**VORSTSCADE IN DE BOOMKWEKERIJ**

Het risico op vorstschade in de boomkwekerij is in de winter 2011/2012 weer pijnlijk duidelijk geworden. Dit kan zich uiten in complete uitval van de plant of kwaliteitsverlies (bijv. dode scheuten). Dit kennisdossier zet op een rij hoe vorstschade ontstaat en wat je er tegen kunt doen.

De volgende onderwerpen worden behandeld:

* Hoe ontstaat vorstschade?
* Afharden van planten
* Klimaatverandering
* Risicofactoren in de teelt
* Een goede winterbescherming

**HOE ONTSTAAT VORSTSCHADE?**  
Vorstschade kan zowel bij het ondergrondse deel als bij het bovengrondse deel ontstaan. Directe vorstschade ontstaat als de temperatuur zover daalt dat er ijskristallen ontstaan in de plantencellen, waardoor deze beschadigen.  
Een indirecte vorm van vorstschade is uitdroging. Bij harde wind of enige instraling verdampt de plant vocht. Als de wortelkluit dan bevroren is, kan de plant dit vochttekort niet aanvullen en droogt de plant uit.

De temperatuur waarbij kristallen ontstaan is afhankelijk hoeveel opgeloste stoffen er in de plantencel aanwezig zijn. Opgeloste stoffen als suikers, nutriënten, etc. fungeren als antivries, waardoor een lagere temperatuur kan worden doorstaan. Daarnaast speelt de hardheid van het weefsel een rol.

Een indirecte vorm van vorstschade bij bladhoudende gewassen is uitdroging. Bij harde wind of enige instraling verdampt de plant vocht. Als de wortelkluit dan bevroren is, kan de plant dit vochttekort niet aanvullen en droogt de plant uit.

**Vorstschade door temperatuursverschillen**  
Bij vorstschade is niet alleen de temperatuur zelf belangrijk, maar vooral ook temperatuurverschillen. Als de temperatuur in het najaar geleidelijk naar beneden gaat, ontstaat een goede winterhardheid. Bij een warm najaar en een plotselinge overgang naar temperaturen (ver) onder nul ontstaat grote schade. Vroeg in het voorjaar kan de winterrust doorbroken zijn door voldoende kou. De plant begint dan te groeien en wordt dan gevoeliger voor latere perioden met vorst. Ook grote temperatuurverschillen tussen wortelkluit en gewas kan tot schade leiden. Bij bladhoudende gewassen kan door instraling de bladtemperatuur makkelijk oplopen tot 15°C, terwijl de wortelkluit nog bevroren is. Hierdoor ontstaat verdamping in het blad, maar de wortels kunnen de watervraag niet leveren, waardoor de plant bovengronds verdroogt. Zodra de instraling stopt, kan de bladtemperatuur zeer snel dalen tot beneden 0°C, wat ook schade kan opleveren. Temperatuurschommelingen in de winter moeten dus zoveel mogelijk voorkomen worden.

**Wortels zijn gevoeliger**  
De wortels van planten zijn relatief gevoelig voor vorst. Als voorbeeld kan *Pyracantha* genoemd worden. De takken kunnen -25°C verdragen, volwassen wortels -19°C, terwijl jonge wortels al schade oplopen bij -6°C

Daar komt bij dat jonge wortels vaak aan de buitenkant van de potkluit zitten, waar de kou meer vat op heeft. Als alleen jonge wortels stukvriezen kan een plant het wel overleven, maar dergelijke planten lopen in het voorjaar langzamer uit en lopen zo groeiachterstand op. De gevolgen van wortelschade door vorst kan soms pas in het voorjaar duidelijk worden als de plant een grotere watervraag krijgt.  
Bij natte potten is de kans op vorstschade groter. Door uitzetting van het water bij bevriezing worden de wortels kapot gedrukt. Dit resulteert in dode en rotte wortels. Wortels in een drogere pot kunnen tot 7 graden lagere temperaturen doorstaan dan wortels in natte pot. Het vochtgehalte in de pot moet echter hoog genoeg blijven om water te kunnen opnemen bij verdamping.

