



Primaire Grove-dennenbossen in stuifzandgebieden als refugia voor zeldzame mycorrhizapaddestoelen

De Narcisamaniet is een vrij zeldzame, kenmerkende soort van naald- en loofbossen op voedselarme zandgrond. De soort is de laatste tientallen jaren achteruitgegaan en komt nu vooral voor in bossen in stuifzandgebieden en in duinbossen (foto Th. Nijssen).

In de loop van deze eeuw zijn in Grove-dennenbossen in Nederland veel soorten mycorrhizapaddestoelen sterk in aantal achteruitgegaan. Het blijkt dat primaire Grove-dennenbossen in stuifzandgebieden refugia kunnen zijn voor bedreigde mycorrhizapaddestoelen. Een gericht beheer van deze bossen kan leiden tot behoud en mogelijk zelfs toename van deze mycorrhizapaddestoelen. In dit artikel gaan we in op de mogelijke vormen van beheer.

Wim Ozinga &
Jacqueline Baar

Mycorrhizapaddestoelen

Iedereen kent ze wel, het Eekhoorntjesbrood (*Boletus edulis*), de Vliegenschwam (*Amanita muscaria*) of de Cantharel (*Cantharellus cibarius*). Deze paddestoelen zijn ectomycorrhizapaddestoelen (in dit artikel aangeduid met mycorrhizapaddestoelen, zie artikel Keizer, dit nummer, voor toelichting). Dankzij hun mycorrhizapartners kunnen bomen op voedselarme of droge bodems toch overleven. Andere functies die aan mycorrhizaschimmels worden toegeschreven zijn verhoging van resistentie van de bomen tegen zware metalen en verhoogde bescherming tegen

bodempathogenen. Door de sleutelrol die mycorrhizaschimmels spelen in bossen is het wenselijk om bij het bosbeheer meer rekening te houden met deze groep (Kuyper, 1994).

Bedreigingen

In ons land is de samenstelling van de mycorrhizaflora in Grove-dennenbossen gedurende deze eeuw sterk veranderd. Veel soorten mycorrhizapaddestoelen zijn achteruitgegaan, vooral soorten karakteristiek voor het Korstmossen-Dennenbos (*Cladonio-Pinetum*) en het Kussentjesmos-Dennenbos (*Leucobryo-Pinetum*) op droge, nutriëntarme zandgronden. Voorbeelden hiervan zijn Cantharel, Denslijmkop (*Hygrophorus hypothejus*), Ge-

De Koeieboleet (links) en de Roze spijkerzwam (midden) vormen beide mycorrhiza's met Grove dennen op voedselarme zandgrond. Daarnaast parasiteert de Roze spijkerzwam op de Koeieboleet (foto Th. Nijssen).



schubde stekelzwam (*Sarcodon imbricatus*) en verschillende soorten Ridderzwammen (Nauta & Vellinga, 1995). De achteruitgang is het grootst in oudere bossen in gebieden met een hoge depositie van stikstof, zoals Noord-Brabant en de Achterhoek. De hoge stikstofdepositie wordt vooral veroorzaakt door de intensieve veehouderij en bedraagt gemiddeld 40-80 kg N/ha/jr, tegen 5-10 kg N/ha/jr in ongestoorde gebieden (Van Breemen & Van Dijk, 1988).

Een lichte afname van het aantal soorten mycorrhizapaddestoelen tijdens het ouder worden van bossen is normaal, met name na de kroonsluiting (Dighton & Mason, 1985). In Nederland is de afname van mycorrhizapaddestoelen in oudere bossen echter veel sterker dan tijdens natuurlijke successie. Veel soorten die uit oudere Grove-dennenbossen (>40 jaar) zijn verdwenen komen nog wel voor in bossen van dezelfde leeftijd in Estland en Finland (Kalamees & Silver, 1988; Hinitikka, 1988). De ondergroei van de onderzochte dennenbossen in Estland en Finland, die opener zijn dan de bossen in Nederland, wordt gedomineerd door respectievelijk korstmossen (met name *Cladonia*-soorten) en Bosbes-soorten, terwijl het gras Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) afwezig is.

