



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap

# Vinterskador på vedartade buskar och träd

Winter damages on shrubs and trees

*Love Hecktor*



Institutionen för biosystem och teknologi  
Självständigt arbete, 10 hp, Nivå: Grund AB  
Trädgårdsingenjörsprogrammet, odling, Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU  
Alnarp 2013

# Vinterskador på vedartade buskar och träd

Winter damages on woody shrubs and trees

Författare: Love Hecktor

Handledare: Hans Lindqvist, Lotta Nordmark  
Ins för Biosystem och teknologi

Examinator: Helena Karlén  
Ins för Biosystem och teknologi

Kurstitel: Examensarbete för trädgårdsingenjörer  
Kurskod: EX0363  
Omfattning: 10 hp  
Nivå: Grund AB  
Programutbildning: Trädgårdsingenjörsprogrammet  
Utgivningsort: Alnarp  
Utgivningsår: 2013  
Serietitel: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Nyckelord: köldskador, vinterskador, knoppvila, köldhärdighet, solbränna, frostsprickor, frosttorka, uppfrysning, underkylning, fryspunktssänkning, extracellulär frysning, intracellulär frysning, acklimatisering, deep supercooling



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering,  
trädgårds- och jordbruksvetenskap

## Förord

Ett stort tack till mina handledare Hans Lindqvist och Lotta Nordmark för all hjälp och tålamod. Jag vill även tacka alla vänner och övriga personer som på olika sätt ställt upp med sin kunskap samt hjälpt till med bland annat bilder. Under arbetets gång har jag lärt mig mycket inom området vinterskador och jag hoppas några kommer att finna detta arbete givande att läsa.

## Sammanfattning

Det finns idag en efterfrågan på ett bredare sortiment av lignoser, samtidigt behöver växterna vara tåliga för att klara av det svenska tempererade klimatets vintrar. Vinterskador kan bli både omfattande och kostsamma.

Denna litteraturstudie beskriver hur tempererade lignoser klarar av vinterns påfrestningar genom att utveckla fysiologisk knoppvila och köldhärdighet. Arbetet går in på betydelsen av provenienser som handlar om genetiska skillnader för knoppvilans längd och för hur snabbt köldhärdigheten utvecklas på hösten. Arbetet beskriver också skadebilder som uppkommer på stammar, grenar och rötter, förklarar varför dessa uppkommer och hur förekomsten kan minskas. Skadebilder som tas upp i detta arbete är solbränna, frostsprickor, frosttorka och uppfrysning.

## Summary

Today there is a demand for a wider assortment of shrubs and trees, while the plants need to be hardy to withstand winters in Swedish temperate climate. Winter damages can be both extensive and costly.

This study describes how stems, branches and roots of woody plants cope with winter stress by developing dormancy and cold hardiness. The study is also about the importance of provenances which has to do with genetic differences for how quickly cold hardiness is lost during the spring and developed in the autumn. The work also describes how injuries on stems, branches and roots occurs and are recognised and how the occurrence of them can be reduced. Winter damages described in this work are sunburn, frost cracks, frost drought and frost heaving.

# Innehållsförteckning

<b>Introduktion</b> .....	<b>7</b>
Bakgrund och avgränsning.....	7
Syfte.....	7
<b>Orförklaringar</b> .....	<b>8</b>
<b>Material och metoder</b> .....	<b>10</b>
<b>Resultat</b> .....	<b>11</b>
Vila.....	11
Knoppvila.....	13
<i>Klassiska skolan</i> .....	13
<i>Franska skolan</i> .....	13
Vila hos grenar, stammar och rötter.....	14
Köldhärdighet.....	15
<i>Vedartade växter som utvecklar deep supercooling</i> .....	17
<i>Vedartade växter som inte utvecklar deep supercooling</i> .....	18
Samband mellan köldhärdighet, tillväxt och vila.....	18
Proveniensenens betydelse.....	19
Skadebilder.....	20
<i>Solbränna</i> .....	20
<i>Frostsprickor</i> .....	22
<i>Frosttorka</i> .....	24
<i>Uppfrysning</i> .....	25
<b>Diskussion och slutsats</b> .....	<b>25</b>
<b>Källförteckning</b> .....	<b>28</b>
Tryckta källor.....	28
Elektroniska källor.....	30

# Introduktion

## Bakgrund och avgränsning

Till privatträdgårdar och offentliga planteringar så som parker, finns det en efterfrågan av växter som har ett exotiskt eller speciellt utseende, dessvärre är också hårdigheten ibland inte den bästa för växtslaget. Detta medan lignoser som är naturligt hemmahörande sällan skadas till följd av kyla (Westwood 1993).

I stadsmiljö finns det ett behov av att bredda sortimentet av t.ex. gatuträd. Träd i gatumiljö har ofta utsatta lägen och utsätts bland annat för kraftiga solreflektioner från stenläggningar samt snabba skiftningar mellan solexponering och skuggning vilket ger stora temperaturvariationer. Vid större planteringar kan det bli stora kostnader för de vinterskador som är relaterade till kyla, ofta blir det både tidskrävande och kräver utbyte av växtmaterial.

Detta arbete är inriktat på vedartade växter som planteras i tempererade områden med klimat som liknar det svenska. Arbetet innefattar huvudsakligen skador på lignosers stammar och grenar som uppstår på grund av kyla.

I arbetet behandlas inte frostsador som t.ex. frost i blomning och frostsador på frukt vilket kan försämra växtens reproduktiva förmåga och kan vara till stor ekonomisk skada för t.ex. fruktodlare. Denna skrift går inte heller in på morfologiska strukturer så som t.ex knoppfjäll även om de är av stor betydelse för att växten ska klara vintern.

Arbetet tar inte heller upp mekaniska skador som uppkommer under vintern på grund av t.ex. gnagskador eller brytskador på grund av snötyngd. Stressymptom, som uppkommer under vintern på grund av andra abiotiska faktorer än temperatur så som t.ex saltskador tas inte heller upp.

## Syfte

Syftet med detta arbete är att sammanställa information för att ge en lätt och bra översikt över hur lignoser klarar av vinterförhållanden i tempererade områden. Arbetet ska även beskriva hur olika vinterskador kan yttra sig, förklara hur de uppstår och hur de kan undvikas samt vad skadorna kan få för vidare följder när de uppstår.

# Ordförklaringar

**Axillära knoppar:** Knoppar bildade i bladveck (Ne, 2013).

**Cortex:** Grundvävnad i stam och rot som finns utanför ledningsvävnaderna (xylem, floem och kambium) (Raven m.fl. 2005).

**Endogen:** Styr av inre fysiologiska processer (Ne, 2013).

**Floem:** Vävnad i växten som används bland annat för att transportera organiska ämnen (Ne, 2013). Floem är den ena av de två huvudtyperna av ledningsvävnader, den andra är xylem.

**Fotoperiod:** Växter reagerar på dagens och nattens varaktighet och tidpunkt (Ne, 2013). Fotoperiod är ett sätt för växten att mäta vilken tid på året det är, vilket kan styra bland annat blomning, blad- och skotttillväxt, bladfällning och frögroning.

