

ARSENICUM IN PADDESTOELEN

Tjakko Stijve, Sentier de Clies no 12, 1806 St. L  gier, Zwitserland

Many higher fungi concentrate potential toxic chemical elements such as mercury, cadmium and even selenium from their substrate. However, accumulation of arsenic is seldom observed. Most mushrooms only contain a few mg/kg of arsenic calculated on dry matter. Upon analyzing 300 mushroom species, only half a dozen were found to have abnormally high arsenic levels that ranged from 10 - 2400 mg/kg on d.s. Often, these accumulating species convert poisonous inorganic arsenic to organic derivatives of considerable lower toxicity. For example, the crown-shaped cup fungus (*S. coronaria*) contains monomethylarsonic acid, whereas in *Laccaria amethystina* arsenic is found as dimethylarsinic acid. In *Sarcodon imbricatus* and in two *Agaricus* species the detoxification process is even more outspoken: these mushrooms were found to contain arsenobetaine, a harmless metabolite that also occurs in sea fish and crustaceans. On the other hand, in *Entoloma lividum* arsenic is wholly present as toxic inorganic arsenite and arsenate. The significance of these findings is briefly discussed. Interestingly, the metabolism of arsenic in fungi is rather similar to that observed in mammals and marine fish, providing additional evidence for the assumption that animals and fungi share a unique evolutionary history.

Het is alweer zo'n 20 jaren bekend dat paddestoelen allerlei elementen, vooral zware metalen, selectief kunnen ophopen. Samenvattende artikelen over dit onderwerp werden gepubliceerd door Stijve (1980), Seeger (1982) en onlangs nog door Mjestrik & Lepsova (1991).

Het is dus niet te verwonderen dat er ook zwammen zijn, die 't vermogen hebben het beruchte gift arsenicum, ook wel arseen genoemd, in hun vruchtlichamen te concentreren, maar tot voor kort waren er nagenoeg geen publicaties over dit onderwerp. Toen schrijver dezes omstreeks 1988 besloot om het voorkomen van arseen in hogere zwammen te onderzoeken, werd hij vooral geïnspireerd door een publicatie (Byrne et al., 1976), waarin melding werd gemaakt van betrekkelijk lage gehalten in een dozijn soorten met als opmerkelijke uitzondering de Rodekoolzwam (*Laccaria amethystina*), die maar liefst 200 mg/kg, berekend op de droge stof, bleek te bevatten. Daar paddestoelen die rijk zijn aan metalen als kwikzilver (Stijve & Roschnik, 1974; Seeger, 1976) en cadmium (Seeger, 1978) vooral in bepaalde geslachten worden gevonden, lag 't voor de hand om na te gaan of ophoping van arseen typisch zou zijn voor *Laccaria*. Ik zocht dus contact met specialiste Else Vellinga van 't Rijksherbarium, die dadelijk was geïnteresseerd en mij in ruime mate voorzag van gedroogde collecties.

Literatuuronderzoek bracht aan 't licht dat reeds in 1912 Jadin & Astruc 0,45 - 0,85 mg arseen in een tiental paddestoelen hadden gerapporteerd, maar zo'n driekwart eeuw later bedroeg 't aantal onderzochte soorten nog maar 35, wat weer eens laat zien dat biochemici hogere zwammen als stiefkinderen behandelen! 't Onderzoek werd dus uitgebreid naar alle beschikbare paddestoelen in de hoop op opzienbarende ontdekkingen. Helaas, weinig projecten zijn - althans in 't begin - zo frustrerend gebleken. Aanvankelijk waren er al moeilijkheden met de bepalingsmethode. De analisten waren jarenlang gewend geweest om allerlei voedingsmiddelen te onderzoeken op arseen, waarbij de

gevonden gehaltenes fluctueerden tussen 0,05 en 1 mg/kg. In sommige paddestoelen o.a. in *Laccaria amethystina* vonden ze veel meer, maar de herhaalbaarheid der resultaten was slecht. Bij controle bleek dat 't opwerken van de monsters in orde was, maar dat de uiteindelijke meting d.m.v. atomaire absorptie spectrometrie bij hoge concentraties buiten het lineaire bereik viel.

