

Van de redactie

Het is een vraag die regelmatig opduikt bij onze excursies: Hoeveel schade berokkenen we een schimmel nu eigenlijk door paddenstoelen te plukken? In een poging om op deze vraag een antwoord te geven, al was het maar voor de lokale paddenstoelenflora van een enkel terrein, heeft het Zwitserse instituut WSL (webstek: <http://www.wsl.ch>) een lange-termijnstudie opgezet in twee beboste proefvlakken. De resultaten daarvan zijn onlangs gepubliceerd (Egli *et al.*, 2006). Met toestemming van de auteurs en van de uitgever volgt hieronder een vrijwel integrale versie van die publicatie, vertaald en, in overleg met de auteurs, licht bewerkt door de redactie.

PADDENSTOELEN PLUKKEN VERMINDERT DE PRODUCTIE VAN VRUCHTLICHAMEN NIET

Resultaten van een lange-termijn onderzoek in Zwitserland

Simon Egli¹, Martina Peter¹, Christoph Buser², Werner Stahel² & François Ayer¹

¹ Research Dept. Landscape, Swiss Federal Research Institute WSL, Zürcherstrasse 111,
CH-8903 Birmensdorf, Zwitserland

² Dept. of Mathematics, Swiss Federal Institute of Technology, CH-8092 Zürich,
Zwitserland

Egli, S., Peter, M., Buser, Ch., Stahel, W. & Ayer, F. 2006. Mushroom picking does not impair future harvests – results of a long-term study in Switzerland. *Coolia* 49(3): 146–155.

In 1975 the WSL started a field research project to investigate the effects of mushroom picking on fruit body occurrence. The three treatments applied were the harvesting techniques picking and cutting, and the concomitant trampling of the forest floor. The results reveal that, contrary to expectations, long-term and systematic harvesting reduces neither the future yields of fruit bodies, nor the species richness of wild forest fungi, irrespective of whether the harvesting technique was picking or cutting. Forest floor trampling does, however, reduce fruit body numbers, but our data show no evidence that trampling damages the soil mycelia in the studied time period. This paper is a translated, slightly adapted version of the original paper (Egli *et al.*, 2006).

Schimmels vervullen belangrijke functies in het ecosysteem bos. Saprotrofe soorten breken dood organisch materiaal af, en ectomycorrhiza vormende soorten bevorderen de opname van nutriënten (voedingsstoffen) uit de bodem en ze verhogen de stressbestendigheid en de weerstand tegen ziekteverwekkers van hun plantaardige partner (meestal een boom; Smith & Read, 1997).

Voor de mens kan het plukken van paddenstoelen een populaire vrijetijdsbesteding betekenen. In sommige delen van de wereld is het oogsten van wilde paddenstoelen ook commercieel van belang, met name voor plattelandsgemeenschappen in ontwikkelingslanden, maar ook elders (Boa, 2004). In bijvoorbeeld Oost-Europa is de export van bospaddenstoelen opgekomen als een belangrijke bron van inkomsten (Peric & Ringuli, 2001), en in het noordwesten van de Verenigde Staten is de oogst van een lokale cantharellensoort in de laatste 20 jaar uitgegroeid tot een uitgebreide industrietak (Pilz *et al.*, 1997). De waarde van het totale

aanbod aan Cantharellen (*Cantharellus* spp.) op de wereldmarkt wordt geschat op ongeveer US\$ 1,67 miljoen (Watling, 1997), en de “bodem-verwachtingswaarde” voor bospaddenstoelen (in bijv. euro’s/ha/jaar) is voor sommige bospercelen net zo hoog als die voor timmerhout (Alexander *et al.*, 2002)¹.

Volgens een recent door de FAO gepubliceerde studie zijn er wereldwijd 2166 soorten eetbare paddenstoelen bekend, en zijn er 470 soorten met medicinale toepassingen (Boa, 2004). De oogstdruk is in veel gebieden ter wereld toegenomen, en er zijn aanwijzingen dat de diversiteit aan soorten paddenstoelen over de laatste decennia is afgenomen (Arnolds, 1991; Wen & Hall, 2004). Dit heeft aanleiding gegeven tot breed gedragen zorg over mogelijk overmatig oogsten van paddenstoelen, en over de mogelijke schade die de paddenstoelenflora hierdoor zou kunnen oplopen. Verschillende landen of regio’s hebben wettelijke beperkingen ingevoerd om het oogsten van wilde paddenstoelen aan banden te leggen, uit vrees voor de mogelijke negatieve gevolgen die het verwijderen van paddenstoelen uit het bos, vaak al voordat ze effectief sporen hebben kunnen verspreiden, zou kunnen hebben op de toekomstige productie van vruchtlichamen en op de reproductie van de schimmel. Sporen zijn tenslotte van belang voor de overleving, verspreiding en instandhouding van genetische diversiteit, en ze dienen ook voor het bij elkaar brengen van compatibele seksuele typen voor de reproductie (Dix & Webster, 1995).