Om de (in)directe effecten van de hoge stikstofdepositie op mycorrhizapaddestoelen te verklaren zijn verschillende theorieën naar voren gebracht. De hoge stikstofdepositie kan mycorrhizapaddestoelen indirect beïnvloeden, doordat bomen minder suikers leveren aan hun

schimmelpartners. Het aantal mycorrhiza's neemt daardoor af (Kuyper et al., 1990). Daarnaast kan luchtverontreiniging de groei van mycorrhizaschimmels direct negatief beïnvloeden, zodat ze in aantal verminderen. Waarschijnlijk spelen beide effecten een rol en mogelijk versterken ze elkaar.

Door de hoge stikstofdepositie (> 40 kg N/ha.jaar) neemt over het algemeen de groei van bomen toe en daarmee ook de strooiselproductie. Daarnaast wordt de strooiselafbraak geremd, waardoor in Grove-dennenbossen dikke (10-15 cm), zure (pH +3) en stikstofrijke strooisel- en humuslagen ontstaan. Ten gevolge van de verhoogde stikstofbeschikbaarheid gaat Bochtige smele vaak al eerder in de successie (vanaf ± 10 jaar) de ondergroei van Grove-dennenbossen domineren (Klap & Schmidt, 1992). In gebieden met een lage stikstofdepositie (< 10 kg N/ha.jaar) wordt Bochtige smele vrijwel niet dominant aangetroffen in Grove-dennenbossen jonger dan 40 jaar (Fanta, 1992). Veel stikstof wordt vastgelegd in humus en in bovengrondse delen van Bochtige smele. Zowel accumulatie en verzuring van strooisel en humus als de toename van stikstofconcentraties in bosbodems remmen de ontwikkeling van mycorrhizapaddestoelen (Baar, 1995). In Grove-dennenbossen waarvan de ondergroei gedomineerd wordt door Bochtige smele worden vrijwel geen mycorrhizapaddestoelen meer aangetroffen.

Daarnaast speelt veroudering van humusprofielen een rol. Een bodem op plaatsen waar reeds lange tijd bos heeft

gestaan bevat meer organische stof dan op plaatsen met bosopslag in stuifzandgebieden waar geen of slechts geringe bodemvorming heeft plaats gevonden. In 10 tot 20 jaar geleden aangeplante Grove-dennenbossen in Drenthe, op locaties waar eerder bos is geweest ("secundaire bossen"), zijn strooisel- en humuslagen van 10-15 cm dikte aangetroffen. Daarentegen zijn strooisel- en humuslagen in Grove-dennenbossen die 20 jaar geleden spontaan op stuifzand zijn opgekomen ("primaire bossen") veel dunner, zoals in het Hulshorsterzand (± 4 cm) (Baar, 1995).

Inventarisatie

Veel mycorrhizapaddestoelen van Grove den zijn gebonden aan nutriëntarme bodems zonder of met dunne strooisel- en humuslagen. Van Breemen & Van Dijk (1988) stellen dat in Nederland de stikstofdepositie tot 6 kg N /ha.jaar, d.w.z. de natuurlijke achtergronddepositie, gereduceerd moet worden om vegetaties op voedselarme zandgronden te herstellen. Zolang deze waarde niet wordt bereikt, is een gericht beheer van sommige Grove-dennenbossen zinvol om te voorkomen dat (sterk) bedreigde mycorrhizapaddestoelen geheel uit ons land verdwijnen. Om gerichte adviezen over zo'n beheer te kunnen geven hebben we in 6 stuifzandgebieden in Drenthe en op de Veluwe opnames gemaakt (10 x 10 m) van de aanwezige mycorrhizapaddestoelen, hogere planten, mossen en korstmossen. De onderzochte locaties variëren van primaire Grove-dennenbossen in actief stuifzand

