characterisation of stem, wood and fiber properties – industrial relevance. 29 s.
- Nr 591 Moberg, L., Hannrup, B. & Norell, L. 2005. Models of stem taper and cross-sectional eccentricity for Norway spruce and Scots pine. 12 s.
- Nr 592 Sonesson, J., Almqvist, C., Ericsson, T., Karlsson, B., Persson, T., Stener, L.-G. & Westin, Johan. 2005. Lägesrapport. 22 s.
- Nr 593 Erikssohn, P. & Oscarsson, M. 2005. Automatisk sortering med engreppsskördare vid slutavverkning. 92 s.
- Nr 594 Egermark, T. 2005. Kranpetsstyrning – En jämförande utvärdering av kranstyrning för skogsmaskiner utförd i simulator. 85 s.
- Nr 595 Ekstrand, M., Löfroth, C. & Andersson G. 2005. Fördjupad analys av utredningen om konsekvenser för skogsnäringen av Skatt på väg (SOU 2004:63). 47 s.
- Nr 596 Ekstrand, M. & Skutin, S.-G. 2005. Processkartläggning av transportledning och transporter – Fallstudie hos Stora Enso, Skogsåarna, VSV och Sydved. 54 s.
- Nr 597 von Hofsten, H., Lundström, H., Nordén, B. & Thor M. 2005. System för uttag av skogsbränsle – analyser av sju slutavverkningssystem och fyra gallringssystem. 34 s.
- Nr 598 Bergkvist, Isabelle. 2005. Upparbetning av stormskadad skog – Beskrivning och analys av de dominerande maskinsystemen. 15 s.
- Nr 599 Löfgren, B. 2005. Head-up-display i engreppsskördare. 70 s.
- Nr 600 Ekstrand, M. 2005. Inställning av vägvalskomponent i TVE. 40 s.
- Nr 601 Granlund, P. & Thor M. 2005. Vibrationsmätningar på drivare och skotare. 9 s.
- Nr 602 Jonsson, M. 2005. Kartläggning av dubbskador. 29 s.
- Nr 603 Almqvist C., Stener, L.G. & Karlsson H. L. 2005. Skogsträdförädlingens databas Fritid – Definitioner, tabellstruktur och manualer. 54 s
- Nr 604 Sondell J. Märkning av timmer för automatisk avläsning vid sågen. 6 s.
- Nr 605 Rosenberg, O. & Högbom L. 2005. Retention av bor efter gödning med Skog-CAN innehållande olika borformuleringar. 12 s.
- Nr 606 Nordén, B., Lundström, H. & Thor M. 2005. Kombimaskin jämfört med tvåmaskinsystem. Tidsstudier av Ponsse Dual, Ponsse Beaver och Ponsse Buffalo hos SCA Skog AB. 10 s.
- Nr 607 Granlund, P., Eliasson, T. & Alzubaidi, H. 2005. CTI – Studieresa 050907-20.