Sinds de 70’er jaren van de vorige eeuw zijn er in 19 van de 26 Zwitserse kantons wettelijk vastgestelde beperkingen aan het gewicht aan paddenstoelen dat per persoon geplukt mag worden, of zijn er perioden waarin paddenstoelen plukken geheel verboden is (“Schonzeit”). Dit heeft tot de nodige discussie geleid, omdat er geen wetenschappelijk bewijs is dat dergelijke maatregelen effectief zijn voor de bescherming van de schimmels. We hebben daarom in 1975 een project gestart om te onderzoeken wat het lokale effect is van het oogsten van paddenstoelen op de verdere vorming van vruchtlichamen (van zowel de geoogste soort als van andere soorten) op dezelfde plek. Het onderzoek werd uitgevoerd in het paddenstoelen-reservaat ‘Chanéaz’, gelegen in een typisch gemengd bos op het Zwitserse Centraal plateau (‘Mittelland’). In een tussentijdse analyse kon geen significant effect van paddenstoelenpluk worden aangetoond voor 15 soorten die op dat moment aan de minimum eisen voor statistische evaluatie van de gegevens voldeden (Egli *et al.*, 1990). Dientengevolge werd besloten de studie voort te zetten, zodat gegevens over meer soorten en over een langere periode beschikbaar zouden komen. Daarnaast werd een tweede onderzoek gestart in een subalpien fijnsparrenbos, ‘Moosboden’, om ook gegevens uit een ander, in Zwitserland eveneens veel voorkomend bostype waarin veel naar paddenstoelen wordt gezocht, te verkrijgen. In ‘Chanéaz’ werd specifiek gekeken naar het effect van oogsten, en het effect van de daarvoor gebruikte techniek (plukken dan wel afsnijden); in ‘Moosboden’ werd specifiek gelet op het effect van betreding, het belopen van de bosbodem zoals dat bij doorsnee paddenstoelen zoeken zou gebeuren. De reden voor deze laatste onderzoeksfocus kwam uit eerdere experimenten, waarbij een sterk negatief effect van betreding op de vruchtlichaamproductie van de Trechtercantharel (*Cantharellus lutescens*; plaat 3) was gevonden.

Proefvlakken en behandelingen

Het onderzoek vond, zoals gezegd, plaats in twee paddenstoelenreservaten in het zuidwesten van Zwitserland (Tabel 1). Het eerste en oudste reservaat, ‘Chanéaz’ (74 ha), is in 1975 inge-

¹ Noot van de redactie: Zie in dit verband ook de column van Eef Arnolds in de vorige Coolia.

	Chanéaz	Moosboden
Lokatie	Montagny-les-Monts (FR)	Cerniat (FR)
	46°48'00"N, 7°00'00"E	46°41'80"N, 7°14'20"E
Hoogte (boven NAP, in m)	600	1250
Oppervlakte (ha)	74	3
Gem. jaarlijkse neerslag (mm)	900	2000
Bodemtype (FAO klassifikatie)	Dystric Planosol	Dystric Gleysol
Vegetatie	Gemengd bos	Fijnspar
Ingesteld in	1975	1990

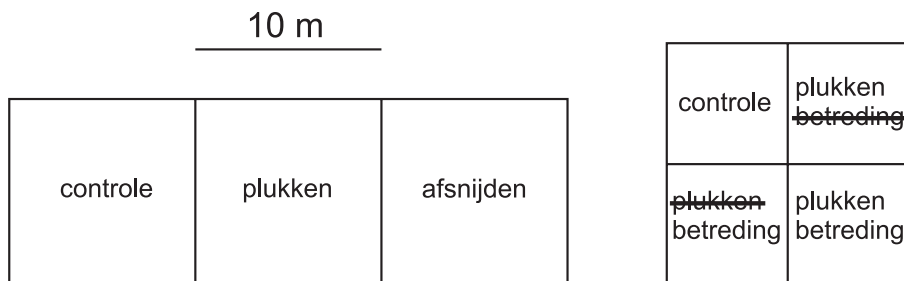
Tabel 1. Gegevens van de proefvakken.