**Frosttorka:** Då det är tjäle i marken är vattenförsörjningen begränsad eller obefintlig och detta kan leda till uttorkning hos växters vävnader (Ne, 2013). För att växten ska kunna överleva när marken är i tjäle så måste den hushålla med det befintliga vattnet. Detta kan växten göra genom att antingen fälla sina löv på hösten, eller ha barr eller blad som är anpassade för det genom t.ex insänkta klyvöppningar.

**Fryspunktssänkning:** När en vätska fryser vid lägre temperatur än normalt då ett annat ämne är löst i vätskan (Ne, 2013).

**Kallusvävnad:** Uppstår vid en skada som gör att celldelning kraftigt stimuleras (Ne, 2013).

**Kambium:** Celldelningszon, i stammar och grenar finns det två olika kambium (Raven m.fl. 2005). Det finns ett kambium mellan floem- och xylem-vävnaden, som bildar nytt floem och xylem. Det andra kambiet heter korkkambium, det bildar kork mot utsidan och mot mitten av grenen bildas felloderm.

**Knoppfjäll:** Blad ombildade till fjäll, vilka skyddar växters knoppar (Ne, 2013).



**Knoppvila:** Under ogynnsamma perioder av året slutar växten att växa, detta för att skydda sig mot förhållanden som är skadliga för växten (Raven m.fl. 2005). Knoppar går i vila för att undvika skador på grund av t.ex. låga temperaturer eller torka. En knopp som är i vila kan bara börja växa om den genomgått vissa specifika förhållanden som bryter vilan. Detta förhindrar att den börjar växa t.ex. under varma höstar och under tidig vårvärme och sedan blir skadad av kyla.

**Kärnved:** Inre delen av veden, bestående av död xylemvävnad, utan förmåga att transportera mineralämnena och vatten (Raven m.fl. 2005). Kärnveden är oftast mörkare, hårdare och mera motståndskraftig mot biologisk nedbrytning än splintveden.

**Köldtolerans:** Förmågan hos växten att överleva kylan och uttorkningen som de utsätts för under vintern (Raven m.fl. 2005).

**Lignos:** Växt med ovanjordiska delar som är fleråriga och mer eller mindre förvedade (Ne, 2013).

**Periderm:** Yttre skyddande vävnad bestående av felloderm, korkkambium och kork (Raven m.fl. 2005).

**Proveniens:** Term som används om växtindividers ursprung från ett särskilt geografiskt område (Ne, 2013).

**Splintved:** Yttre delen av veden, bestående av xylemvävnad som har levande celler med förmåga att transportera mineralämnena och vätska (Raven m.fl. 2005).

**Stress:** Avser för växten ogynnsamma omgivningsfaktorer så som t.ex. köld, stark värme, vattenbrist och näringsbrist (Ne, 2013).

**Terminala knoppar:** Knoppar bildade i grenspetsar (Ne, 2013).

**Underkylning:** När en vätskas temperatur understiger dess fryspunkt (Ne, 2013). Små partiklar eller vibrationer utlöser normalt en snabb utfrysning, då en underkyld vätska inte är stabil.

**Vinterhårdighet:** Förmågan hos växter att klara av vinterns påfrestningar (Ne, 2013). Vinterhårdiga växter ska bland annat klara av låga temperaturer, försvårad vattenförsörjning och de kraftiga påfrestningar som blir under senvintern med kraftig solbelysning och snabba temperaturvariationer.

**Xylem:** Vävnad som har till uppgift att transportera det mesta av vatten och mineralämnen i växten (Ne, 2013). Xylem är den ena av två huvudtyper av ledningsvävnad, den andra är floem.

## **Material och metoder**

Arbetet är en litteraturstudie och bygger på information som insamlats från databaser med vetenskapliga artiklar, böcker och internet. Informationen har inhämtats, lästs och bearbetats för att sedan sammanställas. Faktainhämmandet har till stora delar gjorts genom SLU:s bibliotek i Alnarp samt framförallt genom sökningar i databaserna Web of Knowledge och Google Scholar. Sökorden som framförallt använts och som gett bra resultat är: dormancy, bud dormancy, cold hardiness, frost drought, frost cracks, sunscald och frost heaving i kombination med framförallt: woody och wood.

## Resultat

Träd och buskar i det tempererade området slutar att växa under senare delen av sommaren eller hösten och lövfällande lignoser faller sina löv (Westwood, 1993). Lignoserna är sedan i vila under vintern för att till våren fortsätta att växa. Denna synkronisering mellan växten och miljön den lever i är viktig för växtens överlevnad. Växter i tillväxt är inte hårdiga och inte kapabla till att bli det, så vilan under vintern är nödvändig för att överleva.

Lignoser vilka är naturligt hemmahörande på platsen de växer skadas sällan på grund av kyla, då de har utvecklat fysiologiska system för att anpassa sig till förhållanden på platsen (Westwood, 1993). Hos arter som växer på nordliga breddgrader känner löven av att dagslängden blir kortare mot slutet av sommaren och växten inleder tillväxthämmande processer som gör att den slutar växa i god tid före den första kraftigare frosten på hösten. Växter från sydligare breddgrader, där vintrarna är milda brukar däremot fortsätta växa så länge som temperaturen och markfuktigheten är gynnsam och detta utan någon risk för att skador ska uppstå (Westwood, 1993). Växter från områden emellan de sydliga- och nordliga breddgraderna, har anpassat sig fysiologiskt genom att ha vissa egenskaper som liknar både de växter som lever på sydliga breddgrader och de som lever på nordliga breddgrader. Vädret kan på dessa breddgrader vara mera varierande och temperaturen variera kraftigt mellan kyla och värme. Växter naturligt hemmahörande i dessa regioner har därför utvecklat ett behov av att få en tillräckligt lång period av kyla innan de åter kan fortsätta växa, de börjar därför inte växa även om temperaturen under några dagar är tillräcklig.

## Vila

Vila är en naturlig del av de flesta fleråriga växters årliga tillväxtcykel. Vila är enligt Lang (1987) ett tillfälligt upphörande av synlig tillväxt i strukturer hos växten som innehåller meristem.

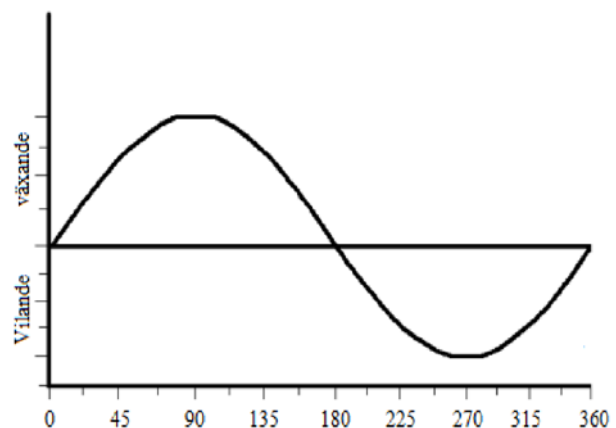
Meristem är delningsvävnader i växten där det bildas nya celler (Raven m.fl. 2005). Bland meristemen hos lignoser finns bland annat apikala meristem i skott- och rotspetsar. Dessa står för längdtillväxt av rötter och grenar. Utöver dessa finns två olika laterala meristem, kambium och korkkambium, som ger tjocklekstillväxt hos grenar, stammar och rötter. Marginala meristem finns i bladens i ytterkanter.

