

SLU
Område Hortikultur
Fakulteten för Landskapsplanering,
Trädgårds- och Jordbruksvetenskap
Alnarp

**Slutrapport för projektet H0556126:
Växtnäringens inverkan på utvecklingen av knoppvila och stresstolerans i vedartade växter**

I. Bakgrund

Vikten av ökade kunskaper om plantskoleväxters produktion och kvalitet belyses tydligt i Statens Jordbruksverks föreskrifter om plantskoleväxter. Föreskrifterna säger: "Plantskoleväxter skall ha en för arten eller sorten normal utveckling, vara väl avmognade och i god fysiologisk kondition" (SJVFS, 2002). Mer kunskap är också viktig för att öka konkurrenskraften hos svenska plantskoleföretag och för att öka etableringssäkerheten vid etablering i offentlig miljö, vilket i förlängningen bidrar till en förbättrad måluppfyllelse för förvaltare av offentlig utemiljö.

Ett tidigare forskningsprogram studerade två specifika kulturåtgärder som används i produktion av barrotsodlade plantskoleväxter, upptagningstidpunkten på hösten och kyllagring (Lindqvist 1998, 2000, 2001; Lindqvist & Bornman, 2002; Lindqvist & Asp, 2002). Under arbetets gång stod det klart att ytterligare parametrar behövde studeras för att förbättra möjligheten till att skapa odlingssystem som producerar växter med god näringsstatus och som är väl avmognade. Vi prioriterar nu att undersöka växtnäringens betydelse för vedartade växters förmåga att utveckla knoppvila och stresstolerans.

Svenska plantskolor ger växtnäring till sina frilandskulturer under första hälften av vegetationsperioden. Detta är en strategi som är baserad på praktisk erfarenhet och är vetenskapligt obekräftad (Rudin, 1999). Orsaken är en oro för att tillförsel senare ska senarelägga avmognaden, dvs. fördröja utvecklingen av knoppvila och försena utvecklingen av hårdighet. Samtidigt är det viktigt att plantorna har ett högt näringsinnehåll vid upptagningen på hösten. Klein *et al.* (1989) och Birchler *et al.* (2001) har visat på att högt näringsinnehåll i form av kväveföreningar och kolhydrater är viktiga för växters överlevnad och etablering efter den slutgiltiga planteringen för *Picea rubens* respektive *Pseudotsuga menziesii*.

Samtidigt är risken för kväveläckage uppenbar, vilket är ett av de stora globala miljöproblemen där mänsklig aktivitet har negativt påverkat och påverkar sjöar och hav (Rockström *et al.*, 2009). Plantskolorna är medvetna om att deras gödslingsstrategi kan orsaka växtnäringsläckage och har därför, i egen regi genom deras egen utvecklingsverksamhet (GRO plantskolors UFP-grupp), gjort en lång serie försök med att minska gödselmängden och har sett att tillväxten inte nämnvärt minskar vid lägre gödselgivor (Rudin, 2001). Men om detta beror på att andra faktorer begränsar, t.ex. temperatur och nederbörd, och att det blir större läckage vid högre gödselgivor eller vad det beror på är inte klarlagt.

Material och metoder

Försöksupplägg

Sammanlagt har tre biotronförsök och ett fältförsök utförts i projektet. Växtmaterialet har varit i samtliga försök mikroförökad björk, *Betula pendula* Roth. B14, 'Splendor White'. I det andra biotronförsöket ingick också sticklingsförökad blå järnek, *Ilex x meserveae* 'Blue Princess'.

De mikroförökade björkarna sattes på sträckningstillväxt på WPM (Woody Plant Medium) baserat medium (Lloyd and McCown, 1980), med tillskott av 0,5 mg/l BAP och 0,001 mg/l NAA, under fyra veckor i odlingskammare vid 22°C. Plantorna överfördes därefter till ett rotningssubstrat, bestående av torv och perlite (1:1 vol), och rotades under fyra veckor i växthus vid 18°C ± 2°C. Slutligen planterades plantorna i tre liters roskrutor i en substratblandning bestående av kalkad ogödslad torv och silversand (1:1 vol)

Sticklingar från 6åriga moderplantor av blå järnek stacks i torv/perlite substrat (1:1 vol) och rotades i dimkammare vid 20°C ± 2°C i sex veckor. Därefter överfördes de rotade järneksplantorna till likadana krutor och substrat som björkarna.