**Bovengrondse symptomen van vorstschade**  
Bovengronds kan vorstschade snel zichtbaar zijn door gekrulde of slaphangende bladeren. Knoppen en oculaties die aan het eind van de winter of in het voorjaar vorstschade hebben opgelopen, zien er bij het doorsnijden glazig uit. Binnen enkele uren verkleurt de knop van glazig naar bruin tot zwart. De buitenste bladeren van een knop blijven echter vaak in leven, maar de knop zal niet meer uitlopen. Als alleen de bloemknop bevroren is, kan de knop vaak nog wel vegetatief uitlopen. Vorstschade in het hout uit zich in verschillende symptomen. Het bastweefsel is bruin verkleurd, doordat de cellen beschadigd zijn. Ook kunnen er vorstscheuren ontstaan. Deze ontstaan door spanningen in het hout door grote temperatuurverschillen. Door de warmte van de zon kan de stam aan de ene kant sterk opwarmen, terwijl de temperatuur aan de andere kant onder het vriespunt blijft. Vorstscheuren lopen in de lengte van de stam. [Lees meer](http://edepot.wur.nl/201114) (bestand ontstaan vorstscheuren)

**AFHARDEN VAN PLANTEN**Vaak wordt er gesproken over het ‘afharden’ van planten, maar wat is dit nu eigenlijk? De overgang van een plant van het groeistadium naar het winterharde stadium heet het afhardingsproces. Dit proces bestaat uit verschillende fases. In de eerste fase komt de groei van een plant tot stilstand. De groeistilstand van planten ontstaat onder invloed van korter wordende dagen, afnemende temperaturen. Gedurende het afhardingsproces neemt de hoeveelheid water in de plant af, zodat lagere temperaturen beter worden doorstaan. Het hormoon abcissinezuur (ABA) speelt een rol in dit proces. Onder invloed van ABA gaan de huidmondjes verder open staan, zodat water makkelijker kan verdampen. Tegelijkertijd neemt in de wortels de weerstand toe om water op te nemen. Om de tweede fase van afharden op gang te brengen, zijn temperaturen onder het vriespunt nodig. Vooral lichte vorst ’s nachts en zonnige perioden overdag zijn hiervoor gunstig. Er ontstaan veranderingen in de structuur van celmembranen en wordt de doorlaatbaarheid van water groter. Hoge suikerniveau’s in de cellen zorgen er veelal voor dat het afhardingsproces beter verloopt.

KLIMAATVERANDERING  
De winters in Nederland zijn in afgelopen 40 jaar zachter geworden. Dit heeft gevolgen gehad voor het sortiment. Er worden nu soorten geteeld, die indertijd als onvoldoende winterhard werden ervaren voor Nederlandse omstandigheden, bijv. Prunus laurocerasus. Nederland werd ingedeeld in zone 8 en 7b (midden in 8a en kustgebied in 8b en Noordoost Nederland in zone 7b). Op basis van de klimaatgegevens van 1978-2007 valt Nederland nu volledig in zone 8.

**RISICOFACTOREN IN DE TEELT**

Er zijn een aantal factoren in de teelt die een invloed hebben op de kans op vorstschade:

* Potgrond
* Bemesting
* Snoeien
* Potmaat en potvorm
* Ondergrond van containerveld

**Potgrond**  
Een goed drainerende, luchtige potgrond is gunstig voor de overwintering. Door de neerslagoverschot in het najaar blijven potten langer nat. Hierdoor is meer risico op wortelrot. Bovendien bevriezen natte potten makkelijker, waarbij door het uitzetten van het water de wortelcellen kapot worden gedrukt. Luchtige potgrond isoleert tegelijk beter. Planten die in het najaar één of meerdere weken droog hebben gestaan, kunnen bij een plotseling invallende koudeperiode een temperatuur verdragen die 7°C lager ligt dan van planten die natter waren.

**Bemesting**  
Bemesting is ook een factor die veel invloed kan hebben op de winterhardheid. Door late stikstofbemesting kan de groei van een gewas te lang doorgaan, waardoor het afhardproces te laat op gang komt. Een element als kali heeft een gunstig effect op het afharden van planten. Cellen blijven kleiner en celwanden worden sterker door kalium. Er wordt geadviseerd om in de containerteelt vanaf half augustus het mestschema aan te passen en mogelijk een stikstofarme meststof te gebruiken.