Nuförtiden används tre olika begrepp som ursprungligen myntades av Lang (1987) för att förenkla och minska de missförstånd som ofta rått när man talar om vila. Begreppen är som följer:

- Ecodormancy: vila styrd av omgivande faktorer utanför växten.
- Paradormancy: vila styrd av faktorer utanför den påverkade vävnaden men inom växten.
- Endodormancy: vila styrd av faktorer inom den påverkade vävnaden.

Degree growth stage ( $^{\circ}$ GS) är en modell utvecklad av Fuchigami m.fl. (1982) som används för att mäta den årliga tillväxten hos växter som är vedartade och växer i ett tempererat klimat.

Modellen är formad som en sinusvåg som går från  $0^{\circ}$ GS till  $360^{\circ}$ GS. Under den första fjärdedelen från  $0^{\circ}$ GS till  $90^{\circ}$ GS sker knoppsprickning, skotttillväxt och bladtillväxt



**Figur 1.** Degree growth stage model. Gjord efter ursprungsmodell utav Fuchigami m.fl. (1982)

(Fuchigami & Nee, 1987). Under denna period när tillväxten är mycket kraftig är växten väldigt känslig för stressfaktorer som t.ex. frost och kan inte bygga upp någon stresstolerans trots t.ex. manipuleringar med minskade temperaturer och/eller kortdagsbehandling.

Under den andra fjärdedelen  $90^{\circ}$ GS till  $180^{\circ}$ GS minskar tillväxten, växten blir mottaglig för faktorer i omgivningen och om växten utsätts för kort fotoperiod induceras vila medan en lång ljusperiod ger fortsatt tillväxt (Fuchigami & Nee, 1987). Avtagande temperaturer påskyndar påverkan av antingen kort eller lång fotoperiod. Under denna period är växten inte tolerant mot minusgrader men kan under stresstillstånd utveckla en viss tolerans. Den första vilan uppstår då axillära knoppar går i vila styrd av faktorer inom växten (paradormancy), men utanför den påverkade vävnaden och terminalknoppar skapas.

Under den tredje fjärdedelen  $180^{\circ}$ GS till  $270^{\circ}$ GS startar en vila styrd av faktorer inom den påverkade vävnaden (endodormancy) och efter detta påverkas inte knoppar i vila till att fortsätta växa vid borttagande av löv eller knoppar (Fuchigami & Nee, 1987). Det är också

från 180°GS som växten börjar acklimatisera sig till låga temperaturer fram till det att vilan är som djupast och graden av köldacklimatisering är som störst vid 270°GS

Under den sista fjärdedelen från 270°GS till 360°GS bryts vilan som är styrd av inre faktorer hos den påverkade vävnaden (endodormancy). Detta sker genom en ansamling av timmar med låga temperaturer (Fuchigami & Nee, 1987). Efter det tar vilan styrd av omgivande faktorer utanför växten (ecodormancy) vid och hålls kvar av faktorer i omgivningen, där den viktigaste är låg temperatur. Låga temperaturer kvarhåller också stresstolerans och hårdighet.

Vid 360°GS börjar sedan en ny växtsäsong med att knopparna är på väg att spricka.

## Knoppvila

Knoppvilan är viktig för att skydda mot de påfrestningar som vintern och låga temperaturer utsätter knopparna för (Raven m.fl. 2005). Knoppar är skottanlag och innehåller bland annat apikala meristem, vilka behövs för grenars längdtillväxt.

Det finns olika idéer om hur knoppvila fungerar bland forskare. De två ledande skolorna är den klassiska skolan (Classical school) och den franska skolan (French school).

### *Klassiska skolan*

Enligt den klassiska skolan ses knoppvilan mer som ett sätt att överleva skadliga perioder, genom frånvaro eller hejdande av tillväxt (Dennis 1994). Enligt Dennis (1994) anser den klassiska skolan att vilan styrs av hormoner och arbetar efter en hypotes om att vilan är styrd av relativt få faktorer. Mycket av bevisen för den klassiska skolan kommer ifrån försök med fröers vila (Dennis 1994). Många av hypoteserna förutsätter att kyla minskar tillväxthämmande hormoner eller ökar tillväxtfrämjande hormoner eller båggedera. När förändringen i hormonbalansen skett återupptas tillväxten.

### *Franska skolan*

Den franska skolan anser att vilan är mera komplex och att hormoner spelar en mindre roll än vad den klassiska skolan anser (Dennis, 1994). Följande ståndpunkter exemplifierar enligt Dennis (1994) den franska skolan:

- Enligt Champagnat (1983) anses vilan vara en morfogenetisk faktor, som påverkas av olika samverkande faktorer. En gradvis övergång visar på en samverkande fördröjning av knoppen från knopptillväxt till djup knoppvila.

- Enligt Côme and Thévenot (1982) är frödvila mycket komplex. Frövilan styrs av ett stort antal interna och externa faktorer, som alla tillsammans skapar ett fysiologiskt tillstånd som gör det antingen möjligt eller omöjligt att gro. Förmodligen är ingen av dessa faktorer specifika för ett bestämt fysiologiskt tillstånd. Det är kanske därför det inte gått att finna en markör för vilan, utan det finns anledning till att betvivla att en sådan markör överhuvudtaget existerar.

Inom den franska skolan skiljer man mera på frövila och knoppvila och Crabbé & Barnola (1996) påtalar att knoppen kom ca 70 000 år tidigare än fröet. Detta innebär inte att vissa saker inte skulle kunna fungera likadant i både fröet och knoppen men det innebär ej heller att de fungerar precis likadant menar de.

I forskningen om vedartade växters vila använder man sig därför oftast av knoppvila istället för frövila och i försök används ofta nodsticklingar (Dennis, 1994).

När perioder av snabb skotttillväxt växlar med perioder av liten eller ingen förlängning, råder episodisk tillväxt. Detta är det normala bland vedartade växter även under gynnsamma förhållanden, där man kan tycka att kontinuerlig tillväxt borde råda (Romberger, 1963). Att tillväxtrytmen bibehålls trots konstanta miljöförhållanden visar knoppvilans endogena uppkomst enligt Crabbé & Barnola (1996), vilket gör att man inom den franska skolan inte ser miljö eller yttre faktorer som den huvudsakliga faktorn till framkallandet av vila.