I de två första biotronförsöken placerades de krukade plantorna på vagnar med fat under kruckorna för att undvika näringsförluster. I tre slumpvis utvalda kruckor av varje behandling och art stacks tre lysimeterrör ner för insamling av substratvätska. I det första försöket ingick björk och i det andra ingick björk och järnek. Växtnäring gavs i form av Yara 11-5-18, kalksalpeter och PK 7-25. Alla behandlingar fick samma mängd kväve, där behandling 1 fick all växtnäring under första halvan av vegetationsperioden, vid tre tillfällen, medan behandling 2 och 3 fick vid sex olika tillfällen under hela vegetationsperioden. Behandling 3 fick också ett tillägg av PK gödselmedel vid de två sista tillfällena. Gödslingsregimerna visas i tabell 1. Plantorna placerades i odlingskammare i biotronen med 16 timmars dagslängd, temperatur på 20°C dag och 15°C natt och en ljusintensitet på 300 µmol/m²s. Den artificiella vegetationsperioden var 12 veckor.

Tabell 1

Dagar i försöket	Behandling 1		Behandling 2		Behandling 3		
	NPK *	Kalksalp.*	NPK*	Kalksalp.*	NPK*	Kalksalp.*	PK *
1	1,8		0,3	0,2	0,3	0,2	
16			0,3	0,2	0,3	0,2	
23		0,3					
30			0,3	0,1	0,3	0,1	
44		0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	
58			0,3		0,3		0,33
72			0,3		0,3		0,33

* Växtnäringen gavs i gram per kruk som toppgödsling

I det sista biotronförsöket planterades björkplantorna i två och två i odlingskärl av metall, där överskottsvätska kunde sugas upp. Behållarna placerades i två odlingskammare, där den första representerade en sydsvensk normal sommar och den andra en regning sommar. Statistik från SMHI användes för att beräkna bevattningsnivåerna för en normal och en regnig sommar. Ljus intensiteten var 400 µmol/m²s i den "normala" kammaren och 300 µmol/m²s i den "regniga". Dagslängd, temperatur och vegetationsperiodens längd var som i de tidigare försöken. I försöket hade behandling 3 strukits och ingen gödsling med PK 7-25 förekom. Behandling 1 och 2 gödslades som i de tidigare försöken. Under vegetationsperioden samlades överskottsvätska in för senare analyser.

Efter avslutad vegetationsperiod fick plantorna i samtliga tre försök artificiell höst med 15°C dag och 5°C natt.

I fältförsöket byggdes tre dräneringsbäddar på Björkhaga plantskola. Dräneringsbäddarna konstruerades så att med grävmaskin grävdes tre hål, 3 x 3 meter i yta och en meter djupa. Hålen kläddes med gummiduk i botten och till 50 cm:s höjd på sidorna. Därefter lades ett dräneringsrör i botten på varje grop och varje dräneringsrör kopplades samman med en brunn. Groparna fylldes till 20 cm med sjötvättad dräneringsgrus, en fiberduk lades på och slutligen fylldes groparna med jord till ytnivå. Till försöket användes mikroförökad björk, samt en salusort, björk Julitta E. Plantorna planterades vecka 22, sista veckan i maj, vilket är drygt en månad senare än normalt för Björkhaga plantskola. Plantorna gödslades i samband med planteringen, enligt modell från biotronförsöken, med tre behandlingar, två som för de tidigare biotronförsöken plus Entec 26. Dräneringsbäddarna gödslades, som toppgödsling, enligt tabell 2.