't Probleem viel dus eenvoudig op te lossen door de te meten oplossingen te verdunnen, maar ons zelfvertrouwen kreeg opnieuw een schok toen we ontdekten dat 't arseengehalte van een en dezelfde soort vaak enorm varieerde (bijvoorbeeld in *Helvella elastica* : 0,28 - 109 mg/kg).

We zochten daarom samenwerking met een tweede laboratorium dat onze monsters d.m.v. de neutronen-activeringstechniek onderzocht en daarbij de arseenconcentraties van hoog tot laag volledig bevestigde. Tenslotte resulteerde ons onderzoek in een publicatie (Stijve et al., 1990), waarin we rapporteerden dat behalve *Laccaria amethystina* ook de zeldzame *L. fraterna* arseen accumuleerde. Andere *Laccaria*'s bleken hier veel minder toe geneigd. Een andere arseenophoper werd gevonden in de Kroonbekerzwam *Sarcosphaera coronaria*, een niet in Nederland voorkomende grote bekerzwam, die echter vrij algemeen is in de Zwitserse bergbossen. 't Gehalte van verschillende collecties van deze soort lag tussen 360 en 2400 mg/kg op de droge stof, een record dat intussen nog niet is verbeterd.

Om praktische redenen onderzochten we nog 225 monsters van 79 eetbare paddestoelen. De gekweekte soorten bleken steeds weinig te bevatten en ook de resultaten voor wildgroeiende zwammen waren geruststellend (Stijve & Bourqui, 1991). Alleen in 't geslacht *Agaricus* vonden we relatief hoge concentraties, hetgeen een vroegere waarneming bevestigde (Vetter, 1989).

Stand van zaken in 1995

Na de eerste ervaringen bleek de verleiding om 't onderzoek naar arseen in hogere zwammen uit te breiden niet groot. Immers, als 't arseengehalte van één taxon zo enorm varieert, hoeveel monsters dienen dan te worden onderzocht voor men besluiten kan of er van ophoping sprake is?

Deze problematiek wordt geïllustreerd door tabel 1, die de analyseresultaten weergeeft van een aantal niet arseen-ophopende soorten, gegroepeerd naar familie. Daar 't gemiddelde arseengehalte van de door ons onderzochte bodemonsters ongeveer 10 mg/kg bedroeg, werden paddestoelensoorten waarvan de gemiddelde arseenconcentratie beneden deze waarde lag, als niet ophopend beschouwd. Een niet-mycoloog zal er zich geen rekenschap van geven hoe ontoereikend de informatie in deze tabel is. De analyse van slechts 50 monsters van 37 Ascomyceten, meest kleinere en grotere bekerzwammen, suggereert hoogstens dat arseenaccumulatie binnen deze groep niet zeer algemeen is. Daarentegen zijn de resultaten voor 39 monsters van in totaal 25 *Agaricus* soorten wel betekenisvol, want 't onderzoekmateriaal omvat ongeveer de helft van de in Europa voorkomende vertegenwoordigers van 't genus. 't Aangegeven bereik en de hoge gemiddelde waarde laten de conclusie toe dat *Agaricus*-paddestoelen een zekere affiniteit tot arseen bezitten. Dit bevestigt eerdere waarnemingen (Vetter 1989, Stijve & Bourqui 1991), die echter betrekking hadden op veel minder soorten en monsters. Helaas laten de resultaten voor de andere families in de tabel geen eendere conclusies toe. Als iemand op zoek wil gaan naar nieuwe arsenofiele soorten, zou hij of zij de genera *Sarcodon*, *Alba-*