**Snoeien**  
Snoeien net voordat de groei tot stilstand komt, stimuleert hergroei en zorgt dus voor het later op gang komen van het afhardproces, waardoor er alsnog flinke vorstschade kan ontstaan in het gewas.

**Potvorm en potmaat**  
In vierkante potten treedt minder vorstschade op dan in ronde potten. Vierkante potten sluiten beter op elkaar aan, waardoor vorst minder kans heeft. Het verschil kan wel 6 graden bedragen. De potmaat heeft verschillende invloeden. In een relatief grotere pot zal de temperatuur bij niet langdurige vorstperioden minder ver dalen, zeker in het midden van de pot. Zodra de vorst voorbij is, zal de pottemperatuur echter ook weer langzamer stijgen. In een relatief grotere pot hebben planten relatief een sterker wortelstelsel, waardoor de kans op vorstschade kleiner is. Anderzijds kan in een grote pot  vanuit het najaar vaker een grotere hoeveelheid voeding aanwezig zijn, waardoor deze planten minder goed in winterrust gaan. In die situatie kan er sneller vorstschade optreden.

**Ondergrond containerveld**  
Uit Duits onderzoek blijkt dat het type recirculerend containerveld grote invloed heeft op de pot- en luchttemperatuur in de overwinteringstunnel. Er zijn vier varianten vergeleken, namelijk containerveld op zand, lava (15 cm dik), Floramat en Delta-Terra XX Drainmat. De planten stonden in een lage tunnel met thermovlies M85 of folie. Bij een vorst van -17°C (luchttemperatuur boven een niet afgedekt containerveld) was de minimum luchttemperatuur in een tunnel met folie -8,9°C, op het lavaveld -11,8°C, gevolgd door Delta-Terra XX Drainmat (-12,4°C) en Floramat (-15°C). Bij de minimale pottemperatuur was een vergelijkbaar beeld te zien, zie onderstaande tabel.

Type containerveld Minimale substraat-temperatuur(oC)

Containervelden op zand zonder bescherming -14,8

In tunnel op containerveld op zand -9,0

In tunnel op Delta terra XX drainmat -12,0

In tunnel op lavaveld -12,3

In tunnel op floramat -14,7

Verder was ook opvallend dat er bij de Floramat grotere temperatuurschommelingen gemeten werden gedurende het seizoen. Bij een containerveld op zand was dit duidelijk minder. De beide anderen lagen hier tussen in. Bij een containerveld met Floramat worden dus lagere temperaturen gehaald, zodat een goede winterbescherming daar veel belangrijker is. Bij een containerveld direct op zand wordt meer geprofiteerd van de warmte in de grond. De Floramat is opgebouwd uit schuim, waardoor deze isolerend werkt t.o.v. de ondergrond. Ook bij beide andere containerveldtypen wordt minder geprofiteerd van de warmte in de ondergrond. Bij sterke instraling liep de pottemperatuur op lavaveld echter ook weer sneller op dan in potten op een containerveld op zand (4,7°C t.o.v. 3,4°C). In de praktijk wordt schuimbeton als teeltvloer ook als erg vorstgevoelig ervaren.

**OVERWINTERING IN DE BOOMKWEKERIJ**

Bij het overwinteren van boomkwekerijgewassen zijn er een aantal mogelijkheden:

* Tunnels
* Afdekmaterialen
* Kassen
* Bodemwarmte;
* Overwinteren in koelcel

**Tunnels**  
Lage tunnels zijn de goedkoopste manier van winterbescherming met een redelijk tot goed resultaat. Door melkwit folie te kiezen wordt een te grote temperatuurstijging voorkomen. Bij transparant folie is er een grotere instraling, waardoor de temperatuur sneller oploopt. Bij afdekmaterialen met perforaties is er meer uitwisseling met de buitenlucht, waardoor de temperatuur en de luchtvochtigheid beter wordt geregeld (zie ook kopje afdekmaterialen). Lage tunnels hebben relatief meer randen, waar sneller vorstschade ontstaat. De temperatuurverschillen tussen het midden en de rand kunnen wel oplopen tot 12°C. Isolatie langs de randen aanbrengen kan dit probleem verkleinen. Ook het afdekken van de potten met een mulch materiaal zorgt dat er minder vorstschade aan de wortels ontstaat.

