

Sphaeropsis sapinea in Nederland

Van 1982 tot en met 1985 ontwikkelde zich in *Pinus sylvestris* en in *P. nigra* (Corsicaanse en Oostenrijkse den) in Nederland een ernstige epidemie van *Sphaeropsis sapinea*, de oorzaak van scheutsterfte en bastnecrose. Voorzover bekend was zo'n epidemie in Nederland niet eerder voorgekomen, maar zoals uit literatuur- en herbariumonderzoek bleek, was de schimmel wel altijd aanwezig geweest (De Kam, 1985). De aantasting veroorzaakt door *Sphaeropsis* was omvangrijk. Bij een inventarisatie door het Staatsbosbeheer, uitgevoerd in de Peel in het voorjaar van 1986 bleek, dat van de geïnventariseerde oppervlakte van 24734 ha. meer of minder ernstige symptomen van *Sphaeropsis* werden aangetroffen in 19526 ha. (79 %), (Staatsbosbeheer, 1986).

Van 1985 tot 1990 is op "De Dorschkamp" onderzocht waarom de schimmel, die zo lang endemisch in Nederland aanwezig was, zich plotseling tot een omvangrijke epidemie kon uitbreiden. Enkele resultaten van dat onderzoek zijn al gepubliceerd (Van Dam, 1986; De Kam & Van Dam,

1987). Onlangs is een rapport van "De Dorschkamp" verschenen waarin in een serie artikelen gedetailleerd verslag wordt gedaan van het onderzoek tot 1990 (De Kam (ed.), 1990). In het onderhavige artikel worden de resultaten en conclusies uit dat rapport samengevat.

Opzet van het onderzoek

In een eerder artikel zijn een aantal verklaringen voor het ontstaan van epidemieën opgesomd (De Kam, 1985). Twee ervan zijn nader onderzocht, te weten 1: de introductie, of het in Nederland ontstaan van een stam van de schimmel waartegen onze *Pinus* populatie minder weerstand bezit (samengevat met de term "introductietheorie"), en 2: overmatige depositie van ammonium-stikstof, waardoor de dennen gevoeliger zijn geworden voor de bestaande populatie van *Sphaeropsis*. Naast deze twee hoofdlijnen was het nodig om onderzoek te doen naar een aantal andere aspecten van het probleem, die hier eveneens kort worden behandeld. Voor details wordt steeds verwezen naar de artikelenserie in het eerder genoemde rapport.

Conclusies van het algemene onderzoek

Symptomen

Al eerder is erop gewezen dat het van belang is twee ziektesymptomen die door *Sphaeropsis* worden veroorzaakt goed te onderscheiden (De Kam & Van Dam, 1987). Ten eerste is er het afsterven van de niet verhoude scheuten juist nadat ze zijn uitgelopen; ook scheuten aan volkomen gezonde bomen kunnen worden aangetast

en voorafgaande verwonding is niet nodig. Hoewel de dode scheutjes het meest karakteristieke kenmerk van een *Sphaeropsis*-aantasting zijn, leidt deze aantasting niet tot noemenswaardige schade. Het tweede symptoom is necrose van de bast aan verhoude delen zoals takken en stammen. De schimmel kan zulke bast alleen binnendringen via een wond, of vanuit een dood scheutje, en hij kan alleen bastnecrosen veroorzaken als er iets met de boom aan de hand is: onder normale omstandigheden is zulke bast resistent tegen *Sphaeropsis*.

Bastnecrose kan leiden tot taksterfte en tot afsterving van de hele kroon, respectievelijk ten gevolge van afsnoering van de bast aan de dikke takken en aan de stam. Ook de bast van wortels kan worden aangetast. Andere in Nederland waargenomen symptomen zijn: blauwverkleuring van het hout in alle delen van de boom, overmatige vorming van hars en aantasting van de kegels. De symptomen zijn uitvoerig beschreven door De Kam en Van Dam (1990).

Waardplanten

S. sapinea tast een groot aantal verschillende waardplanten aan (hij is polyfaag), maar is beperkt tot coniferen: over de hele wereld is hij op ongeveer 50 *Pinus* soorten gevonden en daarnaast op *Abies*, *Araucaria*, *Cedrus*, *Chamaecyparis*, *Cupressus*, *Larix*, *Picea*, *Pseudotsuga* en *Thuja*. In Nederland komt de schimmel algemeen voor op *P. sylvestris* en *P. nigra* (Corsicaanse- en Oostenrijkse den). Hij is gevonden op *P. mugo* ssp. *montana* en *P. mugo* ssp. *pumilio* in kwekerijen; op *P. pinaster* is hij aangetroffen in het duingebied. Bij douglas onder een scherm van groveden zijn enkele keren een paar aangetaste

scheutjes gevonden. Een vrij ernstige aantasting vond plaats in een kerstboombeplanting van *Picea omorica* en *P. abies* in de Peel.

In het geslacht *Pinus* komt vermoedelijk geen resistentie tegen *S. sapinea* voor, wel zijn er verschillen in gevoeligheid waargenomen. De schimmel is in het algemeen niet gespecialiseerd op een bepaalde soort. In onze proeven werd douglas en Corsicaanse den aangetast door een isolaat afkomstig van groveden.

Mondiaal gezien is het geslacht *Pinus* de belangrijkste waardplant. Dat geldt ook voor de Nederlandse situatie: op andere geslachten is de schimmel hier slechts incidenteel gevonden (De Kam, 1990b).