steld in een van de meest voorkomende bostypen op de centrale hoogvlakte van Zwitserland (ca. 600 m boven zeeniveau), een volwassen gemengd bos met zowel loof- als naaldbomen van verschillende leeftijden. De in dit bostype meest voorkomende loofbomen zijn Beuk (*Fagus sylvaticus*) en Zomereik (*Quercus robur*); aan naaldbomen vind je er Fijnspar (*Picea abies*), Zilverspar (*Abies alba*), Grove den (*Pinus sylvestris*), Weymouthden (*Pinus strobus*) en Europese lariks (*Larix decidua*).

Het tweede reservaat, 'Moosboden', is kleiner (3 ha) en in 1990 ingericht in een uniform fijnsparrenbos (*Picea abies*) op 1200 m boven zeeniveau. Dit bos is zo'n 110 jaar geleden ingeplant en alle bomen zijn er ongeveer even oud.

De proefopstelling in 'Chanéaz' bestond uit vijf vakken van ieder 300 m². Ieder vak was verdeeld in drie deelvakken van 10 × 10 m² (Figuur 1). In ieder deelvak werden de paddenstoelen geteld (zij het niet allemaal, zie verderop); in een ervan werden de eetbare soorten bovendien geoogst door ze te plukken, in een ander werden ze geoogst door ze vlak boven de grond af te snijden, en in de laatste werden ze uitsluitend geteld (controle-deelvak). We zullen dit verder 'behandelingen' noemen: in 'Chanéaz' zijn er dus deelvakken met de behandelingen 'plukken', 'afsnijden' en 'geen'.

In 'Moosboden' zijn er meer en iets kleinere proefvakken. Veertien vakken van elk 13 × 13 m² zijn ieder onderverdeeld in vier deelvakken 6,5 × 6,5 m² (Figuur 1), met de (willekeurig verdeelde) behandelingen 'plukken met betreding', 'plukken zonder betreding', 'niet



Figuur 1. Globale verdeling van de proefvakken in deelvakken; links 'Chanéaz', rechts 'Moosboden'. De behandelingen zijn aangegeven, maar de verdeling daarvan over de deelvakken is willekeurig, en varieert per proefvak.

plukken, wel betreding' en 'niet plukken, geen betreding' (controle). 'Betreding' betekent in dit verband een imitatie van het heen-en-weer lopen van een doorsnee paddenstoelenzoeker. De deelvakken waarin geteld (en eventueel geplukt) werd zonder betreding waren voorzien van smalle vlondertjes van waaraf het hele vak bereikbaar was (plaat 2). Deze vlondertjes werden opgesteld in april 1990, voorafgaand aan de start van het feitelijke experiment.

Alle proefvakken waren omringd door hekken om verstoringen van buitenaf, door bijvoorbeeld 'echte' paddenstoelenplukkers, te voorkomen.

Alle vruchtlichamen van bovengronds fructificerende, bodembewonende grotere paddenstoelen werden geïdentificeerd en geteld in wekelijkse intervallen van mei tot december (week 21–52). Negenendertig soorten die grote aantallen heel kleine vruchtlichamen produceren (zoals sommige *Mycena*-, *Strobilurus*- en *Marasmius*-soorten) werden van het onderzoek uitgesloten om problemen bij het tellen te voorkomen. Ook twaalf taxonomisch kritische soorten werden uitgesloten, om onregelmatigheden als gevolg van onzekere identificatie te vermijden. Om dubbel tellen te voorkomen werden de getelde vruchtlichamen met methyleenblauw op de hoed gemerkt. In plots waar geoogst werd, werden alleen de vruchtlichamen van eetbare soorten verzameld.

De globale aantallen in de proefvlakken gevonden soorten en vruchtlichamen staan in Tabel 2. In totaal werden op beide locaties 582 soorten aangetroffen, waarvan 146 gemeenschappelijk. Van alle soorten zijn collecties opgenomen in het paddenstoelenherbarium van het WSL.

De gegevens van de afzonderlijke deelvakken werden geanalyseerd om te testen of de verschillende behandelingen van invloed waren op de soortenrijkdom en de aantallen vruchtlichamen, op het niveau van individuele soorten, families, en eetbare of niet-eetbare soortengroepen. Voor deze analyse, en met name de vergelijking van de verschillende behandelingen, werden standaard statistische procedures en software gebruikt, waarop we hier verder niet ingaan. Details kunnen in de originele publicatie (Egli *et al.*, 2006) worden gevonden.