Hoge tunnels (tot 2,5 meter) zijn vaak in gebruik als permanente tunnels en zijn vaak duurder. Hoge tunnels hebben een grotere luchtbuffer (=isolerend). Door het relatief grotere grondoppervlak zijn er minder randen, waar de vorst vat op kan hebben. Omdat er vaak transparant folie gebruikt wordt, kunnen er grotere temperatuurverschillen optreden tussen dag en nacht. Met name de dagtemperatuur loopt hoger op door instraling. Tijdens langdurige vorstperioden zal de minimumtemperatuur gelijk zijn aan lage tunnels. Wel kunnen er makkelijker hete luchtkanonnen gebruikt worden om de kou te weren uit de tunnel. De beste overwinteringsresultaten zijn behaald als in de tunnel tijdelijk een tweede folielaag is aangebracht met melkwitfolie.

**AFDEKMATERIALEN**  
Afdekmaterialen hebben de functie om temperatuurverschillen tussen dag en nacht te verkleinen, een te lage minimumtemperatuur te voorkomen en te beschermen tegen wind (uitdrogen). Tunnels van witte folies gaven in het algemeen goede resultaten. Echter bij strengere vorst (lager dan -5°C) kan ook in de tunnel de temperatuur te laag worden. Het is dan verstandig om dikkere en dichtere materialen te gebruiken, zoals thermovlies, thermodeken, antiworteldoek of noppenfolie. Zodra de strenge vorst verdwenen is, moet dit materiaal weer op tijd verwijderd worden.

  
**Als winterbescherming zijn materialen als vliesdoek, tunnels met wit folie en geweven doeken prima geschikt. Bij strengere en langdurige vorstperioden is het verstandig om de planten extra af te dekken met zwaardere doeken of noppenfolie. Zodra de vorstperiode verdwijnt moeten deze snel weer verwijderd worden, omdat de temperatuur anders makkelijk weer te hoog kan oplopen.**

In de winter 1986/1987 zijn er proeven gedaan met verschillende afdekmaterialen op lage tunnels. De standaard was wit PE-folie. Er zijn vergelijkingen gemaakt met vliesdoek (Terram 3000) en twee schermdoeken (PLS-50 en PLS-70). De warmtehuishouding in de tunnel wordt beïnvloed door de lichtdoorlatendheid voor zowel zichtbaar licht als infrarood licht. Infrarood licht is een warmtestraling. Hierbij speelt reflectie in twee richtingen, namelijk van buiten naar binnen (m.n. overdag) en van binnen naar buiten (m.n. ’s nachts).  
Nadelen van wit PE-folie: het materiaal is luchtdicht, waardoor sneller smucht optreedt (hoge luchtvochtigheid). Op zonnige dagen loopt de temperatuur snel op. Bij harde wind kan het folie scheuren en het folie gaat 1 á 2 jaar mee. Voordeel is de relatief lage prijs.  
In de proef zijn 4 gewassen getest, nl. Chamaecyparis, Cupressocyparis, Euonymus en Pyracantha. De winter veroorzaakte in deze proef in alle behandelingen schade (nov en dec zacht, januari erg koud), maar er was wel verschil tussen de afdekmaterialen. PLS-50 kwam het beste uit de test. Dergelijke schermdoeken zijn wel relatief duur. Bij Chamaecyparis voldeden wit folie en vliesdoek even goed. Bij de andere gewassen was PLS-50 het beste, gevolgd door vliesdoek. PLS-70 scoorde bij alle gewassen het slechts, hoewel onder dit materiaal de temperatuur het beste afgevlakt werd. In het najaar bleef de temperatuur onder dit materiaal hoger dan onder de andere afdekmaterialen.

Recent zijn in Duitsland drie afdekmaterialen vergeleken, namelijk een groen net, folie (Lochfolie T150) en Thermovlies M85. Het groene net bleek weinig bescherming te bieden. Het verschil tussen wel of geen afdekking was hooguit 1°C bij nachtvorsten van -10°C. Folie en Thermovlies boden betere bescherming, want de minimumtemperatuur lag dan 4 graden hoger. Het verschil tussen folie en thermovlies werd niet duidelijk. In het ene jaar was folie beter en in het volgende jaar thermovlies. Het verschil was ca. 1-2°C.