Aantasting van plantsoen, kiemplanten en zaadinfectie

Bij een globale inventarisatie over het voorkomen van de ziekte in acht kwekerijen in Brabant werd de schimmel in zes kwekerijen gevonden. Slechts in één kwekerij was sprake van schade van enige betekenis; dit laatste geval is in verband gebracht met het feit dat de planten twee jaar op hetzelfde zaaibed stonden en een zeer dicht gewas vormden, hetgeen voor de ontwikkeling van *Sphaeropsis* gunstig is. Van belang is ook dat er in de directe omgeving een infectiebron is in de vorm van opgaand grovedenbos vanwaaruit de sporen van de schimmel worden verspreid. Aanbevolen is om aangetaste planten in de kwekerij te verbranden (Van Dam, 1986).

Kiemplanten van *P. sylvestris* zijn zeer gevoelig voor *S. sapinea*. In een proef waarbij jonge kiemplanten met een sporensuspensie van de schimmel werden bespoten stierf ruim 68 % van de plantjes binnen 7 dagen af (Van Dam, 1990a).

Sphaeropsis is aangetoond op de oppervlakte van zaden van grove-

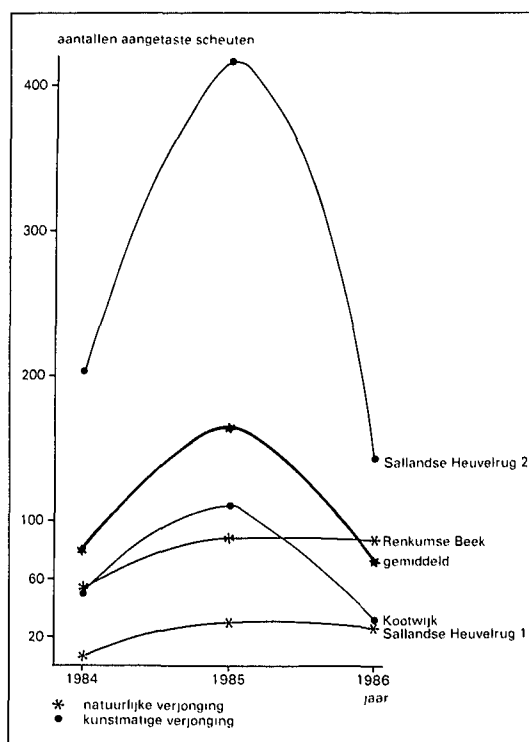
den, maar er zijn ook aanwijzingen gevonden dat de schimmel voorkomt onder de zaadhuid. Dit endofytisch voorkomen van de schimmel had geen effect op de kiemkracht van het zaad, maar in een experiment veroorzaakte het de dood van ruim 12 % van de kiemplanten. Het wordt van belang geacht om de rol van *Sphaeropsis* bij de kieming en bij de aantasting van kiemplanten nader te onderzoeken (Van Dam, 1990a).

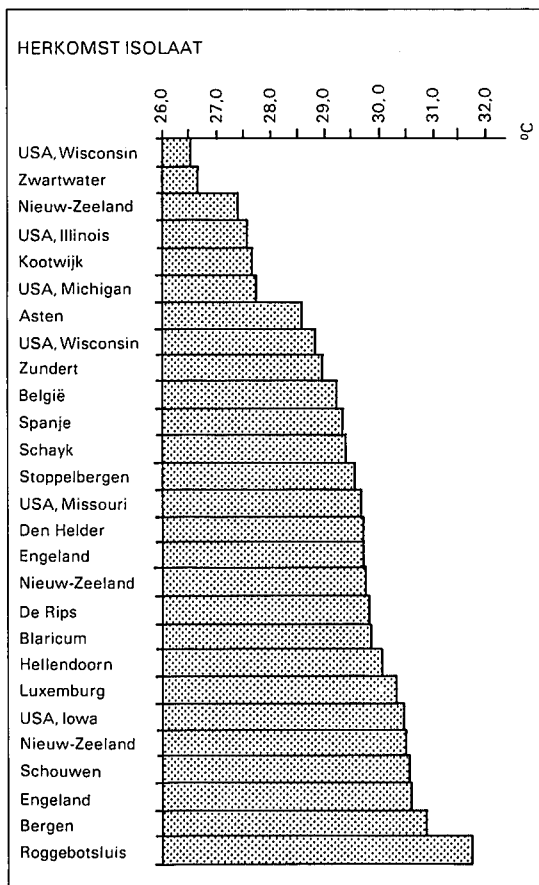
De mogelijke rol van insecten bij een aantasting door *Sphaeropsis*

Zoals uit de literatuur bekend is en uit onze proeven is gebleken, kan *S. sapinea* jonge uitlopende scheuten zonder voorafgaande verwonding aantasten, maar om de bast van verhoude scheuten of takken binnen te dringen is een wond nodig (Van Dam, 1990b). Het massaal voorkomen van bastnecrosen van *Sphaeropsis* op dikke takken in 1984 en 1985, en