	Chanéaz	Moosboden
onderzoekperiode	1977–2003*	1990–2000
eetbare soorten		
aantal soorten	103	51
aantal vruchtlichamen	53.863	10.173
niet-eetbare soorten		
aantal soorten	333	199
aantal vruchtlichamen	43.837	40.049

Tabel 2. Totale aantallen per lokatie aangetroffen soorten en vruchtlichamen (uitgezonderd de heel kleine; zie tekst).

* De periode 1980–1983, waarin alleen de eetbare soorten geteld zijn, is uitgesloten.

Resultaten

De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in Tabel 3 (zie ook het kader, voor de interpretatie van de tabel) en in de Figuren 2 en 3. Tabel 3 is gebaseerd op wat we hier de groeifactor, α , zullen noemen. Dit is een numerieke factor die een indicatie geeft voor het effect dat van een bepaalde behandeling verwacht mag worden (op bijvoorbeeld het aantal vruchtlichamen van een soort of van een groep), relatief ten opzichte van een referentie-situ-

atie (waarvoor in het algemeen een onbehandelde plot wordt gekozen). Een groeifactor van één, $\alpha = 1$, impliceert dat geen enkel effect te verwachten is (d.w.z. de behandelde plot zal zich net zo gedragen als de onbehandelde), $\alpha > 1$ impliceert een verwachte toename, en $\alpha < 1$ een verwachte afname. Zie het kader voor meer details. Figuur 2 toont de ontwikkeling in de tijd van de aantallen soorten en vruchtlichamen in 'Chanéaz', voor zowel de behandelde plots als voor de onbehandelde controle. Vergelijkbare gegevens voor 'Moosboden' staan in Figuur 3.

De huidige gegevens tonen aan dat oogsten op zichzelf geen negatief effect heeft op de productie van vruchtlichamen (Tabel 3, Fig. 2 en 3a). Eetbare paddenstoelen, die selectief werden geoogst, nemen niet in aantal af in vergelijking met de niet-geoogste niet-eetbare soorten, noch met betrekking tot de aantallen vruchtlichamen, noch met betrekking tot soortenrijkdom. Er zijn geen verschillen in trend waarneembaar, zelfs niet over de hele onderzoeksperiode, tussen geoogste en niet-geoogste plots, ongeacht of geoogst werd door plukken of door afsnijden (Fig. 2). Deze resultaten gelden voor alle soorten paddenstoelen, en op het niveau van zowel individuele soorten als families.

In contrast daarmee heeft de normaliter met paddenstoelenoogst gepaard gaande betreding van de bosbodem een significante reductie van de aantallen geproduceerde vruchtlichamen tot gevolg (Tabel 3, Fig. 3b). Op basis van de statistische analyse van de gegevens is het waarschijnlijk dat betreding de productie van vruchtlichamen vermindert tot ongeveer 70% van de productie van niet-betrede plots. Ook het gemiddelde

Hoe lees je Tabel 3?

Experimenten zoals die waarover dit artikel gaat leveren statistische informatie: de resultaten kunnen niet gebruikt worden om de uitkomst van een specifiek experiment met zekerheid te voorspellen, maar ze kunnen wel uiterst precies voorspellen wat *gemiddeld* verwacht kan worden. De getallen in Tabel 3 moeten dan ook niet gezien worden als harde voorspellingen, maar als verwachtingswaarden, het gemiddelde resultaat van een groot aantal in principe identieke experimenten. Meestal is de reden voor deze beperkte voorspellende kracht van de uitkomsten dat er externe invloeden, die je als experimentator niet in de hand hebt, een (grote) rol spelen bij het verloop van de experimenten. In het geval van dit onderzoek kun je dan denken aan bijvoorbeeld de weersomstandigheden, vraat aan de schimmel door kleine bodemdieren, misschien fluctuaties in de gezondheidstoestand van een boom waarmee een ectomycorrhizaschimmel samenleeft, enzovoorts.

Een voorbeeld: 'Moosboden', de tweede regel met gegevens.