Familie	Aantal soorten	Aantal monsters	Bereik	Gemiddelde waarde	SD
Ascomyceten	37	50	0,03 - 14,2	1,50	2,32
Gasteromyceten	5	5	0,13 - 1,16	0,52	0,40
Basidiomyceten, Aphyllophorales:					
Hydnaceae	2	8	0,29 - 23,4	3,89	7,98
Clavariaceae	4	4	0,32 - 1,47	0,71	0,53
Cantharellaceae	6	12	0,03 - 5,02	0,60	1,40
Polyporaceae	3	4	0,17 - 13,5	3,65	6,56
Basidiomyceten, Agaricales:					
Strobilomycetaceae	1	1	---	0,37	---
Boletaceae + Paxillaceae	7	18	0,03 - 2,87	0,61	0,67
Hygrophoraceae	7	10	0,03 - 2,74	0,48	0,80
Tricholomataceae	30	37	0,14 - 5,3	1,06	1,11
Rhodophyllaceae	19	20	0,14 - 5,75	1,57	1,54
Amanitaceae	4	8	0,03 - 0,63	0,36	0,28
Agaricaceae	25	39	0,03 - 25,5	4,17	4,83
Lepiotaceae	11	14	0,14 - 5,37	1,84	1,66
Coprinaceae	6	6	0,24 - 2,00	0,78	0,67
Strophariaceae	1	1	---	0,31	
Bolbitiaceae	2	2	2,55 - 8,96	---	
Cortinariaceae	5	5	0,03 - 8,51	3,41	3,87
Russulaceae	9	9	0,13 - 0,55	0,30	0,16

Tabel 1. Arseengehalte van hogere zwammen: niet ophopende soorten: gemiddelde waarde minder dan 10 mg/kg op droge stof.

trellus en *Agrocybe* nader onder de loupe kunnen nemen, want daarin werden soms meer dan gemiddelde concentraties gemeten.

De tabellen 3 en 4 laten zien dat zelfs 't arseengehalte van notoir ophopende soorten vaak enorm varieert. Voor zowel *Laccaria amethystina* als *Sarcosphaera coronaria* bedraagt 't verschil tussen de hoogste en de laagste waarde meer dan een factor honderd! Bij gevolg moeten voor elke soort een groot

Soort	N	mg/kg droge stof
<i>Helvella elastica</i>	3	0,28 - 109
<i>Geopyxis carbonaria</i>	3	6,4 - 47
<i>Sarcodon imbricatus</i>	4	0,1 - 23,4
<i>Entoloma lividum</i>	4	0,5 - 150

Tabel 2. Arseengehalte van 4 soorten, die nader onderzoek behoeven.

aantal monsters van verschillende herkomst worden onderzocht, wat praktische bezwaren kan opleveren. Niet alleen zijn arseenbepalingen duur, maar 't kan ook moeilijk zijn om aan voldoende collecties van een soort te komen. Deze problematiek wordt geïllustreerd door de resultaten voor vier soorten, die nader onderzoek behoeven (tabel 2).

In welke vorm is arseen aanwezig in paddestoelen?

De naam arseen heeft niet alleen een sinistere bijklank door alle (goedeels 19e eeuwse) verhalen over onopzettelijke en misdadige vergiftigingen, maar de anorganische vorm van 't element, arseniet, is ook in lage concentraties kankerverwekkend (Chen et al., 1992). De consument wordt beschermd d.m.v. een strenge wetgeving, die voorschrijft hoeveel arseen in drinkwater, levensmiddelen en zelfs behangselpapier aanwezig mag zijn. Dit zijn hoeveelheden, die ver onder de in de arsenofiele paddestoelen gesignaleerde concentraties liggen.

Nu is 't bekend dat in sommige levensmiddelen, zoals zeevis, kreeft en garnalen veel meer arseen voorkomt dan in granen, groenten en vruchten (Anonymus, 1981). Zo werd ongeveer 10 jaar geleden vastgesteld dat 't eten van de toenmaals populaire restaurant-schotel schol met friet de dagelijkse arseenopname van de Nederlandse consument enorm verhoogde (Luten et al., 1982). Het arseen in de schol bleek echter aanwezig te zijn als niet giftig arsenobetaine, dat door de mens snel en onveranderd wordt uitgescheiden, zulks in tegenstelling met anorganisch arseen, dat zich in 't lichaam aan eiwitten hecht en daardoor allerlei enzymfuncties blokkeert, hetgeen - als de dosis hoog genoeg is - de dood tengevolge heeft.