Tabell 2

Vecka	Behandling 1		Behandling 2		Behandling 3
	NPK	Kalksalp.	NPK	Kalksalp.	Entec 26
22	0,9 kg		0,15 kg	0,09 kg	0,36 kg
24			0,15 kg	0,09 kg	
26		0,135 kg			
27			0,15 kg	0,045 kg	0,31 kg
30		0,135 kg	0,15 kg	0,045 kg	
33			0,15 kg		
36			0,15 kg		

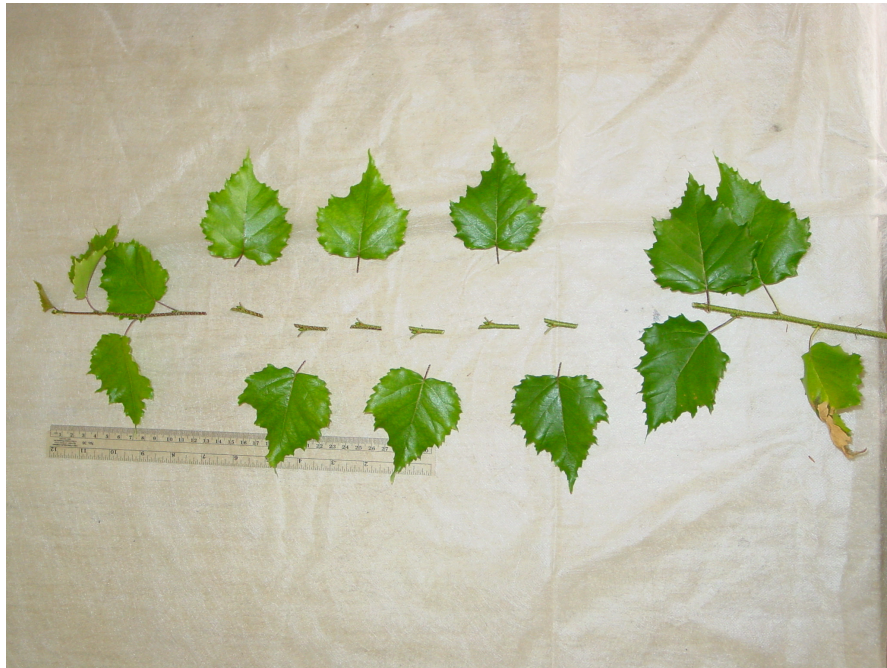
Mätningar och analyser

Tillväxten mättes, i form av höjdmätningar, i samtliga fyra försök under vegetationsperioden, mätt från substrat- och markytan till högsta terminalknopp. Mätningar utfördes kontinuerligt under vegetationsperioden i björk, men endast vid start och avslut för järnek, beroende på sortens busklikta växtsätt och då mättes plantornas totala tillväxt.

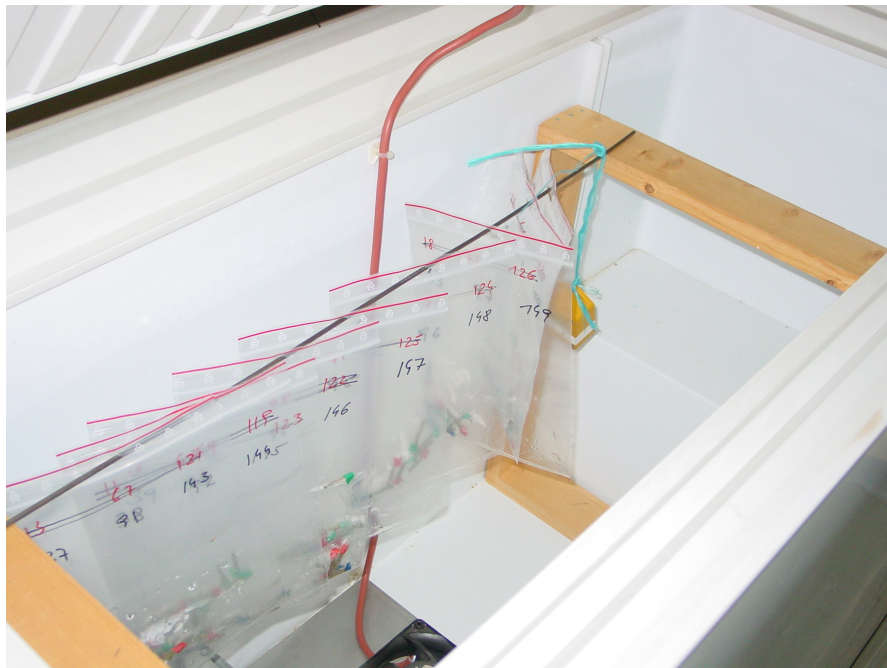
Substrat- och överskottsvätska samlades och analyserades för makronäringsämnen, fr.a. kväve, fosfor, kalium och kalcium. I sista biotronförsöket och i fältförsöket mättes också volymerna för att kunna bedöma läckaget.