Hier wordt het effect van oogsten op de aantallen vruchtlichamen van eetbare soorten vergeleken met een referentie-situatie, in dit geval plots waarin niet geoogst werd. De gemiddelde groeifactor (zie tekst) $\alpha = 1.16$, hetgeen aangeeft dat, gemiddeld genomen, oogsten de productie van paddenstoelen met 16% verhoogt. Er is echter een aanzienlijke mate van onzekerheid in deze α , die loopt van 0.81 (19% afname) tot 1.67 (67% toename). Dit bereik is het zogenaamde 95% betrouwbaarheidsinterval: de waarschijnlijkheid dat de ware waarde van α inderdaad in dit interval ligt is 95%. De p-waarde in de rechter kolom geeft aan dat er in dit geval 41.3% kans is dat de afwijking van de gemiddelde groeifactor van de neutrale waarde ($\alpha = 1$; 100%) gewoon toeval is. Daarom wordt dit specifieke resultaat ($\alpha = 1.16$) niet als statistisch significant beschouwd. Algemeen geaccepteerde p-waarden die wel als statistisch significant beschouwd worden zijn $p < 0.05$ ('significant') en $p < 0.01$ ('uiterst significant'); deze gevallen zijn in de tabel van een * voorzien.

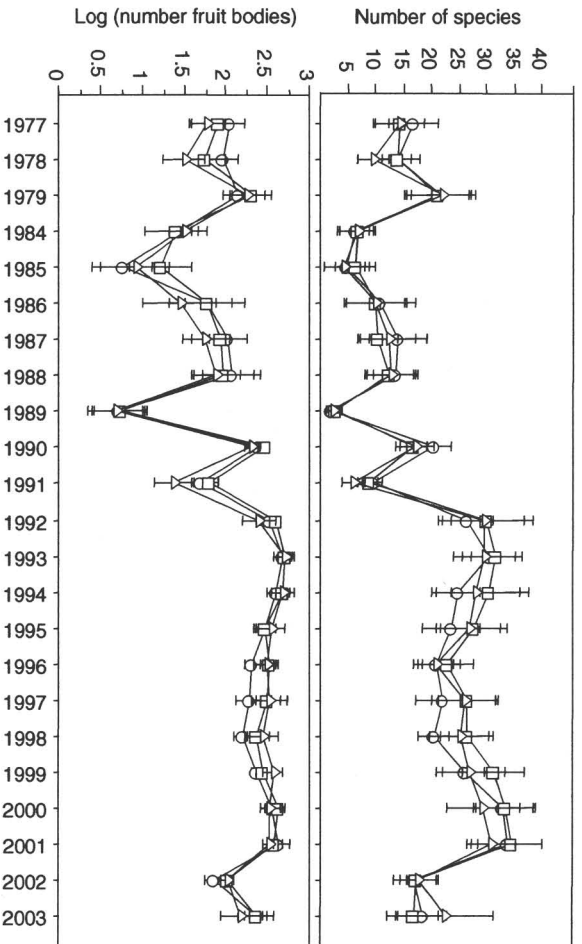
Chanéaz (1977–2003)

behandeling	groep	α	95% b.i. van α	p-waarde
niet oogsten / wel oogsten			(referentie: niet oogsten)	
aantal vruchtlichamen	alle soorten	1,03	0,71–1,48	0,878
	eetbare	1,11	0,78–1,58	0,513
	niet-eetbare	0,90	0,65–1,26	0,501
aantal soorten	alle soorten	0,97	0,81–1,17	0,746
	eetbare	0,99	0,86–1,15	0,887
	niet-eetbare	0,99	0,82–1,19	0,876
plukken / afsnijden			(referentie: plukken)	
aantal vruchtlichamen	alle soorten	0,81	0,53–1,23	0,279
	eetbare	0,82	0,54–1,22	0,268
	niet-eetbare	0,87	0,59–1,28	0,427
aantal soorten	alle soorten	0,94	0,76–1,16	0,503
	eetbare	0,99	0,84–1,17	0,936
	niet-eetbare	0,89	0,72–1,11	0,267