't Lag dus voor de hand om in arseenophopende paddestoelen naar arsenobetaine te zoeken, maar de analyses vielen negatief uit voor *Laccaria amethystina* en *Sarcosphaera coronaria*. Ondertussen hadden Byrne et al. (1991) vastgesteld dat 't arseen in *Laccaria amethystina* voorkwam als een stabiele, niet vluchtige, wateroplosbare, niet aan eiwit gebonden stof, die na vloeistofchromatografie met arseen-specifieke detectie (HPLC - ICP) als dimethylarsinezuur (DMA) werd geïdentificeerd. Nu was DMA al enige tijd bekend als stofwisselingsproduct in zoogdieren. Zo vindt men het na opname van anorganisch arseniet en arsenaat in de urine (Lakso & Peoples, 1975). Interessant genoeg bleek uit farmacologisch en toxicologische literatuur dat DMA 70 x minder giftig is dan 't

Herkomst	mg/kg droge stof
Holland:	
no 1708	291
no 1709	206
no 1710	29,3
ECV 435	48
ECV 1264	1,26
Duitsland:	
Kannenbruch / Lübeck	301
Lübeck region	96
Fohlenhoppel / Reinfeld	142
Frankrijk:	
bij Lyon	15,8
Zwitserland:	
Fayaux, VD '81	50
Markt te Vevey '89	209
Markt te Vevey '90	160
Mont Pélerin (VD) '90	26
Grangettes (VD) '91	786
N=14	gem. = 168,7 SD = 204,3

Tabel 3. Arseengehalte van *Laccaria amethystina*.

beruchte arseniet. Het werd voor de oorlog zelfs gebruikt als geneesmiddel, o.a. tegen malaria (Pinkhof & Van der Wielen, 1934).

Herkomst	mg/kg droge stof
Zwitserland:	
Forêt de Disse (Genève), 1967/71 (gemengd monster)	2410
St. Luc (Vs), 1978	2210
Puidoux, mei 1985	351
Puidoux, mei 1989	640
Puidoux, mei 1990	444
Fribourg, 1988?	440
Fribourg, 1990	387
Jura bij Neuchâtel, juni 1989	248
Jura bij Bern, 1990?	324
Bulle (Fr), 1991	397
Duitsland:	
Würzburg, FW, mei 1977	290
Steinachtal, mei 1977	275
Traunstein, Bavaria, juni 1977	70
Gamburg / Apfelsberg, mei 1978	606
USA:	
Plumas County, California, april 1991	19,9
Stanislaus Nat. Forest, California, apr. 1991	610
N = 14	gem. = 607,6 SD = 687,4

Tabel 4. Arseengehalte van *Sarcosphaera coronaria*.

't Raadplegen van publicaties over arseenmetabolisme en de arseencyclus in de natuur maakte 't mogelijk om een lijstje op te stellen van zowel anorganische als organische arseenverbindingen, die men in paddestoelen zou kunnen verwachten. Bij gebrek aan gepubliceerde methoden bleek de analyse echter minder eenvoudig. Gelukkig bleek Anthony Byrne van het Jozef Stefan instituut te Ljubljana in Slovenië dadelijk enthousiast over mijn voorstel om gezamenlijk een onderzoek naar de chemische vorm van arseen in de ophopende paddestoelen uit te voeren. Zoals boven vermeld, had Byrne immers al ervaring met dit soort research. Op zijn aanraden werd ook 't Institut für Analytische Chemie van de Karl Franzens Universiteit in Graz, Oostenrijk, waar Kurt Irgolic en z'n medewerkers zich ook al uitgebreid met arseenanalyse hadden bezig gehouden, in 't onderzoek betrokken.

	Totaal	Anorganisch As	MAA	TMA-ion	Arsenobetaine	DMA
<i>Sarcosphaera coronaria</i> ex						
- Puidoux, Vd, CH	350	< 1	331	< 1,1	< 1	< 2,5
- St. Luc, Vs, CH	2100	1,6 ± 0,2	2090	< 1,5	< 1	6,2
- Pokljuka, Slovenië	161	1,1	130	n.a.	< 1	1,4
<i>Sarcodon imbricatus</i> ex						
- Markt te Vevey, CH	23,8	0,44 ± 0,25	3,03 ± 1,04	1,58 ± 0,23	10,4 ± 0,9	2,37 ± 0,60
- Champex, Vs, CH	0,88	< 0,04	< 0,08	0,29	0,28	0,13
<i>Lycoperdon perlatum</i> ex						
- Mali Statnik, Slovenië	2,26	0,10	0,05 - 0,31	---	---	1,85

Tabel 5. Arseenverbindingen in paddestoelen behorende tot de Ascomyceten en Aphyllophorales en Gasteromyceten (in mg As/kg droge stof).