Efter påbörjad artificiell höst i biotronförsöken, och en vecka efter sista gödslingen i fältförsöket, vecka 37, togs växtmaterial för frystestanalys. I det första biotronförsöket började frystesterna 2 veckor efter startad höst och i de två senare en vecka efter påbörjad höst. Orsaken till tidigareläggningen var att plantorna hade visat sig redan ha påbörjat utvecklingen av hårdighet.

Växtmaterial klipptes till i stambitar (Figur 1) och togs till SkogForsks försöksstation i Ekebo, Svalöv. Växtmaterialet hängdes in i två frysar, den första med en lägsta temperatur på -5°C, den andra med en lägsta temperatur på -15°C (Figur 2). I det sista biotronförsöket och i fältförsöket användes endast en frys med en lägsta temperatur på -15°C. Nerfrysningen styrs av en dator och nerfrysningstakten när temperaturen har nått till 0°C är -2°C/h, ner till lägsta temperaturen. Upptining sker med 5°C/h. Samtidigt som fryscykeln pågick, lades kontroll bitar av växtmaterialet i kyl i motsvarande tid.



Figur 1



Figur 2

Efter avslutad fryscykel togs växtmaterialet till Alnarp, renskars så att ca en cm av stammen fanns kvar, placerades i 10 ml ultrarent vatten (Millipore) i provrör och placerades på skak i 24 timmar. Därefter mättes den elektriska konduktiviteten. Metoden baseras på att celler dödade av frost läcker ut elektrolyter, vilket då kan mätas med elektrisk konduktivitet. Efter mätningen placerades växtmaterialet i autoklav och värmdes under tryck till 125°C för att totalt avdöda växtmaterialet. Därefter sattes provrören på skak igen i 24 timmar och därefter mättes ånyo konduktiviteten. Kontrollbitarna behandlades på samma sätt. Autoklaveringen ger ett maxvärde på konduktiviteten och kontrollen, innan autoklavering, ger

ett minvärde och med utgångspunkt från detta kan man beräkna Index of Injury som är ett mått på hårdigheten i växtmaterialet, enligt Flint et al. (1967). Beräkningarna göres efter följande ekvationer:

$$\text{Eq. 1} \quad RC_{frozen} = EC_{frozen} / EC_{frozen + autoclaved}$$

$$\text{Eq. 2} \quad RC_{control} = EC_{unfrozen} / EC_{unfrozen + autoclaved}$$

$$\text{Eq. 3} \quad I = \frac{100(RC_{frozen} - RC_{control})}{1 - RC_{control}}$$

där: EC = elektrisk konduktans i provrörsvätskan

RC = relativ konduktans

I = index of injury

I samband med frystesterna togs också noder som nodsticklingar och sattes på drivning i 20°C och 16 timmar dagslängd, i ett försök att bedöma om växtmaterialet hade gått in i vintervila (endodormancy). Resultatet var klart nedslående, då utslagning av knopparna inte fungerade. Endast ett fåtal knoppar slog ut och det är osäkert om det berodde på något fel i metoden eller om knopparna var i påtvingad vila redan efter en veckas höst. Därför ströks denna del ur projektet

I projektet ingick också att utvärdera mikroinjektionsmetoden som bedömningsunderlag för knoppvilointrädet. Metoden visade sig vara alldeles för känslig och kunde inte ge absoluta svar, vilket hade varit nödvändigt för att få ett begrepp om plantorna hade gått i knoppvila. Därför ströks även denna metod ur projektet.