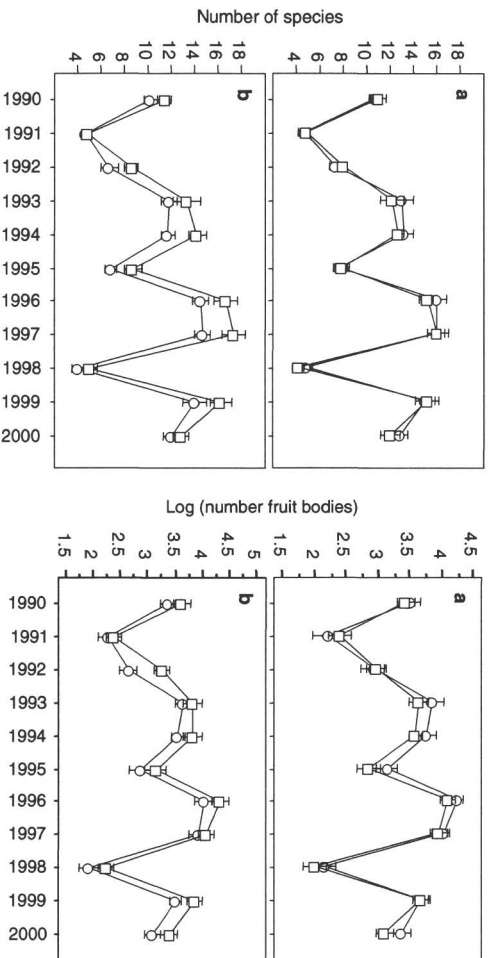
Moosboden (1990–2000)

behandeling	groep	α	95% b.i. van α	p-waarde
niet oogsten / wel oogsten			(referentie: niet oogsten)	
aantal vruchtlichamen	alle soorten	1,13	0,85–1,51	0,380
	eetbare	1,16	0,81–1,67	0,413
	niet-eetbare	1,09	0,79–1,52	0,589
aantal soorten	alle soorten	1,01	0,91–1,13	0,818
	eetbare	0,97	0,84–1,17	0,657
	niet-eetbare	1,03	0,94–1,14	0,514
betreden / niet betreden			(referentie: niet betreden)	
aantal vruchtlichamen	alle soorten	0,72	0,54–0,96	0,028*
	eetbare	0,64	0,45–0,92	0,019*
	niet-eetbare	0,78	0,56–1,08	0,135
aantal soorten	alle soorten	0,86	0,77–0,96	0,006**
	eetbare	0,87	0,75–1,00	0,050*
	niet-eetbare	0,86	0,78–0,95	0,004**

Tabel 3. ANOVA tabel van het effect van oogsten en betreden op vruchtlichaamproductie. Zie tekst en het kader voor details. α = groeifactor; b.i. = betrouwbaarheidsinterval.



Figuur 2. Aantallen soorten en aantallen vruchtlichamen (op logaritmische schaal) in Chanéiz van 1977 tot 2003 (uitgezonderd 1980–1983). Vruchtlichamen van alle grotere paddenstoelen werden geteld in wekelijks intervallen in controlevakken (○), en in vakken waarin paddenstoelen geoogst werden door plukken (□) of door afsnijden (Δ). De verticale balkjes zijn een maat voor de spreiding over de individuele proefvelden.



Figuur 3. Aantallen soorten (links) en aantallen vruchtlichamen (rechts; op logaritmische schaal) in Moosboden van 1990 tot 2000. Vruchtlichamen van alle grotere paddenstoelen werden geteld in wekelijks intervallen. (a) proefvelden waar wel (○) of niet (□) geoogst werd, (b) proefvelden met (○) of zonder (□) bereiding. De verticale balkjes zijn een maat voor de spreiding over de individuele proefvelden.

aantal soorten dat in een jaar vruchtlichamen produceert was significant lager in de betrede plots dan in de onbelopen controle-plots. Verrassend was niettemin dat het totale aantal fructificerende soorten over de hele onderzoeksperiode (10 jaar, in 'Moosboden') in de betrede en de niet-betrede plots vrijwel hetzelfde waren (195 resp. 189).

Discussie

De aantallen vruchtlichamen en het aantal fructificerende soorten paddenstoelen in onze proefvlakken bleven ongewijzigd terwijl de paddenstoelen, over een periode van in totaal 29 jaar, systematisch werden geoogst. Minder systematische veldwaarnemingen elders suggereren ook al dat het effect van oogsten op de productie van paddenstoelen wel eens verwaarloosbaar zou kunnen zijn (Jahn & Jahn, 1986; Jansen & van Dobben, 1987; Arnolds, 1991). Een 13 jaar durend onderzoek van de Oregon Mycological Society in het gebied van de Mount Hood (Oregon, USA) leverde ook al geen statistisch significant bewijs op dat plukken van invloed zou zijn op de fructificatie van een *Cantharellen*-soort, *Cantharellus formosus* Corner (Norvell, 1995; Pilz *et al.*, 2003).