	Totaal	Anorganisch As As ^{III}	As ^V	MAA	DMA	TMA-ion	Arsenobetaine
<i>Laccaria amethystina</i> ex							
- Slivna } Slovenië	33,8	0,015		0,075	23,7	---	< 1
- Volcji potok }	36,1	< 0,05		< 0,09	34,6	---	< 1
<i>Agaricus haemorrhoidarius</i> ex							
- Villeneuve, Vd, CH	8,8	< 0,2		< 0,2	0,68	< 0,1	7,8
<i>Agaricus placomyces</i> ex							
- Villeneuve, Vd, CH	8,6	< 0,2		< 0,2	< 0,5	< 0,3	8,4
<i>Entoloma lividum</i> ex							
- Jura, Neuchâtel, CH	39,3	2,3	31	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,5

Tabel 6. Arseenverbindingen in plaatjeszwammen (in mg As/kg droge stof).

Resultaten en discussie

De samenwerking van de drie laboratoria resulteerde in een serie analyseresultaten voor zes min of meer arseenophopende paddestoelen, die zijn ondergebracht in de tabellen 5 en 6 (Byrne et al., 1995). Alvorens deze resultaten van commentaar te voorzien, dient er op te worden gewezen dat de gebruikte analysemethoden nieuw zijn, weinig gevoelig en onvoldoende gevalideerd. In sommige paddestoelen maakten mede-geëxtraheerde stoffen de analyse vaak moeilijk. Het is daarom niet onmogelijk dat geringe hoeveelheden van andere dan de gerapporteerde arseenverbindingen aan de analyse zijn ontsnapt.

Tabel 5 laat zien dat in drie collecties van *Sarcoscypha coronaria* 't arseen bijna geheel als methylarsoniumzuur (MAA) aanwezig is. 't Metabolisme blijkt consistent: de vorming van MAA is blijkaar onafhankelijk van de bodemgesteldheid en geografische herkomst. Deze verbinding, die in de bekerzwam waarschijnlijk aanwezig is als 't kaliumzout, is stabiel. 't Monster uit St. Luc werd in 1977 verzameld, terwijl 't Sloveense materiaal in 1993 beschikbaar kwam. De Kroonbekerzwam werd en wordt gegeten in sommige streken van Frankrijk en Zwitserland (o.a. in 't kanton Jura). Oudere paddestoelengidsen vermelden deze soort als "eetbaar", maar na 't bekend worden van enkele vergiftigingsgevallen omstreeks 1920, waarbij de bekerzwam rauw in de sla werd gegeten (Sartory & Maire, 1921), werd aangeraden om ze goed te koken. In moderne gidsen (Cléménçon et al., 1980; Svrcek, 1983; Arora, 1986) wordt *Sarcoscypha coronaria* echter als giftig aangegeven. Overigens vermeldt Giacomoni (1989) nog een recent vergiftigingsgeval met dodelijke afloop.

Het is niet uitgesloten dat 't variabele gehalte aan MAA verantwoordelijk is voor de tegenstrijdige reputatie van de Kroonbekerzwam als giftige paddestoel. MAA is weliswaar lang niet zo giftig als arseniet, maar het is toch verre van onschuldig. Een toxicologisch rapport vermeldt de lage acute giftigheid van de stof (Palazzolo, 1978), maar men kan er lezen dat het in proefdieren koliek en diarree veroorzaakte, hetgeen ook de overwegende symptomen zijn van een Kroonbekerzwamvergiftiging (Bresinsky & Besl, 1985). Ook dient te worden bedacht dat 't opmerkelijke gehalte van 2100 mg/kg bij 't onderzoek van meer collecties nog wel overschreden zou kunnen worden.