Statistisk behandling

All data har analyserats med ANOVA och för lika varianser, med hjälp av Minitab mjukvara (version 15.1). Frystest data av björk vid nerfrysning till -15°C, från de två första biotronförsöken, har vidare analyserats med en icke-linjär regression, med hjälp av SAS mjukvara (PROC NLIN). Data från de olika behandlingarna passades till följande modell och F-test användes för att jämföra modellerna:

$$\text{Eq. 4} \quad f(I) = C + \frac{D - C}{1 + \exp(a + b \cdot I)}$$

där: D = övre gräns för kurvan

C = undre gräns för kurvan

a = beskriver placeringen av kurvan

b = beskriver lutningen på kurvan

Resultat

För de två första biotronförsöken visade det sig att björkplantorna konsumerade all kväve under vegetationsperioden, oberoende av behandling, men innehållet av kväve i substratvätskan var betydligt högre i början av vegetationsperioden i behandling 1 än i behandling 2 och 3. All fosfor konsumerades också i behandling 1 och 2, medan det i behandling 3 fanns kvar fosfor beroende på den sena gödslingen av fosfor och kalium.

Läckagemätningarna i det tredje biotronförsöket visade att det bara dränerades ut vätska i den ”regninga” kammaren och då under den första halvan av vegetationsperioden. Behandling 1 visade sig läcka mer än två gånger så mycket kväve som behandling 2.

Läckageresultaten från fältförsöket är inte slutgiltigt analyserade, men visar på ett annorlunda resultat. Brunnen för dräneringsbädden för behandling 1 har tömts vid tre

tillfällen, med relativt små mängder vätska, senaste gången den 8/7, och vätskan har vid de tillfällena haft ett genomsnittligt kväveinnehåll på ca 10 mg/l. Badden med behandling 2 har bara haft läckagevätska vid ett tillfälle, men då var det väldigt mycket, 3,4 liter, och med en hög halt av kväve, ca 17 mg/l. Badden för behandling 3 har tömts på läckagevätska vid 4 tillfällen och vid tre av dessa har volymerna varit relativt stora, mellan 0,5 l till 1,7 l. Kväveinnehållet har varit relativt lågt, med ett genomsnitt på 5 mg/l.

Tillväxtmätningarna har visat skillnader mellan de olika försöken men inte mellan behandlingarna. Björkarna växte klart bäst i det första biotronförsöket, signifikant mindre i det andra och det tredje försöket.

Det vanligaste sättet att gradera konduktivitetmätning i samband med frystester är att beräkna ett LT_{50} -värde. Metoden används för att utvärdera en arts hårdighetsområde och dess möjligheter att flyttas till andra växtplatser. Metoden är inte användbar för dessa försök, eftersom målet med dessa försök har varit att se när plantorna når en viss hårdighetsgrad. För att enklare kunna göra detta har en LT_{10} -nivå införts, där plantorna kan anses ha små eller inga skador.

Resultaten visar att det inte finns några större skillnader mellan behandlingarna, men att det finns skillnader mellan de två första biotronförsöken. Skillnaden här är något anmärkningsvärd eftersom dessa två försök är identiska i upplägget. Den skillnad som finns är att plantorna stod tätare tillsammans i det första försöket. I försök 1 nådde plantorna, utsatta för -5°C , LT_{10} efter fyra veckor, men den nivån nåddes redan efter två veckor i försök 2.

För björkplantor utsatta för -15°C uppnåddes inte LT_{10} under försökets tid. Järneken, däremot uppnådde LT_{10} efter 5 veckors höst. I fältförsöket hade båda sorterna av björk uppnått LT_{10} vid mätningen den 19 oktober.