## Vila hos grenar, stammar och rötter

Weiser (1970) skrev att härdighet mot kyla i stammens delningsvävnader (laterala meristem) är särskilt viktig för växtens överlevnad. Enligt Schrader m.fl. (2004) finns det i motsats till frö- eller knoppvila, färre eller inga utvecklingsmässiga förändringar under vilan i kambiumvävnaden som kan komplicera undersökningar av vilorelaterade processer. Utöver upphörandet av celltillväxt sker en rad viktiga förändringar i samband med övergången till

vila i kambiumen, dessa inkluderar induktion av köldhärdighet, uttorkningstolerans och ansamling av lagrade ämnen.

Rötter och underjordiska stammar är mycket mindre tåliga för frysning än stammar och grenar ovan jord (Weiser, 1970). Att rötterna är mindre tåliga mot frysning hör enligt Weiser (1970) troligtvis ihop med jordtemperaturen då inte heller de underjordiska stammarna är tåligare mot kyla. Även rötterna går in i vila, men har till skillnad från de ovanjordiska delarna hos lignoser inte en långvarig obruten vila (Snyder, 2007). Många lignosers rötter verka ha en beredskap att växa oberoende av de ovanjordiska delarna. Rötterna förblir mestadels inaktiva men kan fungera normalt och växa även om temperaturen i luften ovanför är mycket låg, så länge jordtemperaturen är tillräcklig. Lägsta temperaturen för att rottillväxt ska ske tros ligga runt 3°C till 5°C och fullständig rottillväxt påbörjas tidigt under våren, ett kort tag efter att jordens tjäle släppt och normalt en tid innan knoppssprickningen.

## Köldhärdighet

Vila och köldhärdighet ska enligt Fuchigami & Nee (1987) ses som två separata processer som hänger samman med varandra.

Härdighet kan beskrivas som stresstolerans och köldhärdighet beskrivas som köldtolerans. Levitt (1980) skrev att biologisk stress är när miljöförhållanden ändras och skapar påfrestningar som skulle kunna påverka växtens normala utveckling och tillväxt negativt. Påfrestningarna delas i sin tur upp i elastisk biologisk påfrestning och i plastisk biologisk påfrestning. Elastisk biologisk påfrestning är när funktioner i växten återgår till det normala när stressfaktorn försvinner och plastisk biologisk påfrestning är när den inte kan återgå till det ursprungliga tillståndet utan får bestående skador.

Levitt (1980) skrev vidare att växter kan klara av stress på två sätt, antingen genom att tolerera den eller genom att undvika stressen. Köldhärdighet uppnås antingen genom undvikande av frysning eller genom tolerering av frysning.

När växtceller fryser bildas is antingen innanför cellväggen (intracellulärt) eller utanför cellväggen (extracellulärt). Frysning innanför cellväggen leder oundvikligen till en säker död för cellen (Burke m.fl.1976). I bland annat känsliga växter som saknar förmågan att aklimatisera sig i tillräcklig grad och i härdiga växter som inte hunnit aklimatisera sig

inträffar denna skada. Plantor som klarar av frysning genomgår normalt extracellulär frysning i vilken isbildningen sker i närheten av cellväggen.

Genom att ha glykol i kylaren på bilen undviker man att det fryser under 0°C genom den fryspunktssänkning som sker, samma sak sker i växter men dock med andra ämnen. I växter som acklimatiserar sig sker normalt en minskning av vatteninnehållet som inte ökar igen förrän till våren när vinteracklimatiseringen släpper (Burke m.fl.1976). Hur stor förmågan till fryspunktssänkning som växten har är beroende av halten lösta ämnen, växter med högre halt av lösta ämnen undviker frysning med flera grader beroende på den fryspunktssänkning som sker. Skador kan t.ex uppstå på äppelträdets vävnader redan vid -2° till -3°C under sommarens tillväxtsäsong. Fryspunktssänkning (freezing point depression) är den temperatur där smältning påbörjas, detta innebär inte att det är ifrån den temperaturen som växten fryser, beroende på att de flesta växter underkyls (supercooling) flertalet grader oavsett deras härdighet.

Underkylningen sker troligtvis på grund av att det saknas kärnbildande ämnen som behövs för att is ska börja bildas (Burke m.fl.1976). I frånvaro av förorenande ämnen som bidrar till bildandet av iskristaller kan rent vatten underkylas till -38°C innan is börjar bildas spontant.

När växten är i aktiv tillväxt dör stammens olika vävnader så fort de fryser (Weiser, 1970). Stamvävnaderna uppvisar endast en mindre förmåga att sänka fryspunkten genom fryspunktssänkning. Detta gör att dödspunkten ligger mellan -2°C till -8°C, något som i hög grad bestäms av hur mycket vävnaden klarar av att underkylas. Under hösten kan stamvävnader överleva kraftigare kyla, även om förmågan till underkylning eller fryspunktssänkning inte ökat. Många vävnaden dör till skillnad från tidigare inte så fort de fryser, utan när vävnaden är acklimatiserad inför vintern klarar den av att frysa.

Enligt Weiser (1970) har man i försök sett att den inre barken hos de flesta vinterhärdiga växter, under vintern när växten är till fullo acklimatiserad, klarar av temperaturer ner till -196°C om frysningen ner till -30°C är relativt långsam. I naturen sjunker sällan temperaturen snabbare än ett fåtal grader per timme. Vid så pass långsam frysning bildas is först utanför protoplasten hos cellen där vattnet är som renast. Härdiga växtceller klarar av sådan



extracellulär frysning. Om frysningen däremot är så snabb att temperaturen sjunker mellan 10°C och 100°C per minut bildas iskristaller inne i protoplasman vilket leder till döden.

## Vedartade växter som utvecklar deep supercooling

De flesta lövfällande träd undviker frysning i vissa men dock inte alla vävnader i växten genom deep supercooling, till så låga temperaturer som  $-40^{\circ}\text{C}$  under midvintern (Burke m.fl.1976).

Äppelträd är enligt Burke m.fl. (1976) en typisk sådan växt. Under sommaren är äppelträdets olika vävnader väldigt känsliga för frysning och skador på grund av intracellulär frysning kan ske redan vid  $-2^{\circ}\text{C}$  till  $-3^{\circ}\text{C}$ . Under hösten och vintern acklimatiserar sig äppelträdets vävnader och i vissa vävnader som finns i t.ex. bark och knoppar fryser cellvävnaden extracellulärt efter några graders underkyllning. Stora delar av vattnet i kambium-, cortex- och floemvävnaden i den levande barken förflyttar sig till områden i yttre cortexvävnaden, där is bildas extracellulärt i stora mängder mellan cellerna, utan att det uppstår mycket till skador. Även vid knoppar i vila bildas stora mängder is mellan knoppfjällen.

Härdade stamvävnader hos äppelträd som fryser på det här sättet överlever långsam frysning ner till  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Xylemceller underkyls i sådana stammar som t.ex. äppelträdets men dödas vid  $-40^{\circ}\text{C}$  eller lägre (Burke m.fl.1976). Graden av deep supercooling i härdiga plantor varierar med årstiden och härdigheten och är som störst under midvintern.