	groep 1							groep 2					groep 3							
opname	15	14	12	13	2	4	5	1	10	11	3	8	16	17	18	19	6	7	9	
gebied	Hu7	Hu6	Hu2	Hu3	U-O	W2	D1	U-W	D3	Ho	W1	W5	S1	S2	S3	S4	W3	W4	D2	
bedekking totaal (%)	5.5	6	3.5	2.5	80	80	90	60	30	90	90	80	45	80	90	90	98	98	98	
bedekking boomlaag (%)	16	20	12	10	16	12	8	9	10		2	4	22	26	23	18	10	8	15	
bedekking kruidlaag (%)	0.5	0.1	0.5	0.5	50	15	40	40	25	1	80	70	10	70	35	50	90	90	60	
bedekking moslaag (%)	5	6	3	2	25	15	40	20	10	20	20	20	40	20	70	60	60	50	40	
bed. dood org.mat. (%)	98	90	98	99	15	60	20	5	5	80	5	25	80	20	20	15	20	10	15	
bed. Bochtige smele (BB)	0	+	0	0	2a	2a	0	2b	2b	+	4	2b	2a	4	3	1	4	2a	3	
dikte strooisellaag (cm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	2	1	0.7	0.2	1	0.7	0.3	4.9	6	7.4	6	12	14	16	
leeftijd bomen	20	20	20	20	10	6	8	50	40	55	30	15	30	30	30	30	40	55	55	
RL																				
Sarcodon imbricatus	E	1																	Geschubde stekelzwam	
Suillus variegatus	B	1	1																Fijnschubbige boleet	
Lactarius glyciosmus	-			2															Kokosmelkzwam	
Inocybe soluta	-			2	2														Bleeksporige vezelkop	
Cortinarius croceus	-			2	2														Geelplaatgordijnzwam	
Hebeloma cylindrosporum	E				2														Smalsporige vaalhoed	
Tricholoma focale	E				1														Halsdoekridderzwam	
Paxillus involutus	-			1	4	2													Gewone krulzoom	
Boletus edulis	-					1													Eekhoorntjesbrood	
Thelephora terrestris	-	2	3				2												Gewone franjezwam	
Amanita muscaria	-	1	2	1	1	2	4												Vliegenzwam	
Gomphidius roseus	K						2												Roze spijkerzwam	
Inocybe lacera	-		1					1											Zandpadvezelkop	
Cortinarius croceoconus	-			4	3	1	2			1									Boomloze gordijnzwam	
Amanita gemmata	K		1							1									Narcisamaniet	
Tricholoma albobrunneum	B		3			1	4	4	2										Witbruine ridderzwam	
Tricholoma equestre	B	3	2	2	2				1	1									Gele ridderzwam	
Tricholoma portentosum	B				1		1			1									Glanzende ridderzwam	
Rhizopogon luteolus	B	3	3	1		3	3	2	1	2		1							Okerkl. vezeltruffel	
Suillus bovinus	-	3	2	1		1	3	2				2							Koeieboleet	
Suillus luteus	K	1					1	2											Bruine ringboleet	
Auriscalpium vulgare	K							1											Oorlepelzwam	
Boletus subtomentosus	-									2									Echte fluweelboleet	
Laccaria bicolor	-			3	2	4	4	1	3		2	4						1	Tweekleurige fopzwam	
Cortinarius fusisporus	G			1	2							4	4						Zandpadgordijnzwam	
Coltricia perennis	B									1	3	3							Tolzwam	
Cortinarius spec.	-											1							een Gordijnzwam	
Lactarius rufus	-	2	3	2	2			2				1			1				Rossige melkzwam	
Amanita rubescens	-									1								1	Parelamaniet	
Laccaria proxima	-	2					2						3		2	3			Schubbige fopzwam	
Lactarius hepaticus	-	1		2						3	1	1	4	5	5	4	1	2	Levermelkzwam	
Russula emetica	-									1			1				1	1	Braakrussula	
Boletus badius	-														2				Kastanjeboleet	
Russula paludosa	B																	1	Appelrussula	
Russula ochroleuca	-																	1	Geelwitte russula	
Totaal vruchtlichamen	80	104	130	113	87	253	113	36	9	46	200	64	198	119	110	61	5	6	10	
Totaal soorten	11	10	13	12	8	9	6	5	3	11	7	4	3	2	3	2	2	3	3	
Aantal R.L.-soorten	5	5	3	5	2	4	3	2	3	5	2	3	-	-	-	-	-	1	-	

Tabel 1. Opnamen van mycorrhizapaddestoelen in Grove-dennbossen in stuifzandgebieden in 1994. Aanduiding groepen 1 t/m 3 wordt in de tekst uitgelegd.