Diskussion

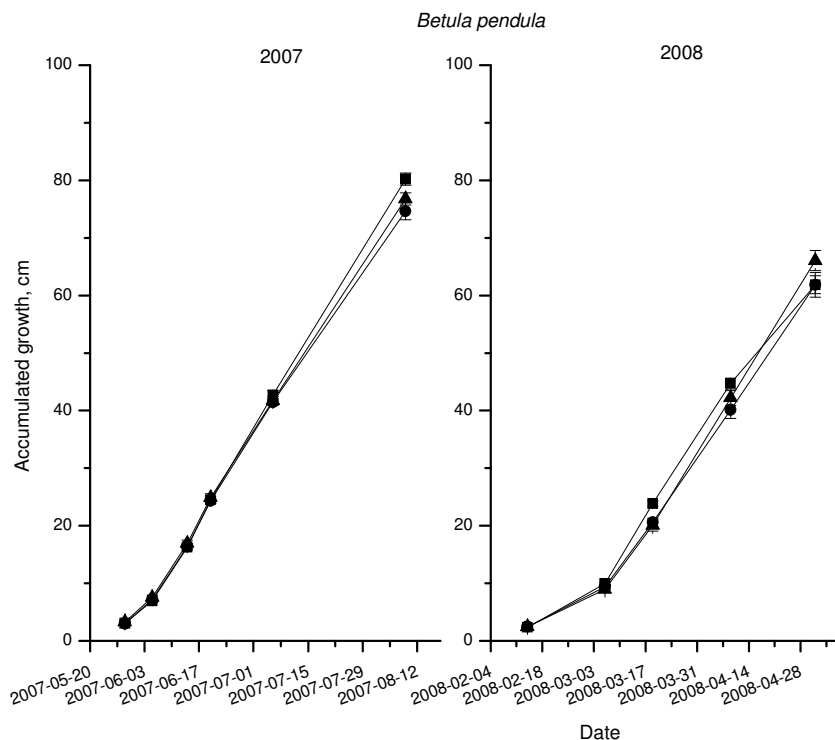
Det nu avslutade projektet har visat att gödsling under hela vegetationsperioden, med balanserade gödselgivor, inte negativt påverkar utvecklingen av hårdighet, även om man ger så höga gödselgivor som plantskolorna rekommenderades för 20 år sedan (ca 140-150 kg kväve/ha).

Med en sådan gödslingsstrategi minimeras sannolikt också risken för växtnäringsläckage, även om fältförsöket inte har kunnat visa på detta. Fältförsöket startades dock något sent på säsongen och dräneringsbäddarna var precis nybyggda när försöket startades och det är okänt vilka effekter detta har haft på vattengenomsläpplighet och andra markfysiska och – kemiska faktorer. Läckageskillnaderna mellan bäddarna, som ligger intill varandra, har dock varit stora. Sannolikt måste fältförsöket göras om för att klart kunna avgöra om det finns skillnader i växtnäringsläckage mellan de olika gödslingsstrategierna.

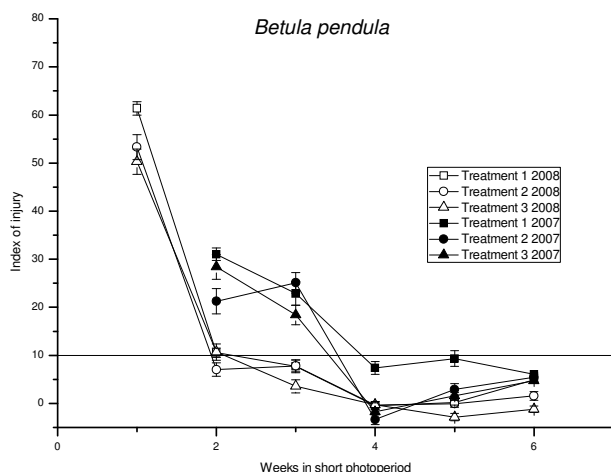
Studien har dock visat att en kraftigare sträckningstillväxt försämrar hårdighetsutvecklingen (Figur 3 och 4). Första försökets sträckningstillväxt var signifikant större än andra försökets, samtidigt som utvecklingen av hårdighet, ner till -5°C , försämrades. I diagrammet kan man se att plantorna i försöket med den större sträckningstillväxten har behövt två veckor längre tid för att nå Index of injury 10 vid frystest till -5°C .

Resultaten är förbryllande, eftersom vi förväntade oss likartade resultat, då alla parametrar utom två var likadana för båda försöken. I det första försöket använde vi betydligt fler plantor i odlingskammaren vilket innebär att de stod tätare och därmed konkurrerade mer om utrymme och ljus, dock inte om vatten och näring. Det är svårt att hitta referenser som har undersökt densitetseffekter utan inblandning av närings- och vattenkonkurrens. En undersökning gjord av Aphalo och Rikala (2003) visade att björk som växt i plantskolan vid en lägre densitet uppvisade mindre döda toppskott efter plantering i fält.