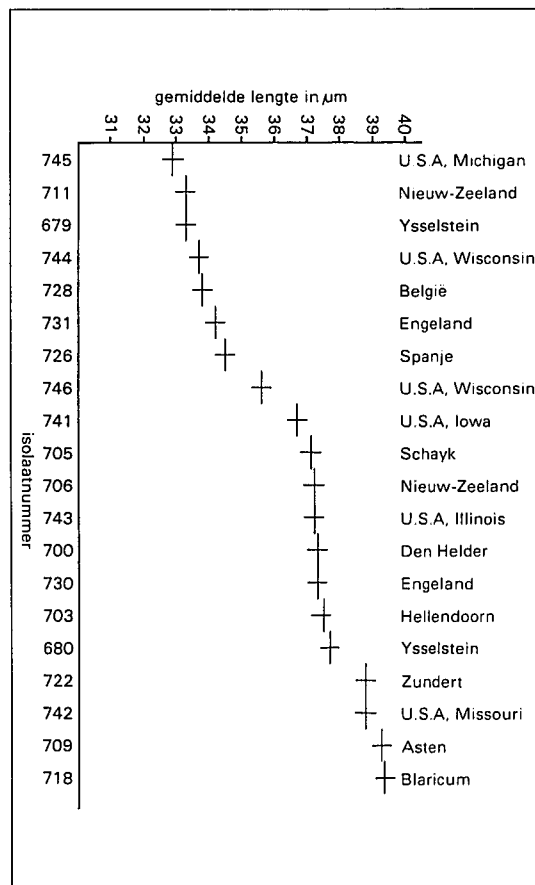
het feit dat er een wond nodig is om zo'n necrose te induceren leidt tot de vraag, waar al die wonden dan wel vandaan komen. Uit onze proeven bleek, dat een wondje kleiner dan een millimeter al voldoende is voor *Sphaeropsis* om binnen te komen (Van Dam et al., 1990a). Een zeer algemeen voorkomend insect in Nederland dat wondjes in de bast van dikke takken en de stam maakt is de denneschorswants (*Aradus cinnamomeus*) (Blok & Van Tol, 1982). Pogingen om een verband te leggen tussen het optreden van dit insect en een aantasting door *S. sapinea* zijn mislukt doordat juist in het jaar dat de proeven werden uitgevoerd (1987) er weinig denneschorswantsen waren. Onderzoek naar de rol van insecten bij het optreden van *S. sapinea* wordt zinvol geacht. Dat met name de denneschorswants daarbij een rol zou spelen is niet aangetoond, maar blijft een reële veronderstelling.

■ **Figuur 1:** Aantallen door *Sphaeropsis* aangetaste scheuten in 4 opstanden van 1984 tot en met 1986 en het gemiddelde daarvan (vlg. Van Dam, 1990c).





■ Figuur 2: *S. sapinea*; 27 isolaten gerangschikt naar toenemende optimum temperatuur voor de groei in reinkultuur in relatie met hun herkomst (vlg. Smits, 1986).



■ Figuur 3: Gemiddelde lengte (horizontale lijnen) met de standaardafwijking (verticaal) van 100 conidiën van 20 *S. sapinea* isolaten in relatie met hun herkomst (gebaseerd op gegevens van Van Dam et al., 1990b).

De introductietheorie

In een vorig artikel is uiteengezet waarom epidemieën kunnen ontstaan als gevolg van de introductie van een pathogeen micro-organisme (De Kam, 1985). Wanneer introductie het geval is moeten er minstens twee populatie's aanwezig zijn, die op grond van hun virulentie of agressiviteit verschillen. Om dat vast te stellen zijn infectieproeven onder gecontroleerde omstandigheden nodig met een groot aantal isolaten, idealiter (ter vergelijking) ook met isolaten van andere continenten. Voor dat laatste dient men te beschikken over quarantaine-kassen om te voorkomen dat het onderzoek de oorzaak van een introductie wordt. De virulentie van isolaten van *S. sapinea* is door

ons slechts incidenteel onderzocht (Schmidt, 1988).

Er was sprake van een epidemie
De eerste vraag die beantwoord moest worden was, of er inderdaad een epidemische ontwikkeling van *S. sapinea* in Nederland aan de gang was.

Een epidemie is een tijdelijk ongewoon sterk optredende aantasting door de schimmel. Van Dam (1990c) heeft het voorkomen van door Sphaeropsis aangetaste scheuten in vier opstanden van 1984 tot en met 1986 gekwantificeerd. Uit dat onderzoek bleek, dat er in de betreffende opstanden inderdaad een epidemie aan de gang was. Het hoogtepunt daarvan viel in 1985 (Figuur 1). In 1986 nam de aantasting in het

algemeen sterk af.

Populatiestudie's

Stammen met verschillende virulentie bezitten soms andere, in het laboratorium vast te stellen verschillen. Vier kenmerken waarvan bekend is, dat deze soms gepaard gaan met virulentiever verschillen zijn nader onderzocht, te weten de optimum temperatuur voor de groei in reinkultuur (Smits, 1986), de morfologie van de sporewand (Schmidt, 1988), de groeikarakteristieken in reinkultuur op verschillende voedingsmedia (Van Dam, 1990d) en de afmetingen van de sporen (Van Dam et al., 1990b). Groepen isolaten uit epidemiegebieden in Nederland werden vergeleken met stammen afkomstig uit an-

dere landen in Europa, en met stammen uit de U.S.A. en Nieuw-Zeeland. Als voorbeeld wordt in figuur 2 de gemiddelde optimum temperatuur voor de groei van 27 isolaten in relatie met hun herkomstgebied aangegeven. Figuur 3 geeft de lengte aan van de conidiën van 20 isolaten. De morfologie van de sporewand werd onderzocht met behulp van scanning electronmicroscopie (Schmidt, 1988) (Figuur 4). Uit het onderzoek is gebleken, dat *S. sapinea* zeer variabel is, en dat er significante verschillen tussen isolaten bestaan. Er kon echter niet worden aangetoond dat er in Nederland één of meer groepen isolaten voorkomen, die zich door bepaalde specifieke kenmerken van andere isolaten onderscheiden. Veeleer werd een continue variatie tussen de isolaten waargenomen (Figuur 2 en 3).