Bleek in *Sarcoscypha coronaria* 't vermogen tot metabolisering van arseen tamelijk zwak — we vonden immers maar 't meest eenvoudige gemethyleerde zuur — in de Geschubde stekelzwam (*Sarcodon imbricatus*) is een hele rij arseenverbindingen aanwezig, waarvan arsenobetaine de meest opmerkelijke is. Zoals eerder vermeld, is deze stof het niet giftige arseenmetabool in zeevissen en garnalen en het is werkelijk een verrassing om 't in een paddestoel te vinden! Weliswaar bevat de stekelzwam ook de gemethyleerde arseenzuren en zelfs 't tetramethylarsonium (TMA) ion, maar deze stoffen zijn waarschijnlijk intermediaire stadia in de biosynthese van arsenobetaine. De analyse van een tweede collectie, die zo'n 25 maal minder arseen bevatte, gaf een vergelijkbaar resultaat.

In *Lycoperdon gemmatum* vonden we voornamelijk dimethylarsinezuur (DMA).

Bij de resultaten voor de plaatjeszwammen (tabel 6) valt men werkelijk van de ene verrassing in de andere. In *Laccaria amethystina* blijkt arseen vooral aanwezig als DMA, zoals Byrne et al. (1991) reeds eerder aantoonde. Het arsenobetaine bleek ook aanwezig in de saprofytische Agaricussorten. Blijkbaar verloopt de biosynthese hier efficiënter dan

in de Geschubde stekelzwam, want de tussenstadia ontbreken nagenoeg! Daar 't voorkomen van arsenobetaine tot nu toe slechts gesignaleerd was in een (beperkt) aantal zeedieren, werd in 't Centre de Recherche Nestlé de aanwezigheid van deze verbinding in de genoemde paddestoelen d.m.v. massaspectrometrie bevestigd (Stijve, 1995a).

't Voorkomen van arsenobetaine in twee *Agaricus*-paddestoelen roept de vraag op of deze niet giftige vorm ook aanwezig is in gekweekte *A. bisporus* en *A. bitorquis*. Weliswaar is 't arseengehalte van deze cultuurchampignons relatief laag, maar de gerapporteerde concentraties liggen duidelijk hoger dan die in groenten en vruchten (Stijve et al., 1990; Dabeka et al., 1993). Een oriënterende dunne-laagchromatografische analyse van een monster gevriesdroogde champignons uit de handel wees uit dat arseen inderdaad voornamelijk aanwezig was als arsenobetaine (Stijve, 1995b). Een geruuststellend resultaat, dat echter nog bevestiging behoeft.

Dat niet alle paddestoelen arseen ontgiften door omzetting in organische verbindingen blijkt uit 't resultaat voor *Entoloma lividum*, waarin het element uitsluitend als anorganisch arsenaat en arseniet voorligt. Het is echter hoogst onwaarschijnlijk dat dit arseen verantwoordelijk zou zijn voor de giftigheid van de Satijnzwam. Immers, 40 mg/kg op de droge stof komt overeen met "slechts" 4 mg/kg op vers materiaal, hetgeen onvoldoende is om een gastro-intestinaal syndroom teweeg te brengen.

Er is al eens op gewezen dat fungi en dieren gemeenschappelijke voorouders zouden hebben (Cavalier-Smith, 1987; Wainright et al., 1993), wat onder andere zou blijken uit overeenkomstige biochemische eigenschappen, zoals de synthese van hydroxyproline, chitine, ferritine en vooral uit 't gebruik van ureum als stofwisselingsprodukt (Reinbothe & Tschiersch, 1962; Stijve & Diserens, 1988). Ook arseen wordt enerzijds omgezet in gemethyleerde zuren (net als bij zoogdieren), anderzijds in arsenobetaine, zoals dat bij zeevissen en garnalen 't geval is.

De in dit artikel gerapporteerde resultaten roepen de vraag op of de diverse vormen van arseen in paddestoelen chemotaxonomische betekenis hebben. Bijvoorbeeld, bestaat er verband tussen de plaats van de zwammen op de evolutionaire ladder en hun vermogen om arseen te metaboliseren? Met andere woorden: is MAA als enige metaboliet karakteristiek voor bekerzwammen? Bevatten andere *Laccaria*'s ook voornamelijk de dimethylverbinding? Is 't onvermogen om arseniet in organische verbindingen om te zetten algemeen onder de roodsporigen? Enz. enz.