Detta indikerar att planteringsavståndet kan ha betydelse för härdighetsutvecklingen, framförallt i en situation med tillräcklig tillgång till vatten och näring. Dock, i en frilandsbädd är det alltid konkurrens om vatten och näring och vi har inte kunnat undersöka vilken effekt sådan konkurrens skulle ha i samband med tillväxt och utveckling av härdighet. Om dessa resultat är riktiga kan det få konsekvenser för glesningsstrategier i containerproduktion och torde sannolikt vara viktigare för sådana produktionssystem än för frilandsproduktion



Figur 3. Ackumulerad sträckningstillväxt i björk under två på vartannat följande biotronförsök. Fyrkantig symbol representerar plantor som gödslats under första halvan av vegetationsperioden, med NPK 11-5-18 som grundgödsling och kalksalpeter som övergödsling vid två tillfällen. Rund symbol representerar plantor som gödslats under hela vegetationsperioden, med samma mängd kväve som led 1. Trekantig symbol representerar plantor som gödslats som led 2, men har fått extra fosfor och kalium vid de två sista gödslingstillfällena.



Figur 4. Skadad vävnad, efter frystest till -5°C , i stamdelar av björk, *Betula pendula*, försök 1 (a) och försök 2 (b), samt blå järnek, *Ilex x meservae* 'Little Princess', försök 2 (c), mätt med konduktivitetsmätning och beräknad med Index of injury (höga värden = stor skada). Fyrkantig symbol representerar plantor som gödslats under första halvan av vegetationsperioden, med NPK 11-5-18 som grundgödsling och kalksalpeter som övergödsling vid två tillfällen. Rund symbol representerar plantor som gödslats under hela vegetationsperioden, med samma mängd kväve som led 1. Trekantig symbol representerar plantor som gödslats som led 2, men har fått extra fosfor och kalium vid de två sista gödslingstillfällena.

Publikationer

Projektets resultat kommer att publiceras i två vetenskapliga tidskrifter. Ett manuskript är skickat till European Journal of Horticultural Science och finns nu hos de vetenskapliga granskarna. Ett andra manuskript kommer att skickas till våren. Till vilken tidskrift är ännu inte bestämt.

Övrig resultatförmedling till näringen

Projektet har delredovisats en gång vid GRO-plantskolors årsmöte, 2007. En slutredovisning kommer att ske vid GRO-plantskolors årsmöte i februari 2010.

Referenser

- Aphalo, P., Rikala, R. 2003. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. *New Forset*, 25(2): 93-108.
- Birchler, T.M., Rose, R., Haase, D.L. 2001. Fall fertilization with N and K: Effects on Douglas-fir seedling quality and performance. *West. J. App. For.*, 16 (2): 71-79.
- Flint, H.L., Boyce, B.R., Beattie, D.J. 1967. Index of Injury -
- Klein, R.M., Perkins, T.D., Myers, H.L. 1989. Nutrient status and winter hardiness of red spruce foliage. *Can. J. For. Res.*, 19:754-758.
- Lindqvist, H. 1998. Effect of lifting date and time of cold storage on survival and die-back in four deciduous species. *J. Environ. Hort.*, 16 (4): 195-201.
- Lindqvist, H. 2000. Plant vitality in deciduous ornamental plants affected by lifting date and cold storage. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae – Agraria* nr. 244: 42 pp.

- Lindqvist, H. 2001. Effect of different lifting dates and different lengths of cold storage on plant vitality of silver birch and common oak. *Scientia Horticulturae*, 88 (2): 147-161.
- Lindqvist, H., Asp, H. 2002. Effects of lifting date and storage time on changes in carbohydrate content and photosynthetic efficiency in three deciduous species. *J. Hort. Sci. Biotech.*, 77 (3): 346-354.
- Lindqvist, H., Bornman, J.F. 2002. Influence of time of lifting and storage on the potential photosynthetic efficiency in newly developed leaves of bare-root silver birch and common oak. *Scientia Horticulturae*, 94 (1/2): 171-179.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J.A., 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461:472-475.
- Rudin, L. 1999. Personlig kommunikation.
- Rudin, L., 2001. Redovisning av UFP-försök 2001. Utvecklingsgruppen för Plantskoleproduktion. Laurus Hortokonsult.
- Statens Jordbruksverk. 2002. Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 1995:96) om trädgårdsväxters sundhet m.m. SJVFS 2002:48, saknr. T 42. ISSN: 1102-0970.