Het aantal vruchtlichamen wordt vermeld volgens de schaal:
 1 = 1-3
 2 = 4-10
 3 = 11-30
 4 = 31-100
 5 = >100

RL = Rode Lijst categorie:
 E = ernstig bedreigd (zeer sterk afgenomen en zeer zeldzaam),
 B = bedreigd,
 K = kwetsbaar,
 G = gevoelig.

Gebieden:
 D = Drouwenerzand,
 Ho = Holtingerzand,
 Hu = Hulsthorsterzand,
 S = boswachterij Smilde,
 U-O = Uffelterzand Oost,
 U-W = Uffelterzand West,
 W = Westerzand.

tot een secundair Grove-dennenbos op voormalig stuifzand. De opnamelocaties zijn in oktober en november 1994 bezocht. Per soort is het aantal vruchtlichamen van deze twee bezoeken opgeteld. Waarschijnlijk is het aantal soorten mycorrhizapaddestoelen onderschat. In het najaar van 1994 was de neerslag relatief gering, waardoor het aantal soorten mycorrhizaschimmels dat vruchtlichamen vormde mogelijk iets lager was dan in andere jaren. Inventarisaties over meer jaren geven een vollediger beeld van de aanwezige mycorrhizapaddestoelen in de onderzochte bossen. Enkele locaties zijn ook reeds in voorgaande jaren opgenomen en geven een vergelijkbaar beeld te zien als in 1994.

De opnames van de mycorrhizapaddestoelen zijn geclusterd met behulp van het programma VEGROW. Hierbij zijn de aantallen vruchtlichamen logaritmisch getransformeerd (Arnolds, 1992). In iedere opname is de bedekking van Bochtige smele opgenomen volgens de schaal van Braun-Blanquet. Ook is de dikte van strooisel- en humuslagen in de opnames gemeten en is de gemiddelde leeftijd van de bomen bepaald. De Nederlandse en wetenschappelijke paddestoelennamen zijn volgens Arnolds et al. (1995).

Voorkomen van mycorrhizapaddestoelen in de onderzochte Grove-dennenbossen

Op grond van de mycorrhizapaddestoelen heeft VEGROW de opnames in 3 groepen ingedeeld (tabel 1):

1. Deze opnamegroep is het soortenrijkst en herbergt tevens het grootste aantal bedreigde soorten. Kenmerkende soorten zijn o.a. Boomloze gordijnzwam (*Cortinarius croceocornus*), Gele ridderzwam (*Tricholoma equestre*), Witbruine ridderzwam (*T. albobrunneum*), Koeieboleet (*Suillus bovinus*) en Vliegenzwam. Ook werden in deze bossen de sterk bedreigde Geschubde stekelzwam, Halsdoekridderzwam (*Tricholoma focale*), Glanzende ridderzwam (*T. portentosum*) en Smalsporige vaalhoed (*Hebeloma cylindrosporum*) aangetroffen. Deze soorten komen voor in spontaan opgekomen Grove-dennenbossen waarin vrijwel geen strooisel- en humuslagen aanwezig zijn en die onder invloed staan van inwaaiend stuifzand. Meestal zijn deze bossen jong (5-20 jaar). De ondergroei bestaat vooral uit Struikheide (*Calluna vulgaris*), Buntgras (*Corynephorus canescens*), korstmossen (*Clado-*

nia spec.) en bladmos, met name Ruig haarmos (*Polytrichum piliferum*) en Purpersteeltje (*Ceratodon purpureus*). Bochtige smele komt niet, of met een lage bedekking voor.

2. Deze opnamegroep is veel minder soortenrijk dan opnamegroep 1. Slechts enkele karakteristieke soorten van Grove-dennenbossen op stuifzand komen ook in deze groep voor, zoals Koeieboleet en Okerkleurige vezeltruffel (*Rhizopogon luteolus*). Opvallend is het hoge aantal vruchtlichamen van Tolzwam (*Coltricia perennis*) en Zandpadgordijnzwam (*Cortinarius fusisporus*). De opnames zijn gemaakt in Grove-dennenbossen die minder door stuivend zand beïnvloed worden, maar die wel een dunne strooisellaag (0-2 cm) hebben. In deze bossen zijn geen korstmossen aangetroffen en komen Heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*) en Bronsmos (*Pleurozium schreberi*) voor met een redelijke hoge bedekking.