Een onderzoek in deze richting is alleen mogelijk indien de analysemethoden worden geperfectioneerd — zo is er een grotere gevoeligheid nodig, want men dient ook niet ophopende taxa te kunnen onderzoeken! — en goedkoper gemaakt.

Van de genoemde metabolieten is arsenobetaine 't enige dat relatief goedkoop en gevoelig d.m.v. dunne-laagchromatografie kan worden bepaald. Daar de verbinding stabiel is, zou 't mogelijk zijn om door analyse van herbariummateriaal na te gaan of 't vermogen tot biosynthese van arsenobetaine wijd verbreid is in het genus *Agaricus*.

Tenslotte dient te worden onderzocht waarom 't arseengehalte binnen een taxon zo enorm varieert. Het is mogelijk dat dit samenhangt met de fysisch-chemische eigenschappen van 't substraat die bepalen in hoeverre het element door het mycelium kan worden opgenomen. Cultuurexperimenten, o.a. met *Agaricus bisporus* zouden hieromtrent

uitsluitel kunnen geven. Hoe dit ook zij, arseenophoping is waarschijnlijk een zeer selectief proces. Zo bleken zowel accumulerende als niet-accumulerende paddestoelen gelijke (lage) concentraties van 't nauw aan arseen verwante metaal antimoon te bevatten (Stijve, 1995b).

LITERATUUR

- Anonymus, 1981. Arsenic. Environmental Health Criteria no 18: 45-46. WHO, Geneva.
- Arora, D., 1986. Mushrooms demystified (2nd edition). Berkeley.
- Bresinsky, A. & H. Besl, 1985. Giftpilze. Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte und Biologen. Stuttgart.
- Byrne, A.R., V. Ravník & L. Kosta, 1976. Trace element concentrations in higher fungi. The Science of the Total Environment 6: 65-78.
- Byrne, A.R., M. Tusek-Znidaric, B.K. Puri & K.J. Irgolic, 1991. Studies of the uptake and binding of trace metals in fungi. Part II. Arsenic compounds in *Laccaria amethystina*. Applied Organometallic Chemistry 5: 25-32.
- Byrne, A.R., Z. Slejkovec, T. Stijve, L. Fay, W. Gössler, J. Gailer & K.J. Irgolic, 1995. Arsenobetaine and other arsenic species in mushrooms. Applied Organometallic Chemistry, in druk.
- Cavalier-Smith, T., 1987. In: Evolutionary Biology of the Fungi, British Mycological Society Symposium 12: 339-353, Cambridge Univ. Press.
- Chen, C.J., C.W. Chen, M.M. Wu & T.L. Kuo, 1992. Cancer potential in liver, lung, bladder and kidney due to ingested inorganic arsenic in drinking water. Br. J. Cancer 66: 888-892.
- Cléménçon, H., S. Cattin, O. Ciana, R. Morier-Genoud & G. Scheibler, 1980. Les quatre saisons des champignons. Lausanne.
- Dabeka, R.W., A.D. McKenzie, R.A. Graham, H.B. Conacher & P. Verdier, 1993. Survey of Arsenic in Total Diet Food Composite and Estimation of the dietary Intake of Arsenic by Canadian Adults and Children. Journal Of AOAC International 76: 14-25.
- Giacomoni, L., 1989. Les Champignons. Intoxications, pollutions, responsabilités. Une nouvelle approche de la mycologie: 37-38. Entrevaux.
- Jadin, F. & A. Astruc, 1912. Sur la teneur en arsenic de quelques champignons supérieurs. J. Pharm. Chim. 6: 529-535.
- Lakso, J.U. & S.A. Peoples, 1975. Methylation of Inorganic Arsenic by Mammals. J. Agric. Fd. Chem. 23: 674-676.
- Luten, J.B., G. Riekwel-Booy & A. Rauchbaar, 1982. Occurrence of Arsenic in Plaiçe (*Pleuro-nectes platessa*), Nature of Organo-Arsenic Compound Present and Its Excretion by Man. Environmental Health Perspectives 45: 165-170.
- Mjestrik, V. & A. Lepsova, 1991. Applicability of Fungi to the Monitoring of Environmental Pollution by Heavy Metals. In: Markert, B. (ed). Plants as biomonitors. Indicators for heavy metals in the terrestrial environment: 365-378. Weinheim, BRD.
- Palazzolo, R.J., 1978. Unpublished reports cited by E.A. Dietz, Jr. and L.O. Moore in Monomethylarsonic Acid, Cacodylic Acid and Their Sodium Salts in "Analytical Methods for Pesticides and Plant Growth Regulators", Vol. X: 385-401. Edited by G. Zweig and J. Sherma. New York.
- Pinkhof, H. & P. van der Wielen, 1934. Pharmacotherapeutisch Vademecum: 109. Amsterdam.
- Reinbothe, H. & B. Tschiersch, 1962. Harnstoff-Metabolismus bei Basidiomyceten. Flora 152: 423-446.
- Sartory, A. & L. Maire, 1921. Les champignons vénéneux: 129-132. Collection Scientifique de Strasbourg. Paris. Librairie le François.
- Seeger, R., 1976. Quecksilbergehalt der Pilze. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 160: 303-312.