In 1979 kwam een thermodeken van microschuim (0,6 cm) goed uit een proef als afdekmateriaal. Zonder bescherming liep de pottemperatuur terug tot -10 °C, waarbij alle vier geteste gewassen schade opliepen. Overwintering in een lage tunnel met wit folie reduceerde de schade. De minimumtemperatuur in de pot bleef soms 3 graden hoger, maar in sommige nachten was er geen temperatuurverschil met onbedekte potten. Het beste resultaat in die proef werd behaald met een thermodeken plus een transparant folie. Hieronder werd substantieel minder vorst gemeten, namelijk -3 °C t.o.v. -10 °C bij onbedekt. Zodra de zon richting het voorjaar echter weer meer kracht heeft kan de temperatuur snel oplopen onder dit afdekmateriaal.

In Amerika zijn rond 1990 in een proef 4 afdekmethoden vergeleken, namelijk een tunnel met wit folie (2 meter hoog), 2 doeken van polypropyleen (non woven) die de hele winter op het gewas lagen en een transparant folie wat alleen bij vorstperioden over het gewas gelegd werd. De tunnel met wit folie gaf de beste bescherming bij Ilex crenata en Euonymus fortunei, gevolgd door het transparante folie. De temperatuur onder het transparante folie kon echter snel oplopen bij enige instraling. De beide doeken gaven wel enige bescherming, maar te weinig voor deze gewassen.  
In de boomkwekerij wordt ook gebruik gemaakt van vliesdoeken en geweven doeken. Deze laten lucht en vocht door, waardoor er onder het doek een beter klimaat ontstaat.

Een natuurlijk afdekmateriaal is sneeuw. Sneeuw bevat veel lucht, dat sterk isoleert. Het gewas onder de sneeuw wordt prima beschermd. Daarentegen koelt het onder een heldere hemel vlak boven de sneeuwlaag veel sterker af dan boven een onbedekte bodem. Takken en stammen die boven de sneeuwlaag uitsteken zullen dus bij strenge vorst grotere schade oplopen.

**Kassen**  
Grofweg kunnen de kassen in twee verschillende types worden ingedeeld: de glazen kassen en tunnelkassen. De overwintering in foliekassen is de goedkoopste manier. Er worden over het algemeen vorstgevoelige gewassen overwinterd. Zeer vorstgevoelige gewassen kunnen het beste in een vorstvrije kas worden overwinterd.

Een kas heeft als voordeel dat de teelt beter in de hand is te houden dan in tunnels. De buffer is groter, zodat eventuele temperatuurverschillen beter worden opgevangen. Luchten en verwarmen is in de kas vaak beter te realiseren dan in de meeste tunnels. De kas wordt in de meeste gevallen verwarmd om vorstvrij te houden. Dit verwarmen gebeurt vaak met een zogenaamde heater. Planten zijn in een kas beschermd tegen de wind, waardoor uitdroging minder snel optreedt. Ook in de winter kan het belangrijk zijn om te schermen, door de zonnestraling kan de temperatuur overdag hoog oplopen. Er zijn bij sommige gewassen ook goede ervaringen opgedaan met stoken onder nul. Dan wordt bijvoorbeeld een minimumtemperatuur gehanteerd van -4°C en het gewas vervolgens afgedekt met doek.

Bij verschillende gewassen kan gedurende de winterperiode schimmelvorming optreden door een te hoge luchtvochtigheid. Vaak wordt dit behandeld met een gewasbeschermingsmiddel. Een ontwikkeling van de laatste jaren is het plaatsen van ventilatoren in overwinterings kassen. Door middel van ventilatoren wordt er meer luchtbeweging gecreëerd. Het microklimaat rondom de planten wordt droger en de kans op schimmelvorming is daarmee veel kleiner.