Argumenten om de introductie-theorie te verwerpen

Uit het populatie-onderzoek is niet gebleken, dat de epidemie is veroorzaakt door een bepaalde stam van *Sphaeropsis* die afwijkt van de populatie welke altijd al voorkwam in West-Europa. Met andere woorden, het onderzoek heeft geen argumenten opgeleverd voor de theorie, dat de epi-

demie het gevolg is van een introductie, of van het ontstaan van een nieuwe virulente stam van *Sphaeropsis*. Het geeft daarover echter geen volstrekte zekerheid: ten eerste was het onderzoek voor een populatiestudie te beperkt van omvang om daar harde conclusie's op te baseren; ten tweede is het theoretisch mogelijk, dat de virulentie het enige verschil is tussen twee populatie's. Er kan dus een afzonderlijke populatie bestaan, die we met onze methoden niet hebben opgespoord. Een tweede argument om de introductietheorie te verwerpen is de ontwikkeling van de epidemie zelf. In 1984 werden in het hele land symptomen van de ziekte waargenomen, inclusief de Waddeneilanden (De Kam, 1985). De sporen van *S. sapinea* worden via regen en wind verspreid over vrij korte afstand. Het is theoretisch mogelijk dat introductie op verschillende plaatsen tegelijk plaatsvindt, bij voorbeeld als een besmette partij plantsoen over het land verspreid wordt. Maar ook dan zullen zich verscheidene ziektehaarden ontwikkelen die zich in het geval van *Sphaeropsis* slechts langzaam zullen uitbreiden. Wanneer de epidemie het gevolg was van een introductie is het ook onverklaarbaar dat de

aantasting zich niet gestaag heeft uitgebreid naar de ons omringende landen.

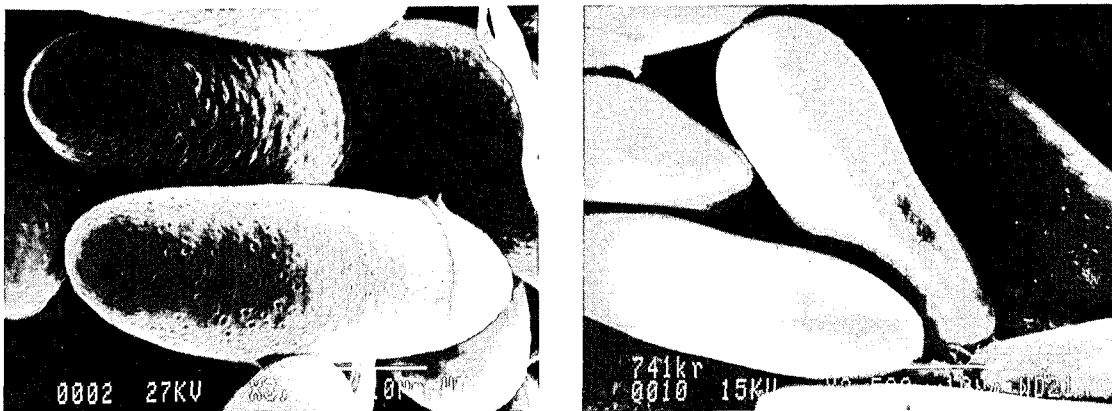
Ons onderzoek in combinatie met waarnemingen over de ontwikkeling van de epidemie leidt daarom tot de conclusie dat de epidemie vrijwel zeker niet is ontstaan ten gevolge van de introductie van een agressieve of virulente stam van *S. sapinea* waartegen onze *Pinus* populatie geen resistentie bezat.

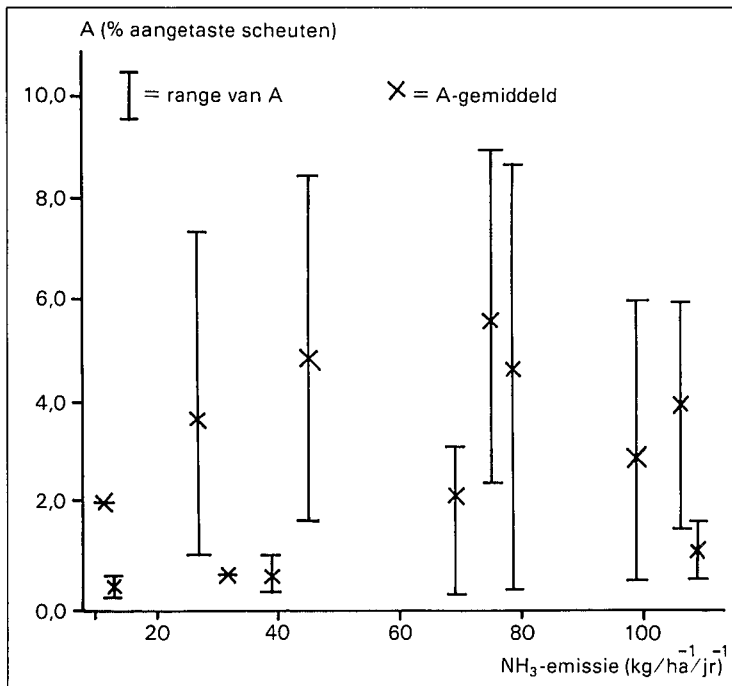
Het effect van bemesting met ammoniumsulfaat en kaliumsulfaat op de ontwikkeling van *Sphaeropsis*