Het oogsten van vruchtlichamen houdt onvermijdelijk ook het staken van de sporenproductie in. Theoretisch zouden we dan ook verwachten dat het systematisch verwijderen van alle vruchtlichamen, en daarmee het voorkómen van seksuele voortplanting van de schimmel(s), na verloop van tijd zou leiden tot een achteruitgang van de betreffende schimmel(s). Het belang van sporen voor de voortplanting van een schimmel varieert echter per soort (Fioré-Donno & Martin, 2001). Sommige soorten vestigen zich steeds opnieuw vanuit sporen, terwijl andere zich voornamelijk vegetatief vermeerderen. De Amethystzwam (*Laccaria amethystina*), bijvoorbeeld, produceert ieder jaar nieuwe kolonies met vruchtlichamen vanuit sporen (Fioré-Donno & Martin, 2001), maar in ons onderzoek hebben we geen effect van oogsten op het voorkomen van die soort gezien. Het is natuurlijk mogelijk dat er voldoende aanvoer van sporen uit het omringende gebied plaatsvond, of dat de vruchtlichamen tussen twee oogsten door voldoende sporen produceerden. Hoe dit ook zij, onze experimentele opzet geeft een realistisch beeld van een situatie met sterke oogstdruk.

Op onze tweede set proefvlakken, 'Moosboden', hebben we aangetoond dat betreding van de bosbodem, zoals dat gepaard gaat met paddenstoelen plukken, zowel de aantallen vruchtlichamen als de aantallen in een jaar fructificerende soorten reduceert, maar dat het geen effect heeft op het totale aantal aangetroffen soorten over de hele onderzoeksperiode (10 jaar). Dit betekent dat, ondanks betreding, alle mycelia in de bodem aanwezig bleven, maar simpelweg minder en minder vaak vruchtlichamen vormden. Onze hypothese is dat de primordia (de beginnende vruchtlichamen), die aan het bodemoppervlak gevormd worden, door betreding vernietigd worden, maar dat het mycelium zelf geen schade ondervindt. Deze hypothese wordt ondersteund door de resultaten van een eerder onderzoek naar het effect van betreding op de fructificatie van de Trechtercantharel (*C. lutescens*), waarbij de onderzoekers het gedrag van paddenstoelenplukkers imiteerden en twee maal per week de paddenstoelen oogstten over een periode van twaalf jaar (Egli & Ayer, 1997). Als gevolg hiervan stopte de schimmel met het produceren van vruchtlichamen, terwijl in controle-plots, waarin wel geoogst werd maar vanaf vlondertjes, dus zonder betreding, fructificatie wel gewoon bleef doorgaan. De behandelingen van deze plots werden gedurende het onderzoek twee maal omgewisseld, na 6 jaar en na 11 jaar, en in beide gevallen hervatte de schimmel zijn fructificatie in de voorheen betrede plots, met vergelijkbare aantallen vruchtlichamen als voorafgaand

aan de behandeling.

Een analyse van de wederzijdse invloed die de behandelingen ‘plukken’ en ‘betreding’ eventueel op elkaar zouden kunnen hebben geeft aan dat, als er al een synergie is, de combinatie ‘oogsten zonder betreding’ het meest geschikt lijkt om de productie van vruchtlichamen te maximaliseren. Echter, hoewel betreding van de bosbodem de productie van vruchtlichamen reduceert, lijkt dit van minder belang vergeleken met externe factoren, gezien de grote jaarlijkse fluctuaties in aantallen vruchtlichamen (Fig. 2 en 3). Goede of slechte paddenstoelenjaren lijken vooral door de weersomstandigheden bepaald te worden (Agerer, 1985; Kasparavicius, 2001; Straatsma *et al.*, 2001). Ook luchtverontreiniging lijkt gevolgen te hebben voor de soortenrijkdom, zoals aangetoond voor het geval van stikstofdepositie in een aangrenzend proefvak in ‘Moosboden’ (Peter *et al.*, 2001). In dit laatste onderzoek bleek stikstof een onmiddellijke en negatieve invloed te hebben op zowel vruchtlichaamproductie als ondergrondse aanwezigheid (op de boomwortels) van ectomycorrhizavormende schimmels.