Enligt Burke m.fl. (1976) förefaller det som att deep supercooling är en överlevnadsmekanism för vissa växtvävnader och det tyder på att



Bild 1. Genomskäring av stam

- |                                      |            |        |
|--------------------------------------|------------|--------|
| 1. Kork                              | } periderm | } bark |
| 2. korkkambium och felloderm         |            |        |
| 3. Cortex och floemvävnad            |            |        |
| 4. kambium                           | } ved      |        |
| 5. splintved, fungerande xylemvävnad |            |        |
| 6. kärnved, ofungerande xylemvävnad  |            |        |

(Foto: Love Hecktor)

köldacklimatiseringsprocessen innebär en minskning eller eliminering av is kärnbildande ställen i sådana celler.

## Vedartade växter som inte utvecklar deep supercooling

Mycket härdiga växter utvecklar ingen deep supercooling, utan efter ett fåtal grader av underkyllning bildas is som sprider sig i de extracellulära områdena (Burke m.fl.1976). Detta bildar ett ångtrycksfall på utsidan av cellen och vatten ifrån protoplasman dras ut till de extracellulära områdena där det fryser. Under den kallaste delen av vintern klarar många härdiga vedartade växter av att överleva den extrema uttorkning som orsakas av att allt deras frysbara vatten kristalliseras extracellulärt. Under vintern kan andelen ofrysbart bundet vatten vara så lågt som 30% av den totala mängden vatten i vävnaden.

Generellt har en planta vars celler har större förmåga att klara av uttorkning en större härdighet. En del av dessa vedartade växter har en utbredning som sträcker sig ända till arktiska områden och i experiment klarar av frysning till  $-196^{\circ}\text{C}$  när de är till fullo acklimatiserade.

## Samband mellan köldhärdighet, tillväxt och vila

På hösten avtar tillväxten och växter börjar utveckla köldhärdighet som svar på kortare dagslängd. I t.ex. försök av SkogForsk, (Hannerz, 1994) med granodling har man kunnat se att provenienser med sen avslutning av tillväxten i större grad drabbades av vinterskador än andra, då de under en ogynnsam höst inte blivit helt härdiga.

Genotyper från nordligare breddgrader eller högre höjder där det råder kallare klimatförhållanden påbörjar köldhärdningen tidigare och vid längre dagslängd än de som växer i mildare klimat (Lennartson & Ögren 2002).

Köldhärdigheten ökar gradvis medan tillväxten sjunker allt efter som köldhärdigheten ökar (Lennartson & Ögren 2002). Normalt sett är det önskvärt att ha tillväxt så länge som möjligt, samtidigt som växterna ska hinna utveckla köldhärdighet i tid för att undvika skador. Fördelar väger mot nackdelar med en sen eller en tidig invintring, men en för sen köldhärdning på hösten kan få förödande konsekvenser.

Däremot är köldhärdigheten normalt sett mer än tillräcklig för att tåla midvinterns lägsta temperaturer (Lennartson & Ögren 2002). Genetiska skillnader mellan olika plantors köldhärdighet är också mera påtaglig på hösten än på vintern.

## Proveniensenens betydelse

För lignoser hemmahörande på nordliga breddgrader är det enligt Eysteinson m.fl. (2009) nödvändigt att växten anpassar sig efter säsongsbundna klimatförhållanden. Att växten är köldhärdig under våren och hösten är en av de viktigaste egenskaperna när man väljer proveniens. När och hur snabbt köldhärdigheten går förlorad under våren och byggs upp under hösten visar på en anpassning till antingen maritimt klimat eller till inlandsklimat och temperatursumman och daglängden är nära förknippade med hur det hela styrs. Därför är även breddgraden av betydelse för hur köldhärdighet utvecklas.

Vid plantering av europeisk lärk (*L. decidua Mill.* och *L. Sukaczewii*) i Sverige konstaterades en dålig aklimatisering och känslighet för frost. Detta beror på att deras motståndskraft mot höstkyla är starkt ihopkopplad med fotoperioden (Eysteinson m.fl. 2009). Provenienser av lärk från södra Europa upplevde under hösten efter att de flyttats norrut, längre dagar och kallare temperaturer än de var vana vid.

Även försök med att plantera lärk i Sverige med ett ursprung från södra centrala delarna av Sibirien anses ha varit ett misslyckande enligt Eysteinson m.fl. (2009) då klimatet där var alltför kontinentalt i förhållande till det svenska. Detta orsakade många vårfrostskador då lärken förlorade köldhärdigheten alltför tidigt under de varma perioder som förekom under senvintern.

I försöket med lärkar från olika delar av Ryssland visade sig de som hade ett ursprung från nordvästra delarna av Ryssland ha minst skador vid plantering i Sverige vilket troligen enligt Eysteinson m.fl. (2009) beror på närheten till Barents hav som ofta är isfritt på senvintern, vilket gör att de har ett klimat som är mera likt det maritima klimatet vi har.

För att få fram växter med bättre klimatanpassning för svenska klimatförhållanden har det vid Sveriges lantbruksuniversitet sedan början av 90-talet pågått ett flertal projekt, med mål att förbättra plantskolesortimentet (E-planta, 2012). E-plantsystemet introducerades 1990 för att lyfta fram det förbättrade plantmaterialet. De frökällor som valts ut till E-plantor är de som är bäst klimatanpassade för svenska förhållanden, då klimatet varierar mycket från norr till söder kan klimatanpassningen bli ännu bättre genom regionalt anpassat E-plants material, ett arbete som pågår med bland annat björk.

Vårtbjörk är känslig för att förflyttas längre sträckor i nordsydlig riktning. Vid nordförflyttning får träden buskigare och lägre kronor, samt försämrad härdighet (E-planta,

2012). Vid sydförflyttning blir kronans form jämnare men tillväxten sämre. Klimatanpassade frökällor för varje klimatområde är det som ger bäst resultat. Vårtbjörk från Julita Gård i Södermanland fick 2006 status som E-planta.

## Skadebilder

Burke m.fl.(1976) skriver att påfrestningarna under senare delen av våren och frost under tidig höst, låga midvinter temperaturer och snabba temperaturvariationer orsakar många olika skador. Skador som både direkt och indirekt har ett samband med att vatten fryser i växtvävnaden. Dessa skador innefattande bland annat solbränna, frostsprickor och frosttorka.

Uppfrysning är till skillnad från de andra skadorna en skada som uppstår på grund av jordens egenskaper. Bland annat påverkas växtens rötter, stam och grenar negativt genom avbrutna och upplyfta rotsystem (Goulet, 1995).

### *Solbränna*

Solbränna uppstår på nordliga breddgrader och beror på kraftiga temperaturskillnader under senvintern. Skadan kan se ut som på bild 2 och uppstår på syd- till sydvästsidan då solen ligger på och tinar upp trädet som sedan kyls ner snabbt vid solnedgången. Skadan som uppstår på syd- till sydvästsidan består i att bark och kambium dör (Manion, 1991).

Träd som utsatts för solbränna har en större risk för att drabbas av bland annat svampar som orsakar kräfta (Roppolo & Miller, 2001).