3. Het aantal soorten mycorrhizapaddestoelen in deze opnamegroep bedraagt 2 à 3. Karakteristieke soorten zijn Levermelkzwam (*Lactarius hepaticus*), Schubbigefopzwam (*Laccaria proxima*) en Braakrussula (*Russula emetica*). De opnames zijn gemaakt in middeloude (20-40 jaar) en oudere (>40 jaar) Grove-dennenbossen die niet meer onder invloed staan van wind en stuivend zand. In deze bossen is veel strooisel en humus geaccumuleerd. De strooisel- en humuslagen zijn dikker dan 4 cm; de ondergroei wordt gedomineerd door Bochtige smele en soms ook door Kraaiheide (*Empetrum nigrum*).

Zowel het totaal aantal soorten mycorrhizapaddestoelen als het aantal bedreigde soorten volgens de Rode Lijst (Arnolds & Kuyper, 1996) is in de opnamegroepen 1 en 2 het hoogst. Buiten de opnames werden in Grove-dennenbossen in de stuifzandgebieden nog enkele bedreigde soorten gevonden: Denneslijmkop, Cantharel, Rookrussula (*Russula adusta*) en Smakelijke melkzwam (*Lactarius deliciosus*).

Mycorrhizapaddestoelen in relatie tot stikstofbeschikbaarheid

Uit diverse onderzoeken blijkt dat de productie van vruchtlichamen en de vorming van mycorrhiza's met bomen sterk negatief wordt beïnvloed door de beschikbaarheid van stikstof in de bodem (o.a. Kuy-

per et al., 1990). In primaire Grove-dennenbossen zijn de stikstofconcentraties in de strooisel- en humuslagen lager dan in secundaire bossen (Baar, 1995). De soorten mycorrhizapaddestoelen aangetroffen in opnamegroep 1 (tabel 1) zijn karakteristiek voor dunne strooisel- en humuslagen en een lage stikstofbeschikbaarheid. Deze soorten zijn gevoelig voor hoge concentraties stikstof in de bodem. Veel van deze soorten zijn zeldzaam geworden en komen tegenwoordig vrijwel uitsluitend voor in jonge, primaire Grove-dennenbossen. Vroeger kwamen deze soorten ook voor in oudere bossen met een korstmossenrijke ondergroei (De Vries et al., 1985), zodat de primaire Grove-dennenbossen in stuifzandgebieden refugia kunnen vormen voor deze soorten.

Hoge stikstofconcentraties zijn gevonden in dikke strooisel- en humuslagen in secundaire Grove-dennenbossen in Drenthe (Baar, 1995). Soorten die voorkomen in de opnamegroep 3 (tabel 1), zoals Levermelkzwam, zijn aangetroffen in Grove-dennenbossen met dikke, stikstofrijke strooisel- en humuslagen. Deze stikstoftolerante of stikstofminnende soorten kunnen hoge concentraties stikstof verdragen.

Beheer van mycorrhizapaddestoelrijke stuifzandgebieden

Uit de opnames komt naar voren dat een hoog aantal bedreigde mycorrhizapaddestoelen voorkomt in primaire Grove-dennenbossen met relatief weinig accumulatie van strooisel en humus. Het betreft in ons onderzoek vooral bossen die gelegen zijn in de directe omgeving van actief stuifzand. Voor beheer ten gunste van mycorrhizapaddestoelen is naast de aanwezigheid van actief stuifzand de aanwezigheid van Grove-dennenbossen van verschillende leeftijd van belang. De meest ideale situatie is een complex van stuifzand, pioniervegetatie en jonge stadia van primaire Grove-dennenbossen. Op deze wijze is een cyclische successie mogelijk met alle leeftijdstadia van Grove den met bijbehorende mycorrhizapaddestoelen. Indien een deel van de natuurlijke bosopslag gekapt moet worden om een stuifzand weer actief te maken en/of uit te breiden is het ons inziens zinvol om enkele kansrijke locaties aan te wijzen waar spontaan opgeslagen Grove dennen niet verwijderd worden. Dit is vooral kansrijk op open, mineraalarm zand, waar geen of zeer weinig (< 2 cm) strooi-

sel en humus geaccumuleerd is. Jonge dennenbossen op humeuze grond, zoals kapvlaktes, hebben geen bijzondere mycorrhizapaddestoelenflora (eigen waarn.).