Hoewel schimmels lastig in de bodem zelf te bestuderen zijn, is het nodig om hun lokale ecologie beter te begrijpen als er criteria moeten worden opgesteld waarmee beschermingsmaatregelen kunnen worden geëvalueerd. Dit is vooral van belang waar natuurbeschermers en beleidsmakers zich inzetten voor het behoud van de biodiversiteit in samenhang met het duurzaam oogsten van paddenstoelen. Ons onderzoek geeft geen aanwijzingen voor negatieve gevolgen van plukken op de diversiteit van schimmels in de bosbodem. Echter, het zijn slechts de vruchtlichamen van die schimmels die we zien en, eventueel, gebruiken. Zowel de aantallen soorten als de aantallen vruchtlichamen nemen af door betreding, maar herstel treedt op als de bodem nadien weer met rust gelaten wordt.

Onze resultaten geven aanleiding tot vraagtakens bij de effectiviteit van oogstbeperkingen voor paddenstoelen. Echter, we weten niet hoeveel sporen globaal nodig zijn voor de overleving van schimmelsoorten. Evenmin levert ons onderzoek bewijs voor de hypothese dat de mycelia door betreding geen schade oplopen. Daarom suggereren we dat beschermende maatregelen voor paddenstoelen zekerheidshalve in stand gehouden moeten worden. Bovendien moet het belang van het psychologische effect van beschermingsmaatregelen niet onderschat worden, bijvoorbeeld waar het de publieke bewustwording betreft van het belang van paddenstoelen als een waardevol element van het ecosysteem bos.

Literatuur

- Agerer, R., 1985. Zur Oekologie der Mykorrhizapilze. *Bibl. Mycol.* 97, Cramer, Vaduz.
- Alexander, S.J., Pilz, D., Weber, N., Brown, E. & Rockwell, V.A., 2002. Mushrooms, Trees, and Money: Value Estimates of Commercial Mushrooms and Timber in the Pacific Northwest. *Environ. Manage.* 30, 129–141.
- Arnolds, E., 1991. Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.* 35, 209–244.
- Boa, E., 2004. Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. *Non-Wood Forest Products* 17. FAO, Rome.
- Dix, N.J. & Webster, J., 1995. *Fungal ecology*. Chapman & Hall, London.
- Egli, S. & Ayer, F., 1997. Est-il possible d'améliorer la production de champignons comestibles en forêt? L'exemple de la réserve mycologique de La Chanéaz en Suisse. *Rev. For. Fr., Numéro special*, 235–243.
- Egli, S., Ayer, F. & Chatelain, F., 1990. Der Einfluss des Pilzsammelns auf die Pilzflora. *Mycol. Helv.* 3, 417–428.

- Fioré-Donno, A.-M. & Martin, F., 2001. Populations of ectomycorrhizal *Laccaria amethystina* and *Xerocomus* spp. show contrasting colonization patterns in a mixed forest. *New Phytol.* 152, 533–542.
- Jahn, H. & Jahn, M.A., 1986. Konstanz und Fluktuation der Pilzvegetation in Norra Warleda (Uppland). Beobachtungen auf einem schwedischen Bauernhof. *Westfälische Pilzbriefe* 10/11, 352–378.
- Jansen, E. & van Dobben, H.F., 1987. Is decline of *Cantharellus cibarius* in the Netherlands due to Air Pollution? *Ambio* 16, 211–213.
- Kasparavicius, J., 2001. Effect of trampling on fructification of *Cantharellus cibarius* and *Boletus edulis* in Scots pine forests. *Biologija* 3, 21–23.
- Norvell, L., 1995. Loving the chanterelle to death? The 10 year chanterelle project. *McIlvanea* 12, 6–25.
- Peric, B. & Pinguli, E., 2001. South Eastern Europe mushrooms menaced by global demand. *The Bulletin* 10/4, 16–17.
- Peter, M., Ayer, F. & Egli, S., 2001. Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytol.* 149, 311–325.
- Pilz, D., Norvell, L., Danell, E. & Molina, R., 2003. Ecology and Management of Commercially Harvested Chanterelle Mushrooms. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-576. Portland OR: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1–83.
- Smith, S.E. & Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.
- Straatsma, G., Ayer, F. & Egli, S., 2001. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycol. Res.* 105, 515–523.
- Wang, Y. & Hall, I.R., (2004). Edible ectomycorrhizal mushrooms: challenges and achievements. *Can. J. Bot.* 82, 1063–1073.
- Watling, R., 1997. The business of fructification. *Nature* 385, 299–300.



Cortinarius varius (Foto: Henk Huijser)
Eetbaar, en niet zeldzaam in de Midden-Europese sparrenbossen.