Temperaturskillnader så stora som 25°C har blivit uppmätta mellan nord och sydsidan av stammar (Roppolo & Miller 2001). Den allra kraftigaste temperaturväxlingen inom den kortaste tiden uppstår på sydvästsidan av stammen.



**Bild 2.** Solbränna på *Magnolia soulangiana* 'Galaxy' (Fotograf: Kristina Johansson. Publicerat med tillstånd av fotografen 2012-02-05)

Det finns flera olika teorier enligt Karels & Boonstra (2003) om vad som orsakar solbränna. En vanlig teori är att till följd av den snabba frysningen hinner protoplasmans vatten inte förflytta sig ut ur cellen innan det fryser, vilket orsakar celldöd. Andra teorier som framförts är att solbränna inte beror på intracellulär frysning utan på solens exponering under vintern vilket försvagar vävnadens hårdighet och därigenom minskar dess tolerans för frysning, vilket tar död på vävnaden.

Barktjockleken på träd är avgörande för hur känsliga de är för solbrännan (Roppolo & Miller 2001). Träd med tjockare bark är mindre känsliga då barken kan fungera som isolering eller kan till och med innehålla en stor mängd lagrad energi som fungerar som en buffert. Bufferten minskar effekterna av uppvärmningen under dagen och den snabba avkylningen på kvällen. På grund av detta är yngre träd mera känsliga för solbränna då de ännu inte hunnit bilda tjock bark.

En annan viktig faktor är barkens färg, desto mörkare färg desto snabbare ökar temperaturen i cambiumet för att därefter snabbare falla i temperatur än ett träd med ljusare färg.

I ett försök i Ontario i Kanada av Karels & Boonstra (2003) med pappersbjörk (*Betula papyrifera Marshall*) var de första 20 cm ovanför snön omålade, därefter var hälften av träden målade med ett 60 cm långt brunt fält, ovanför det kom ett 60 cm långt fält med vitt och därefter ett omålat fält. På andra hälften av träden var det skiftat så att det nedersta fältet var omålat, det mittersta vitt och de översta 60 cm var brunmålade.

Mitt i vintern visade de brunmålade stamdelarna en maximal temperatur i kambiet under dagen på 1,2°C medan de omålade visade -9,4°C och de vitmålade -12,1°C.

När skuggan kom så sjönk temperaturen på de brunmålade med 0,06°C/min medan den vitmålade barken samt den omålade sjönk med 0,03°C/min.

I samma försök av Karels & Boonstra (2003) gjordes även tester på amerikansk asp (*Populus tremuloides Michx.*). Av de träd som fått stammen brunmålade hade 35 % skador liknande solbränna medan de vitmålade hade enbart 2,5 % skador och de omålade träden 4,5 % skador.

Solbränna är ovanligt på träd i skogsmarker men kan förekomma i kanten mot nyligen gjorda kalhyggen som ligger i syd- sydvästlig riktning från kvarvarande träd som då blir solexponerade på syd- sydvästsidan av stammen (Roppolo & Miller 2001). För att minska

sådana problem kan man helt enkelt lämna skuggande träd med relativt lågt grenverk för att skydda mot solen under vintern (Huberman, 1943).

Träd i stadsmiljö står ofta mera öppet och är därför mer utsatta för temperaturskillnader vid stammen än vad träd i skogen gör. Detta kan ytterligare förstärkas av ljusreflektion från byggnader, snö, plattläggningar och stenväggar (Roppolo & Miller 2001).

Träd som redan lider av stress på grund av abiotiska faktorer (t.ex. pH-värde, mängden närsalter i jorden, temperatur, nederbörd, vind och solljus) samt biotiska (t.ex. skadegörare) löper en större risk för att få solbränna. Den mest avgörande faktorn för att solbränna ska utvecklas är torkstress och den viktigaste åtgärden för att undvika solbränna är enligt Roppolo & Miller (2001) att vid nyplantering vattna vid rätt tidpunkt, vilket kraftigt minskar förekomsten av solbränna.

### *Frostsprickor*

Frostsprickor i träd består av längsgående sprickor på stammar och grenar, skadan går radiärt från den spruckna barken in mot mitten och uppstår under perioder av frost (Kubler 1983). Skadorna varierar mellan olika träd, men finns normalt sett inom ett fåtal meter över marken (Sano & Fukazawa 1996).

Skadorna uppkommer på många olika arter av träd som växer i kallt klimat, men är dock vanligare hos vissa arter och enligt Sano & Fukazawa (1996) är arter som hör till vissa släkten så som *Abies*, *Fraxinus*, *Platanus* och *Quercus* särskilt drabbade av frostsprickor. Bild 3 visar en frostspricka som går vertikalt längs med stammen på en salix.



**Bild 3.** Frostspricka på *Salix*  
(Fotograf: Karl-Johan Öhlin.  
Publicerat med tillstånd av  
fotografen 2012-03-09)

Enligt Sano & Fukazawa (1996) finns många olika

teorier om vad som är avgörande för att frostsprickor ska uppstå.

Enligt bland annat Geiger m.fl. (1950) uppstår frostsprickor ofta under soliga dagar under vintern. Den lågt stående vintersolen förser sydsidan av stammen med mycket strålningsenergi under dagen. Stora temperaturskillnader bildas då mellan den kalla luften och

stammens sydsida. Kambiumlagret under barken innehåller som förberedelse till att saven ska stiga stora mängder vatten. Kambiumlagret kan ha svårt för att klara av de kraftiga spänningar som uppstår på grund av växlande mellan uppvärmning mitt på dagen och avkylning på natten. Frostsprickorna kan till en början vara mycket små för att sedan vidga sig och bilda kraftigare sprickor.

Andra forskare menar att det beror på att veden krymper på grund av inre uttorkning. Uttorkningen beror på att vatten passerar ut genom cellens vägg till intercellularer där det fryser (Kubler, 1983).

Andra anledningar till att frostsprickor uppstår som framförts, är att sprickorna kan vara orsakade av tidigare skador på stammarna. Skadorna utgör en grund för frostsprickning när väl kylan kommer (Butin & Shigo 1981).

Det gemensamma för alla teorier ovan är enligt Sano & Fukazawa (1996) att snabb kylning eller kraftig köld är den utlösande faktorn eller huvudorsaken för bildandet av frostsprickor. Frostsprickor uppstår dock även i regioner där lägsta temperaturen på vintern inte sjunker mycket under 0°C (Kubler, 1983).

Under efterföljande växtsäsong brukar skadan normalt sett överbryggas av kallusvävnad och en årsring (Kubler, 1983). Denna överbrygning av skadan är dock ofta för tunn och svag för att motstå de krafter som leder till frostsprickor, läkande och sprickande av skadan kan pågå i årtal och upprepade cykler utav frysande och tinande kan istället göra att frostsprickan förlängs längsmed trädets yta.