Mycorrhizaschimmels verspreiden zich vooral via sporen, en kolonisatie van jonge bossen vindt dan ook hoofdzakelijk plaats door de lucht. Een aantal soorten verspreidt zich echter via zoogdieren, zoals de Okerkleurige vezeltruffel die door Wilde zwijnen en muizen wordt gegeten. Voor dergelijke soorten is het wellicht van belang dat locaties met spontane ontwikkeling van Grove-dennenbossen op niet te grote afstand van bestaande vindplaatsen van bijzondere mycorrhizapaddestoelen zijn gelegen. In geval dat het noodzakelijk is om Grove-dennen te kappen dienen dan ook enkele jonge bossen behouden te blijven van waaruit sporen zich naar jonge opslag kunnen verplaatsen.

Tot nu toe zijn slechts beheersmaatregelen besproken voor Grove-dennenbossen in actieve stuifzandgebieden die al rijk zijn aan mycorrhizapaddestoelen. Voor vergaste Grove-dennenbossen met dikke nutriëntrijke strooisel- en humuslagen en arm aan mycorrhizapaddestoelen, zoals vaak aanwezig in gebieden met een hoge stikstofdepositie, kan het verwijderen van de kruidlaag en strooisel- en humuslaag ('plaggen') leiden tot een aanzienlijk rijkere mycorrhizaflora. Uit eerder onderzoek blijkt dat dan een deel van de karakteristieke soorten voor nutriëntarme milieus terug komt. Voorbeelden zijn *Cantharel*, *Narcisamaniet* (*Amanita gemmata*), Okerkleurige vezeltruffel, *Rookrussula* en Witbruine ridderzwam. Het positief effect van plaggen op de mycorrhizaflora was groter in Grove-dennenbossen op voedselarme zandgronden, zoals duinvaaggronden, dan in bossen op zandgronden met een hoger gehalte aan organische stof (Baar, 1995). We raden aan om in kansrijke gebieden enkele locaties van ten minste 1000 m² te plaggen.

In het kader van "Effectgerichte maatregelen in bossen van natuurwaarden" zijn in 1994 in enkele oudere Grove-dennenbossen maatregelen op semipraktijkschaal uitgevoerd om nutriëntarme, open bossen zoals in Scandinavië te creëren (Klap & Schmidt, 1995). In Grove-dennenbossen van 40 jaar en ouder in de stuifzandgebieden het Hulshorsterzand, Kootwijkerzand en in de Loonse en Drunense duinen zijn de

strooisel- en humuslagen samen met de kruidlaag (vaak gedomineerd door Bochtige smeile) verwijderd en is sterke dunning uitgevoerd. Verwacht wordt dat dunnen leidt tot verminderde strooiselproductie ten gevolge van een lager aantal bomen per oppervlak. Daarnaast kan meer openheid in het bos tot een verhoogde mineralisatie leiden. Omdat het project nog lopend is zijn de gecombineerde effecten van plaggen en dunnen op de mycorrhizaflora nog niet bekend.

Begrazing is een andere, meer natuurlijke, mogelijkheid om de hoeveelheid strooisel, humus en Bochtige smeile te reduceren (Keizer, dit nummer).