- Seeger, R., 1978. Cadmium in pilzen. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 166: 23-34.
- Seeger, R., 1982. Toxische Schwermetalle in Pilze. Dt. Apoth. Ztg. 122: 1835-1844.
- Stijve, T. & R. Roschnik, 1974. Mercury and Methyl Mercury Content of Different Species of Fungi. Trav. chim. aliment. hyg. 65: 209-220.
- Stijve, T., 1980. Enige potentieel giftige elementen in paddestoelen. Coolia 23: 85-108.
- Stijve, T. & H. Diserens, 1988. Harnstoff in Speisepilzen. Deutsche Lebensmittel Rundschau 84: 248-252.
- Stijve, T., E.C. Vellinga & A. Herrmann, 1990. Arsenic accumulation in some higher fungi. Persoonia 14: 161-166.
- Stijve, T. & B. Bourqui, 1991. Arsenic in edible mushrooms. Deutsche Lebensm. Rundschau 87: 307-310.
- Stijve, T., 1995a. Organoarsenic compounds in the environment - The need for speciation in food materials. Research note QS-RN 950002 of 19-1-1995. Nestec Ltd, Research and Development.
- Stijve, T., 1995b. Ongepubliceerd werk.
- Svrcek, M., 1983. Dausien's grosses Pilzbuch in Farbe. Hanau, BRD.
- Vetter, J., 1989. Prüfung des Mineralstoffgehaltes von höheren Pilzen. Int. J. Mycol. Lichenol. 4 (1-2): 888-892.
- Wainright, P.O., G. Hinkle, M.L. Sogin & S.K. Stickel, 1993. Monophyletic Origins of the Metazoa: An evolutionary link with fungi. Science 260: 340-342.

HET RIJKSHERBARIUM VERHUIST

Na 30 jaren in de provisorische behuizing van de voormalige wolfabriek aan de Schelpenkade en meer dan 8 jaar deels in de oude universiteitsbibliotheek is het Rijksherbarium te Leiden nu aan het verhuizen naar een gestroomlijnd, nieuw gebouw. Voorbij zijn de tijden van plastic zeilen over de boekenkasten en ingenieuze afdruiptkanalen bij de collecties! Geen verwilderd kijkende bezoekers meer in de doolhof van gangen en trappen. Maar ook geen kokosmat met feloranje Wimperzwammen en Donsvoetjes op het platje, noch schitterend grote Bekerzwammen op de buitenmuren.

Het nieuwe gebouw, dat, naar een oud-directeur, het Van Steenis-gebouw heet, staat in het zogeheten bio-sciencepark aan de Einsteinweg 2, ten zuidwesten van het NS-station Leiden. Ten tijde van de verhuizing zijn de bibliotheek en de collecties niet voor bezoekers toegankelijk. In november 1995, respectievelijk januari 1996, zal dit wel weer het geval zijn.

Het postadres van het nieuwe gebouw is gelijk aan dat van het oude: Postbus 9514, 2300 RA Leiden; ook het antwoordnummer voor de toezending van paddestoelcollecties blijft hetzelfde: Antwoordnummer 10397, 2300 WB Leiden. Er komt wel verandering in de telefoonnummers van de mycologen; zij zijn ook bereikbaar via het centrale nummer van het gebouw: 071-5273500.

Else C. Vellinga