Skadorna som frostsprickor orsakar inom skogsbruket är försämrade kvalitet på virket, vilket ger lägre priser på virket. Både inom skogsbruket och inom trädgårdsbruket är det problem med att skadegörare som t.ex. svamp får en väg in i trädet (Burton m.fl. 2008). Frostsprickor är enligt Burton m.fl. (2008) den viktigaste vägen in i sockerlönnar för över 28 olika svamparter som orsakar rot- och stamrötter.

I försök av Burton m.fl. (2008) om frostsprickor på *Acer saccharum* drogs slutsatsen att mängden frostsprickor var högre i skogar där träd utsatts för mer mekaniska skador under gallringar. För att minska antalet frostsprickor bör man föröka anstränga sig för att minska på mängden mekaniska skador.

## *Frosttorka*

Under vintern när marken är i tjäle och stammen fryst förhindras vattenupptag från marken, samtidigt kan luftens temperatur och solinstrålningen göra att vatten avdunstar från växten, vilket gör att den torkar ut (Pettersson, 1984). Månaderna mars-april är för städsegröna växter mycket ansträngande då soliga dagar i kombination med låg fuktighet och kalla nätter med flera minusgrader förekommer. Vintergröna växter som står i sydlägen som är sol och vindexponerade är extra utsatta för uttorkningen.

Torkan kan påverka xylemets ledningsbanor, då tröskelvärdet för vattenpotentialen passeras kan luft från angränsade redan luftfyllda områden spridas och blockera xylemets ledningsbanor med luftbubblor (Sperry & Sullivan, 1992).



**Bild 4.** Bild på två exemplar av *Pinus nigra* 'Marie Brégeon' där det vänstra exemplaret är drabbat av frosttorka. (Foto: Love Heكتور)

Barrträd, Rhododendron, Mahonia, vissa Berberis och Euonumusarter med flera städsegröna växter som drabbats av frosttorka får på våren och försommaren bruna, missfärgade och torkade blad och barr (Pettersson, 1984). Bladen på Rhododendron rullar dessutom ihop sig och får bruna kanter. Bild 4 visar skillnaden på två exemplar av *Pinus nigra* varav det ena har blivit drabbat av frosttorka och under senvintern och våren fått en gulbrun färg på många barr. Växter i trädgårdar kan med olika metoder skyddas mot frosttorka. Man kan försöka hindra tjälen från att gå allt för djupt genom att täcka marken med t.ex. löv eller bark (Pettersson, 1984).

För att minska avdunstningen kan man täcka ömtåliga växter från vårsolen. På hösten kan det inför vintern vara bra att vattna jorden ordentligt. Redan vid planeringen av nyplanteringar bör man tänka på placeringen av känsliga växter.

Risken för att plantor ska drabbas av frosttorka är större om plantering sker så sent på hösten att de inte hinner etablera sig (Hannerz, 1994).



## *Uppfrysning*

När vatten fryser ökar volymen med cirka 10 %, tjällyftning och uppfrysning sker på jordar som innehåller mycket vatten (Eriksson m.fl. 2005). Hos finmo-, mjäla-, och lättlerajordar är problemen särskilt stora då de har en stor förmåga att transportera vatten kapillärt.

Uppfrysning av nyplanterade småplantor kan vara ett stort problem då både tillväxten och överlevnadsgraden sänks (Goulet, 1995). Uppfrysningen skadar växten genom att bryta av rotsystemet och lyfta upp det ur jorden, där det utsätts för vinden och solens strålar som torkar ut det. Plantor som utsatts för uppfrysning men överlevt riskerar att växa långsammare och vara sämre förankrade än plantor som inte drabbats. Små plantor är speciellt känsliga för uppfrysning och allra känsligast är direktsådda plantor.

Uppfrysningen kan även vara det som orsakar frosttorka då förmågan att ta upp vatten försämras (Snyder, 2007).

Problem med uppfrysning ökar vid markförberedelser, då det översta humuslagret minskar så ökar mineraljordens värme och avdunstning under dygnet (Bergsten m.fl. 2001).

Skuggande av plantan under tillväxtsäsongen och framförallt under den vilande säsongen minskar kraftigt skadorna, då både förekomsten och storleken på uppfrysningarna minskar (Goulet, 1995). Under dagen minskar skuggningen solinstrålningen på marken runt plantan och under natten minskar det utstrålningen av värme.

Överskuggande vegetation bör enligt Goulet (1995) kvarlämnas och enbart konkurrerande vegetation bör tas bort och i marken bör så små ingrepp som möjligt göras.

## **Diskussion och slutsats**

Vad gäller knoppvila så råder oenighet om hur det fungerar och det finns en mängd olika bevis för och emot de olika teorierna, vilka dock inte har tagits upp i detta arbete. Vad det gäller köldhärdighet verkar det inte råda lika många frågetecken utan i artiklar av Burke m.fl.(1976) och Weiser (1970) råder relativt stor enighet om orsakerna.

Svårigheterna i att förstå hur buskar och träd klarar av kylan och vintern ligger i oklarheten om hur knoppvila fungerar.

Förhållandet mellan knoppvila och köldhärdighet är komplext. Vila och köldhärdighet ska enligt Fuchigami & Nee (1987) ses som två separata processer som hänger samman med

varandra. De man kan konstatera är att det är viktigt att växten inte är i tillväxt utan i vila för att vedartade växter ska kunna utveckla en stark köldhärdighet och undvika skador.

Vid nyplantering på utsatta lägen kan karakteristiska skador uppstå och på grund av detta bör det alltid anses viktigt att överväga vilka tänkbara skador som kan uppkomma t.ex. solbränna, frostsprickor, frosttorka och uppfrysning.

I äldre planteringar kan skador uppstå då närmiljön förändras t.ex. att träd som tidigare haft vegetation på sydvästsidan av stammen blir mer exponerade för solen efter att skyddande vegetation tas bort. Träd som råkar ut för detta kan bland annat drabbas av solbränna (Roppolo & Miller 2001).

Då vinterskador kan uppstå till följd av tidigare skador, är det också viktigt att beskärning utförs på ett korrekt vis och att andra skador på trädet, så som fläxskador på grund av påkörning m.m. undviks.

Vinterskador uppstår även ibland som följd av tidigare påfrestningsskador som t.ex. sprickor som både kan uppstå efter läkta äldre frostsprickor och på grund av torksprickor.

Växter som är försvagade av olika anledningar löper också en ökad risk för att drabbas av skador under vintern, därför är det av stor vikt att växten har bra tillväxtförhållanden och inte exempelvis lider av torkstress.

## Slutsats

- Att både köldhärdighet och knoppvila är utvecklade inför vintern är av stor vikt för att vedartade växter ska klara denna. Vilan gör så att synlig tillväxt i strukturer hos växten upphör tillfälligt. Växter i tillväxt är inte härdiga och inte kapabla att bli det, så vilan under vintern är nödvändig för överlevnad. I tillväxt dör stammars och grenars olika vävnader så fort de fryser.
- Det är normalt sett inte midvinterns temperaturer som tar död på vävnader hos lignoser som bör vara tåliga för svenskt klimat, utan oftast är köldhärdigheten mer än tillräcklig för att tåla midvinterns lägsta temperaturer. Istället orsakas mycket av skadorna under hösten på grund av för sen invintring och under våren på grund av att köldhärdigheten gått förlorad alltför tidigt.