Onderzoek in bossen

Uit een vergelijking van de vitaliteitskaart van de Nederlandse denbossen met de gegevens over depositie van NH_3 en NH_4 (NH_x) blijkt, dat veel bosgebieden met een lage vitaliteit voorkomen in gebieden met een hoge NH_x -depositie. Dat is te verwachten, omdat de belangrijkste bron van NH_x dierlijke mest is, en omdat zowel een groot deel van het Nederlandse denbos als veel intensieve veehouderijbedrijven op arme zandgronden zijn gesitueerd. Uit verschillende publikaties blijkt dat er in het veld een positief verband bestaat tussen het N-ge-

■ *Figuur 4: Het wel (a) of niet (b) voorkomen van putjes in de sporewand van S. sapinea had geen relatie met de herkomst van de isolaten (vlg. Schmidt, 1988).*





■ **Figuur 5:** Door *Sphaeropsis* aangetaste scheuten van jonge groveden in het veld relatie tot de veronderstelde NH₃-emissie (vlg. Smits, 1986).

halte in de naalden en de intensiteit van een *Sphaeropsis* aantasting (Ronse et al., 1986; Boxman & Van Dijk, 1988; Van den Burg et al., 1988).

In een eerste benadering is getracht een dergelijk korrelatief verband te verifiëren door in 44 jonge grovedenne-opstanden verdeeld over 12 bosgebieden met verschillend veronderstelde NH_x depositie het aantal door *Sphaeropsis* gedode scheutjes van het lopende jaar nauwkeurig vast te stellen. Een dergelijk verband kon niet worden aangetoond (Smits, 1986) (Figuur 5), hetgeen wordt verklaard uit het (toen nog onbekende) feit, dat uitlopende scheuten die in goede conditie verkeren, zeer gevoelig zijn voor *Sphaeropsis*. Zoals boven is uiteengezet, gedraagt de schimmel zich alleen als gelegheidsparasiet waar het de bast van verhoude delen van de boom betreft. Dat laatste is duidelijk gedemonstreerd door De Winter (1986): uit haar onderzoek bleek dat de schimmel veel grotere

bastnecrosen veroorzaakt als takken direct voorafgaand aan een infectie werden afgezaagd, dan wanneer ze niet worden afgezaagd.

Bemestingsproef met ammoniumsulfaat en kaliumsulfaat

Doordat ammoniumdepositie voor een belangrijk deel in de vorm van ammoniumsulfaat op de bosgrond terecht komt (zie boven) hebben wij deze vorm van depositie gesimuleerd door middel van een bemestingsproef (De Kam et al., 1990). In deze proef werden in een kas twee-jaaroude Corsicaanse dennen in potten met 12 kilo grond geplant. Deze grond was een gehomogeniseerde droge humuspodzol afkomstig van een heideveld nabij Epe. De grond was vergelijkbaar met die in de Peel, maar was aan een veel lagere NH_x depositie blootgesteld, hetgeen bleek uit de grondmonster-analysen. De fosforvoorziening van de grond werd aan het begin van de proef geoptimaliseerd. De planten werden

gedurende 3 groeiseizoenen bemest met vijf niveau's ammoniumsulfaat (AS); de helft van de planten bij elk niveau AS werden bovendien bemest met kaliumsulfaat (KS), om het effect van eventueel kaliumgebrek te onderzoeken (Tabel 1). De ontwikkeling van de planten werd gevolgd, onder andere door middel van naaldanalysen en meting van de groei. Ook werd de waterpotentiaal van de planten (een maat voor de vochtvoorziening) gemeten.

Vervolgens werd op één plaats in de bast van de inmiddels vijf jaar oude planten een wond gemaakt waarin een identieke hoeveelheid inoculum van *S. sapinea* werd gebracht. De bastnecrosen die zich als gevolg van de infectie's ontwikkelden werden gemeten (Figuur 6).

Uit deze proef bleek, dat *Sphaeropsis* onder overigens gelijke proefomstandigheden veel grotere necrosen vormde wanneer de planten werden overbemest met AS. Bemesting met KS leidde tot de ontwikkeling van kleinere

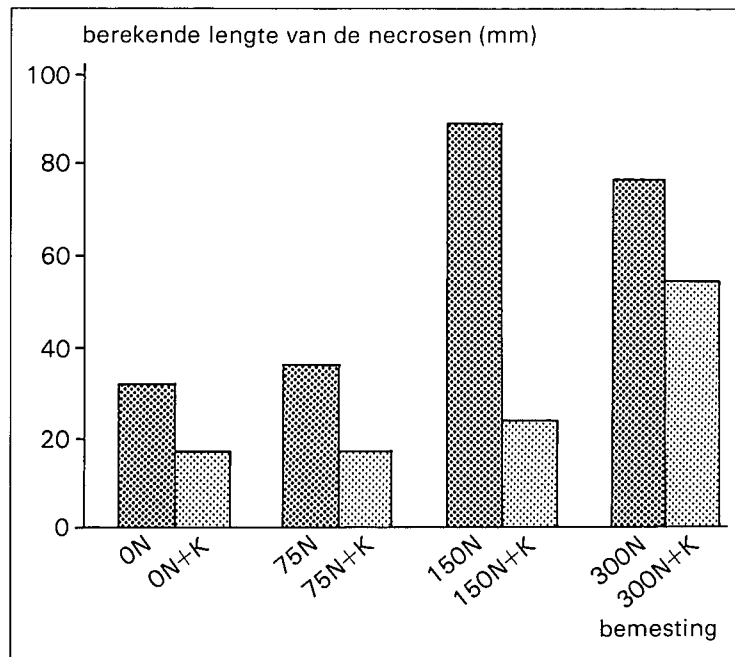


■ **Figuur 6:** Bastnecrose van *S. sapinea* als gevolg van een kunstmatige infectie.