**Bodemwarmte**  
In 1996 en 1997 zijn er proeven uitgevoerd naar de toepassing van bodemwarmte in lage tunnels op containervelden om de risico op vorstschade te verkleinen. In deze proef is een elektrisch verwarmingselement gebruikt. De verwarming zorgde ervoor dat de pottemperatuur niet beneden de -2 graden kwam; er werd verwarmd tot maximaal +5°C. In de proef deden *Pieris*, *Viburnum tinus* en *Ilex aquifolium* mee in kleine potmaten (P9). Tussen half december en half januari was er een vorstperiode, waarin in de tunnels zonder bodemverwarming temperaturen tot -10°C werden gemeten. In de tunnels met bodemverwarming kwam de luchttemperatuur niet lager dan -3°C. De planten die niet op bodemverwarming stonden waren in het voorjaar allemaal dood, terwijl de planten op bodemwarmte het grotendeels overleefd hadden. De oorzaak van de uitval in de vakken met bodemwarmte wordt gezocht in te droge kluiten. In de tunnels met bodemwarmte stonden ook enkele planten op de isolatieplaat naast de bodemwarmte. Deze planten waren niet dood, maar waren duidelijk van minder kwaliteit. De kieming van de wortels was minder op gang gekomen en het gewas was nog niet actief.

Bij dit thema kan ook een andere interessante proef genoemd worden, waarbij bodemwarmte bij de overwintering in de kas is gebruikt. De worteltemperatuur bleef gemiddeld 5 graden warmer dan zonder bodemwarmte. Alle vijf geteste gewassen (*Cotinus*, *Hydrangea*, *Magnolia*, *Rhododendron* en *Viburnum*) hadden in het voorjaar een duidelijk beter ontwikkeld wortelstelsel. De groei in de bodemwarmtebehandeling was in mei bij alle gewassen met gemiddeld 40% toegenomen.

Bodemwarmte op het containerveld lijkt technisch dus goede perspectieven te bieden. Energiekosten zijn een punt van aandacht. Tegenwoordig zijn er echter meer mogelijkheden met warmtepompen. Het zou interessant zijn om na te gaan of in de zomer warmte van het containerveld geoogst kan worden (=koeling), die in de winter wordt gebruikt voor verwarming.

**Overwinteren in een koelcel**  
Boomkwekerijproducten zijn levende producten en ademen dus. Hierbij produceren ze vocht en warmte. Om de ademhaling te kunnen remmen, moeten gewassen bij lage temperaturen worden bewaard. Dit kan bereikt worden door gewassen in een koelcel te bewaren. Koelen is in feite niks anders dan het omlaag brengen en houden van de temperatuur door de overtollige warmte af te voeren.  
Overwintering in de koelcel is de best gecontroleerde overwintering van alle methoden. Hiermee kan er een betere planning gemaakt worden voor het voorjaar. Men is minder afhankelijk van het weer, waardoor er een grotere arbeidsspreiding te krijgen is.

Het afvoeren van warmte uit een koelcel door de koelinstallatie heeft tot gevolg dat het product uit kan drogen. Dit is te verklaren door de werking van een koelcel. Als de temperatuur oploopt, begint de koelmachine te werken. Wanneer de cellucht weer wordt afgekoeld, slaat het vocht in de lucht vervolgens neer tegen de koude verdamper. Vervolgens komt de afgekoelde lucht de verdamper weer uit en stroomt langs het product. Deze lucht neemt warmte en vocht op uit het product. Hiermee ontstaat er enige uitdroging van het gewas.

Om uitdroging te beperken, moet er op een aantal zaken worden gelet:

* goed verpakkingsmateriaal, bijvoorbeeld plastic.
* de koelcel goed vullen, in een halflege cel verliest een product meer vocht.
* het aantal koelacties (draaiuren van de koelmachine) beperken.

Schimmelvorming kan een ander probleem zijn bij de bewaring van boomteeltgewassen in de koelcel. Vooral Botrytis (of grauwe schimmel) kan zich goed ontwikkelen op een nat product. Om de kans op schimmelvorming zo klein mogelijk te maken kan op het veld een preventieve bestrijding worden uitgevoerd. Ook is het belangrijk om goed afgeharde planten zonder blad op te slaan, dit scheelt aanzienlijk in aantasting. De koelcel kan het beste gevuld worden in porties van 10-15% van de cel inhoud per dag. Hierdoor wordt de bewaartemperatuur sneller bereikt en hebben schimmels minder kans.