- Ofta blir vinterskador inkörsportar för svampsjukdomar eller ger upphov till andra sekundära skador. Frostsprickor som orsakar vertikala sprickor är t.ex. viktiga vägar in i lignoserna för rot- och stamröter och lignoser drabbade av solbränna har även en större risk för att drabbas av svampar som orsakar kräfta.

# Källförteckning

## Tryckta källor

- Arora, R., Rowland, L.J. & Tanino (2003) Induction and release of bud dormancy in woody perennials: A science comes of age. *HortScience*. 38 s. 911–921.
- Bergsten, U., Goulet, F., Lundmark, T. & Ottoson Löfvenius, M. (2001) Frost heaving in a boreal soil in relation to soil scarification and snow cover. *Can. J. For. Res.* 31 s. 1084–1092
- Burke, M.J., Gusta L.V., Quamme, H.A., Weiser, C.J. & Li, P.H. (1976) Freezing and injury in plants. *Plant physiology*. 27 s. 507-528
- Burton, J. Zenner, E & Frelich, L. (2008) Frost Crack Incidence in Northern Hardwood Forests of the Southern Boreal–North Temperate Transition Zone. *NORTH. J. APPL. FOR.* 25 (3) s. 133-138.
- Butin, H. & Shigo, A. (1981) Radial shakes and "frost cracks" in living oak trees. *Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service*. 478 s. 1-21
- Champagnat, P. (1983) Bud dormancy, correlation between organs, and morphogenesis in woody plants. *Soviet Plant Physiology*, 30 s. 458-471.
- Côme, D. & C. Thévenot. (1982) Environmental control of embryo dormancy and germination, *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier Biomedical Press s. 271–298.
- Crabbé, J., Barnola, P. (1997) A new conceptual approach to bud dormancy in woody plants, *CAB International* s. 83-113.
- Dennis, F.G. (1994) Dormancy – What we know (and don't know). *Hortscience*, 29 (11) s. 1249-1255.
- Eriksson, J., Nilsson, I & Simonsson, M (2005). *Wiklanders marklära*. Lund: Studentlitteratur. ISBN: 978-91-44-02482-0.

- Eysteinnsson, T., Karlman, L., Fries, A., Martinsson, O. & Skulason, B. (2009) Variation in spring and autumn frost tolerance among provenances of Russian larches. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24 s. 100-110.
- Fuchigami, L.H., Nee, C.C. (1987) Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. *HortScience* 22(5) s. 836-845.
- Fuchigami, L.H., Weiser, C.J., Kobayashi, K., Timmis, R. & Gusta, L.V. (1982) A degree growth stage ( $^{\circ}\text{GS}$ ) model and cold acclimation in temperate woody plants. S. 93-116. In *Plant Cold Hardiness and Freezing Stress* (Li, P., Sakai, A. eds). Academic Press. New York.
- Geiger, R., Aron, R. H. & Todhunter, P. (1950). 6. omarbetade uppl. *The climate near the ground*. Lanham: Rowman & Littlefield. ISBN: 0-7425-1857-4
- Goulet, F. (1995) Frost heaving of forest tree seedlings: a review. *New Forests*. 9 s. 67-94.
- Huberman, M. A. (1943) Sunscald of Eastern White Pine. *Ecology*. 24 (4) s. 456-471.
- Karels, T.J. & Boonstra, R. (2003) Reducing Solar Heat Gain during Winter: The Role of White Bark in Northern Deciduous Trees. *ARCTIC*. 56 (2) s.168-174
- Kubler, H (1983) Mechanism of Frost Crack Formation in Trees-A Review and Synthesis. *Forest Science*. 29 (3) s. 559-568.
- Lang, G.A., (1987) Dormancy: A new universal terminology. *Hortscience*. 22 (5) s. 817-820.
- Lennartson, M. & Ögren, E. (2002) Causes of variation in cold hardiness among fast-growing willows (*Salix* spp.) with particular reference to their inherent rates of cold hardening Plant, Cell and Environment. *Plant, Cell and Environment*. 25 s. 1279–1288.
- Levitt, J. (1980) *Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1, Chilling, freezing, and high temperature stresses*. 2.ed. New York: Academic press
- Manion, D. (1991) *Tree disease concepts*. 2. rev. uppl. Englewood Cliffs: Prentice Hall
- Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. (2005) *Biology of plants*. Uppl.7. W.H. Freeman and Company. USA. ISBN: 0-7167-1007-2

Romberger, J.A. (1963) Meristems, growth, and development in woody plants: an analytical review of anatomical, physiological, and morphogenic aspects. *Technical bulletin* 1293 s. 1-214.

Roppolo, D. & Miller, R. (2001) Factors Predisposing Urban Trees to Sunscald. *Journal of Arboriculture*. 27 (5) s. 246- 254.

Sano, Y. & Fukazawa, K. (1996) Timing of the occurrence of frost cracks in winter. *Trees*. 11 s. 47-53.

Schrader, J., Moyle, R., Bhalerao, R., Hertzberg, M., Lundeberg, J., Nilsson, P. & Bhalerao, R. P. (2004) Cambial meristem dormancy in trees involves extensive remodelling of the transcriptome. *The Plant Journal*. 40 s. 173–187.

Sperry, J. & Sullivan, J. (1992) Xylem Embolism in Response to Freeze-Thaw Cycles and Water Stress in Ring-Porous, Diffuse-Porous, and Conifer Species. *Plant Physiol*. 100 s. 605-613.

Weiser, C. J. (1970) Cold Resistance and Injury in Woody Plants. *Science*. 169 (3952) s. 1269-1278.

Westwood, M.N. (1993) *Temperate-zone pomology: physiology and culture*. Uppl. 3. 382-384. Timber press. USA. ISBN: 978-1-60469-070-5

### **Elektroniska källor**

E-planta [online]. *Utveckling av träd och buskar för E-plantsystemet*. Tillgänglig: <http://www.eplanta.com/index.asp?pagenr=13> [2013-03-08]

Hannerz, M. 1994. Vinterskador på gran. SkogForsk [online]. Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/upload/Dokument/Resultat/1994-18.pdf>

Ne. Nationalencyklopedin. Tillgänglig: <http://www.ne.se> [2013-02-03]

Pettersson, M.L., SLU, Konsulentavd./växtskydd (1984). Växtskador av låg temperatur [online]. Tillgänglig: [http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/faktablad\\_tradgard/FVT013/FVT013.HTM](http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/faktablad_tradgard/FVT013/FVT013.HTM) [2010-08-28]

Snyder, M. 2007. *What Do Tree Roots Do in Winter?* Northern Woodlands. Tillgänglig: [http://northernwoodlands.org/articles/article/what\\_do\\_tree\\_roots\\_do\\_in\\_winter](http://northernwoodlands.org/articles/article/what_do_tree_roots_do_in_winter) [2013-03-08]