necrosen (Figuur 7). De overbemesting met AS leidde tot een ernstige verstoring van de mineralenverhoudingen in de naalden van de proefplanten. Het N-gehalte steeg terwijl de gehalten aan calcium, magnesium, ijzer, zink en mangaan daalden. Toevoeging van KS verbeterde de K-voorziening, maar veroorzaakte enige daling van de Ca-, Mg- en P-gehalten in de naalden. De bemesting met AS veroorzaakte geelverkleuring van de naalden (met name aan de naaldbasis) afname van de groei en, bij sterke overbemesting, sterfte van de planten. Het veroorzaakte bovendien een significante verlaging van de waterpotentiaal van de planten (Figuur 8). Bemesting met KS had een sterke verbetering van de groei van de planten tot gevolg, maar de waterpotentiaal werd er niet door beïnvloed.

Bespreking van de resultaten

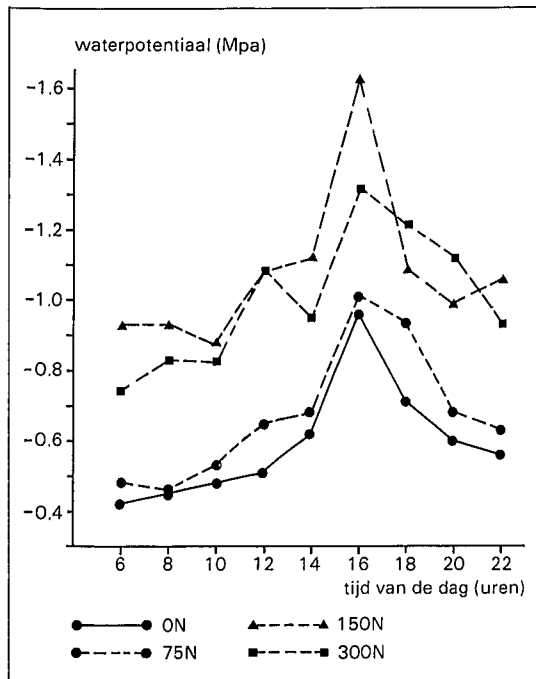
In dit onderzoek is aangetoond dat overbemesting met AS onder de proefomstandigheden leidt tot



■ *Figuur 7: Effect van de bemesting met ammoniumsulfaat en kaliumsulfaat op de ontwikkeling van bastnecrosen.*

de ontwikkeling van grotere necrosen van *S. sapinea* in de bast van verhoude delen van Corsicaanse den. Bemesting met KS leidde tot kleinere necrosen. De vraag is nu, of deze resultaten mogen worden geëxtrapoleerd naar

de veldsituatie. De NH_x -input in bossen buiten de directe invloedssfeer van intensieve veehouderijbedrijven bedraagt circa 70 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹; in sommige bosgebieden in de Peel is de input geschat op 120 - 270 kg N.ha⁻¹.jaar⁻¹ (Roelofs & Van Dijk, 1987). In de hier beschreven proef varieerde de N-input tussen 0 en 600 kg N, terwijl een sterke toename van de lengte van de necrosen optrad tussen 75 en 150 kg N, gegeven in het eerste jaar (Tabel 1, Figuur 6). Deze hoeveelheden zijn echter moeilijk met de veldsituatie te vergelijken omdat in een pot de voedingsstoffen veel effectiever door de plant worden benut dan buiten. Bovendien werd er in deze proef voor gezorgd dat geen uitspoeling van ionen kon plaatsvinden hetgeen buiten wél gebeurt. Daar staat tegenover, dat in de proef geen gasvormige depositie in de vorm van NH_3 plaatsvond, hetgeen buiten wel het geval is; met name begassing met NH_3 heeft een sterke verhoging van het N-gehalte in de naalden tot gevolg (M. Pérez, IPO, persoonlijke medede-



■ *Figuur 8: Effect van de bemesting met ammoniumsulfaat op de waterpotentiaal van de planten.*

ling). Ook uitloging van nutriënten uit de naalden ten gevolge van natte ammoniumdepositie vond in de proef niet plaats.

Geconcludeerd moet worden dat de relatie van de lengte van de necrosen met de AS- en KS-giften als causaal kan worden beschouwd. De bemesting leidde tot een groot aantal fysiologische veranderingen in de planten, hetgeen zich uitte in een gewijzigde mineralenverhouding, verkleuring van de naalden, verminderde groei van de planten en een slechtere vochtvoorziening. Dit complex maakt het onmogelijk om uit de verkregen resultaten te concluderen waardoor feitelijk de resistentie van de planten tegen Sphaeropsis is doorbroken. Het antwoord op die vraag ligt op het terrein van de fysiologie. Wel blijft het feit bestaan, dat de relatie tussen de intensiteit van de aantasting en de minerale voedingstoestand op een of andere manier wordt bepaald door de stikstofhuishouding. De in de jaren 1984-1985 geopperde hypothese dat er een relatie zou bestaan tussen de stikstofdepositie, de verstoring van de minerale voeding en de mate van Sphaeropsis-aantasting in het veld is hiermee overeind gebleven.