Literatuur

- Arnolds, E., 1992.** The analysis and classification of fungal communities with special reference to macrofungi. In: W. Winterhoff. Fungi in vegetation science: 7-47. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Arnolds, E. & Th.W. Kuyper, 1996.** Bedreigde en kwetsbare paddestoelen in Nederland. Basisrapport met voorstel voor de Rode Lijst. Nederlandse Mycologische Vereniging / Biologisch Station LUW, Wijster.
- Arnolds, E., Th.W. Kuyper & M.E. Noordeloos (red.), 1995.** Overzicht van de paddestoelen in Nederland. Nederlandse Mycologische Vereniging.
- Baar, J., 1995.** Ectomycorrhizal fungi of Scots pine as affected by litter and humus. Dissertatie, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Breemen, N. van & H.F.G. van Dijk, 1988.** Ecosystem effects of atmospheric deposition of nitrogen in The Netherlands. *Environmental Pollution* 54: 249-274.
- Dighton, J. & P.A. Mason, 1985.** Mycorrhizal dynamics during forest tree development. In: D. Moore, L.A. Casselton, D.A. Woods & J.C. Frankland (Eds). *Developmental biology of higher fungi*: 117-139. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fanta, J., 1992.** Spontane Waldentwicklung auf diluvialen Sandböden und ihre Bedeutung für den Naturschutz. Eine Fallstudie aus der Veluwe, Niederlande. *Norddeutsche Naturschutzakademie* 5: 23-27.
- Hintikka, V., 1988.** On the macromycete flora in oligotrophic pine forests of different ages in South Finland. *Acta Botanica Fennica* 136: 89-94.
- Kalamees, K. & S. Silver, 1988.** Fungal productivity of pine heaths in North West Estonia. *Acta Botanica Fennica* 136: 95-98.
- Klap, J.M. & P. Schmidt, 1992.** Maatregelen om effecten van eutrofiering en verzuring in bossen tegen te gaan. *Hinkeloord Reports* 2: 1-140. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Klap, J.M. & P. Schmidt (red.), 1995.** Maatregelen om effecten van eutrofiering en verzuring in bossen met bijzondere natuurwaarden tegen te gaan. Beschrijving van de uitgangssituatie van maatregelen op semipraktijkschaal op een zestal proeflocaties. *Hinkeloord Reports* 13: 1-183. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Kuyper, Th.W. (red.), 1994.** Paddestoelen en natuurbeheer. Wetenschappelijke Mededeling KNNV 212, Utrecht.
- Kuyper, Th.W., A.J. Termorshuizen & W.P.T. Boswijk, 1990.** Ectomycorrhiza en de vitaliteit van het Nederlandse bos. *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 62: 334-338.
- Nauta, M.M. & E.C. Vellinga, 1995.** Atlas van Nederlandse paddestoelen. Balkema, Rotterdam.
- Vries, B.W.L. de, A.E. Jansen, & J.J. Barkman, 1985.** Verschuivingen in het soortenbestand van fungi in naaldbossen van Drenthe, 1958-1983. In: E. Arnolds (ed.). *Veranderingen in de paddestoelenflora (mycoflora)*. Wetenschappelijke mededeling K.N.N.V. 167: 74-83.

Summary

Scots pine forests in drift sand areas as refugia for mycorrhizal fungi

During this century a large number of species and sporocarps of ectomycorrhizal fungi of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in The Netherlands has declined. The decline is largest in older forests located in areas with high deposition of nitrogen originating from air pollution. Especially ectomycorrhizal fungi characteristic for Cladonio-Pinetum and Leucobryo-Pinetum have decreased, such as *Cantharellus cibarius*, *Sarcodon imbricatus* and several species of *Tricholoma*. To increase our knowledge about appropriate management of Scots pine forests surveys of ectomycorrhizal sporocarps have been carried out in Scots pine forests in six drift sand areas located in the centre and north east of The Netherlands during the fall of 1994. The surveys showed that Scots pine forests with thin litter and humus layers in drift sand areas are refugia for ectomycorrhizal fungi. Appropriate management of these types of forests can lead to conservation and even lead to an increase of threatened ectomycorrhizal fungi of Scots pine.

Dankwoord

We zijn de Vereniging Natuurmonumenten dankbaar voor de financiële bijdrage aan de inventarisatie. Daarnaast willen we Dr. Th.W. Kuyper en Dr. B.F. van Tooren bedanken voor het kritisch doorlezen van een eerdere versie van dit artikel.

Drs. W.A. Ozinga
Boerlaan 6
9752 VZ Haren

Dr.Ir. J. Baar
University of California
Department of Plant Biology
Berkeley
California 94720-3102
Verenigde Staten