De AS-bemesting induceerde een sterke verlaging van de waterpotentiaal in de proefplanten. Sphaeropsis-epidemieën zijn in de literatuur vaak in verband gebracht met droogte. Experimenten leidden echter steeds tot de conclusie dat alleen extreme vormen van watergebrek (waterpotentiaal $> 2,5$ MPa) de groei van Sphaeropsis bevorderen. In onze proeven werden dergelijke waarden niet bereikt, maar het kan niet worden uitgesloten dat vochtgebrek geïnduceerd door overbemesting met AS, en dus in combinatie met andere door die bemesting veroorzaakte ongun-

stige factoren, de gevoeligheid voor Sphaeropsis heeft verhoogd.

Conclusies

Zoals in dit artikel is uiteengezet is de epidemie van *S. sapinea* die in 1981 begon, zijn hoogtepunt had in 1985, en in 1986 abrupt eindigde, zeer waarschijnlijk niet het gevolg geweest van de introductie van een agressieve stam van de schimmel, die uit een ander continent is geïntroduceerd. Ook het hier ter plaatse ontstaan van zo'n stam wordt op grond van dezelfde argumenten onwaarschijnlijk geacht. Het was dus de hier altijd al aanwezige populatie die de problemen heeft veroorzaakt. Uit het onderzoek is gebleken dat een overmatige bemesting met ammoniumsulfaat vijfjarige Corsicaanse dennen in potten zeer gevoelig maakt voor een aantasting door Sphaeropsis. Verder is ook aangetoond dat planten met een goede kaliumvoorziening veel minder gevoelig zijn dan planten met kaliumgebrek. Tenslotte bleek de bemesting met ammoniumsulfaat de vochtvoorziening in de planten ongunstig te beïnvloeden.

In het veld was al eerder vastgesteld, dat Sphaeropsis meer schade veroorzaakte in gebieden met hoge ammoniumdepositie. De combinatie van deze waarnemingen met de resultaten van onze proeven maakt aannemelijk dat er een oorzakelijk verband bestaat tussen NH_x-depositie en de Sphaeropsis-epidemie. De epidemie kan echter niet uitsluitend met stikstofovermaat worden verklaard, maar is waarschijnlijk het gevolg van een ongunstige samenloop van de volgende factoren.

- De meeste dennebossen in Nederland zijn gesitueerd op droge zandgronden met een marginale voorziening van onder andere kalium.

- De zomers van 1982 en 1983 waren vrij warm en droog; hoge temperaturen zijn gunstig voor de ontwikkeling van Sphaeropsis.

- In de winter 1981/82 is er omvangrijke vorstschade bij *P. nigra* opgetreden; door strenge vorst kan het cambium plaatselijk bevroren waardoor de bast op die plaats langzaam uitdroogt. Uitdrogende bast is ideaal voor de ontwikkeling van Sphaeropsis.

Normaal gesproken leidt de combinatie van deze factoren niet tot het optreden van een Sphaeropsis-epidemie. Echter, ten gevolge van overmatige ammoniumdepositie is op de genoemde bodems een onevenwichtige mineralenvoorziening van de bomen ontstaan waardoor verschillende gebreksziekten zijn veroorzaakt; kaliumgebrek en stikstofovermaat verhogen beide de gevoeligheid voor Sphaeropsis. De hoge ammoniumdeposities hebben vermoedelijk relatieve afname van de omvang van het wortelstelsel en wortelsterfte veroorzaakt waardoor de bomen gevoeliger zijn geworden voor droogte hetgeen hun weerstand tegen Sphaeropsis vermindert.

Bovengenoemde factoren zijn blijkbaar voldoende geweest om de resistentie van de bast aan de verhoude delen van de boom te doorbreken. Dit is begrijpelijk nu we weten dat stikstofovermaat, kaliumgebrek, vochtgebrek en hoge temperaturen gunstig zijn voor de ontwikkeling van *S. sapinea*.

De epidemie illustreert dat de dennebossen op de genoemde gronden blootstaan aan risico's, die de laatste decennia zijn toegenomen ten gevolge van stikstofdepositie, zodat rekening moet worden gehouden met een toenemende kans op Sphaeropsis-epidemieën in de toekomst.

De grote epidemie van de jaren tachtig is voorbij, waarschijnlijk

ten gevolge van voldoende regenval in 1986 en 1987. Onze waarnemingen wijzen er echter op dat *S. sapinea* nog steeds massaal aanwezig is in onze bossen op dennekegels en dunningshout; incidenteel hebben zich sindsdien plaatselijk epidemieën ontwikkeld, die aantonen dat de schimmel nog steeds actief is.

Aanbevelingen

Overwegende dat het grootste deel van ons *Pinus* areaal is aangelegd op arme zandgronden dient te worden nagegaan welke maatregelen kunnen worden genomen om *Sphaeropsis* aantastingen te voorkomen.

- Uit het onderzoek is duidelijk gebleken dat overbemesting met ammoniumstikstof bij Corsicaanse den de ontwikkeling van bastnecrosen van *S. sapinea* sterk bevordert. Er zijn geen argumenten waarom dit niet tevens voor de groveden zou gelden. Ammoniumdepositie dient daarom te worden beperkt.

- Bemesting met kalium leidde tot een sterke verbetering van de groei en tot een verminderde gevoeligheid voor *Sphaeropsis*. In de kasproef leidde de bemesting met kalium echter tevens tot een verlaging van de concentratie's van verschillende andere mineralen in de naalden, terwijl de vochtvoorziening van de planten er niet door verbeterde.

Bemesting met kalium ter voorkoming van *Sphaeropsis*-epidemieën kan worden overwogen, maar de wenselijkheid ervan moet worden gezien in samenhang met de totale behoefte aan mineralen van een beplanting. Die wenselijkheid wordt zoals gebruikelijk afgeleid uit de naaldsamenstelling.

- Fytosanitaire maatregelen om de sporenconcentratie van *Sphaeropsis* te verminderen zijn niet zinvol; de schimmel komt massaal voor op dunningshout, kegels en

naalden, zodat het onmogelijk is het aangetaste materiaal uit de opstanden te verwijderen.

- In het algemeen werken alle bosbouwkundige maatregelen die de vitaliteit van denne-opstanden bevorderen in het nadeel van *S. sapinea*.

Dankwoord

Dit onderzoek is mede gefinancierd door het Staatsbosbeheer, momenteel Directie Bos- en Landschapsbouw van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Literatuur

Blok, H. & G. van Tol, 1982. Topsterfte van Corsicaanse den (*Pinus nigra* var. *maritima*) veroorzaakt door de denneschorswants (*Aradus cinnamomeus* Panz.). Rapport Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 293.

Burg, J. van den, 1988. Voorlopige criteria voor de beoordeling van de minerale-voedingstoestand van naaldboomsoorten op basis van de naaldsamenstelling in het najaar. Rapport "De Dorschkamp", Wageningen. Nr. 522.

Dam, B.C. van, 1986. *Sphaeropsis sapinea* in handelskwekerijen. *Plantenbeurs* 98 (31): 7.

Dam, B.C. van, 1990a. Het voorkomen van *Sphaeropsis sapinea* in kwekerijen en de mogelijkheid van zaadinfectie en aantasting van kiemplanten. De Dorschkamp, Rapport 598: 23-34.

Dam, B.C. van, 1990b. Het induceren van scheutsterfte en bastnecrose bij potplanten. De Dorschkamp, Rapport 598: 35-46.

Dam, B.C. van, 1990c. Het voorkomen van scheutsterfte in vier opstanden van 1984 tot en met 1986. De Dorschkamp, Rapport 598: 69-78.

Dam, B.C. van, 1990d. Cultuurkenmerken en groeisnelheid van 15 isolaten van *Sphaeropsis sapinea* op drie voedingsmedia. De Dorschkamp, Rapport 598: 79-90

Dam, B.C. van, Blok, H & C.M. Versteegen, 1990a. De mogelijke invloed van de Denneschorswants

(*Aradus cinnamomeus*) bij het binnendringen van *Sphaeropsis* in oudere bast. De Dorschkamp, Rapport 598: 47-60.

Dam, B.C. van, Kam, M. de & H. van der Voet, 1990b. De afmetingen van de conidiën van *Sphaeropsis sapinea*. De Dorschkamp, Rapport 598: 91-100.

Kam, M. de, 1985. *Sphaeropsis* (= *Diplodia*) scheutsterfte: een incident of een permanent probleem? *Ned. Bosb. Tijdschr.* 57: 118-122.

Kam, M. de (redactie), 1990. De epidemische ontwikkeling van *Sphaeropsis sapinea*, oorzaak van scheutsterfte en bastnecrose bij *Pinus*-soorten in Nederland. "De Dorschkamp" Inst. voor Bosbouw en Groenbeheer, Rapportnr. 598, 212.

Kam, M. de, 1990a. De waardplanten van *Sphaeropsis sapinea*. De Dorschkamp, Rapport 598: 19-22.

Kam, M. de & B.C. van Dam, 1990. De symptomen veroorzaakt door *Sphaeropsis sapinea* in Nederland. De Dorschkamp, Rapportnr. 598: 9-18.

Kam, M. de, Versteegen, C.M. & J. van den Burg, 1990. Het effect van bemesting met ammoniumsulfaat en kaliumsulfaat op de ontwikkeling van bastnecrosen bij potplanten van *Pinus nigra*. De Dorschkamp, Rapport 598: 115-150.

Roelofs, J.G.M. & H.F.G. van Dijk, 1987. The effect of airborne ammoniumdeposition on canopy-ion exchange in coniferous trees. In: Direct effects of dry and wet deposition on forest ecosystems - in particular canopy interactions. Air pollution research report 4. C.E.C. EUR 11264: 34-39.

Schmidt, E., 1988. De virulentie van verschillende isolaten van *Sphaeropsis sapinea*. Doctoraalverslag Vakgroepen Fytopathologie en Bosteelt, LU Wageningen, 44pp.

Smits, T.F.C., 1986. *Sphaeropsis sapinea*: literatuurstudie, verband met ammoniakemissie en verband met temperatuur. Doctoraalverslag Vakgroepen Fytopathologie en Bosteelt, LU Wageningen 86-08, 99pp.

Staatsbosbeheer, 1986. Onderzoek naar de naaldbossen in de Peel in het kader van de vitaliteitsproblematiek - voorjaar 1986.

Staatsbosbeheer Sector Bosbouw, Afdeling Bosontwikkeling, rapport 1986-22.