

## 국내 야생 및 수입 애완용 양서류에서 치명적인 향아리곰팡이병 병원체 최초 검출

First detection of the amphibian chytrid fungus, *Batrachochytrium dendrobatidis*, in free-ranging populations of amphibians in South Korea and the first case report of chytridiomycosis in an exotic frog species

■ 연구진 : 서울대학교 수의과 대학 이항 교수 외 15인

■ 내용 및 의의

\* 내용

- 향아리곰팡이병은 양서류의 치명적인 질병이며, 전세계적인 양서류 감소와 멸종에 있어 가장 중요한 원인 중 하나이다. 그러므로 2008년 5월에 세계동물보건기구(국제수역사무국; OIE)는 향아리곰팡이병을 회원국들이 의무적으로 신고해야 할 심각한 질병으로 지정하였다. 이 질병의 원인체는 일종의 곰팡이로서, 이 곰팡이는 국가 간에 양서류를 교역하면서 퍼지고 있는 것으로 보인다.
- 본 연구진은 향아리곰팡이병의 국내 상황을 조사하여 이 질병이 국내에서도 발생하고 있음을 최초로 발견하여 보고하는 바이다. 조사 결과, 애완용으로 사육하고 있는 개구리 뿐 아니라 야생의 개구리에서도 향아리곰팡이가 검출되었고, 애완용 사육개체는 향아리곰팡이병의 전형적인 임상증상을 보이다가 결국 폐사하였다.
- 본 연구결과는 수생동물질병 분야의 대표적 국제학술지인 *Diseases of Aquatic Organisms*

최근호(2009년 9월 7일자; 86권 9-13쪽) 및 한국양서파충류학회지(2009년 7월 1일자; 1권 1호 71-78쪽)에 게재, 발표되었다.

#### \* 의의

- 이 연구결과는 국내 야생생태계에 양서류 향아리곰팡이 병원체가 이미 존재하고 있다는 것을 증명하였으며, 외국에서 수입되고 있는 애완용 개구리가 그 중요한 감염원일 가능성을 보여주었다.
- 검사한 야생 양서류에서 향아리곰팡이병의 임상증상을 관찰하지 못했고 아직 수집 지역에서 대량 폐사 사례가 확인되지는 않았다. 그러나 국내에서 향아리곰팡이병 병원체가 검출된 것으로 보아 한국 양서류들이 향아리곰팡이에 무방비로 노출되어 있고 특히 금개구리, 맹꽁이 등 멸종위기에 처한 양서류 종들이 더욱 위험한 상황에 놓일 수 있다.
- 그러므로 이 곰팡이가 야생생태계와 사육되고 있는 양서류 개체들에 얼마나 광범위하게 분포하고 있는지, 그리고 이것이 한국의 양서류에 어떻게 영향을 미칠 것인지를 파악하기 위한 조사·연구가 시급한 실정이다.
- 또한 이러한 결과는 애완용으로, 증식·복원이나 상업적 목적으로 개구리를 사육하고 있는 개인이나 단체, 그리고 일반국민을 대상으로 향아리곰팡이병 전파 위험성에 대해 교육하고 홍보해야 할 필요성을 강조한다.

#### \* 양서류 보전의 중요성

- 양서류는 곤충의 주요한 포식자로서 생태계에서 곤충의 수를 조절하는 중요한 역할을 하고 있다. 양서류가 사라지면 모기 등 질병매개곤충이 늘어나 사람과 가축의 질병이 증가하고, 농작물 또한 피해를 입는다. 지구온난화의 영향으로 한반도는 현재 아열대성 기후로 변화하고 있는 중이며 이에 따라 곤충의 수가 증가하고 종류도 다양해질 것으로 예상되는 상황에서 양서류가 감소한다면 그 생태적 악영향은 더욱 심각할 것이다. 그러므로 양서류가 사라진다면 인간의 건강과 복지에도 지대한 영향을 미칠 것이며, 이들이 사라지기 전에 대책을 세워야 한다.

#### ■ 국내 연구현황

- 서울대 수의대는 2007년 12월에 호주와 일본의 향아리곰팡이병 전문가를 초청, 향아리곰팡이병 국제심포지엄을 개최하고 정부당국에 지속적으로 양서류 질병 문제의 심각성과 국내 발병 가능성을 알려 왔으나 예산상의 문제로 향아리곰팡이병의 국내 현황에 대한 국가 차원의 조사·연구 지원이 어려워 지난 2년간의 조사는 서울대학교 BK21수의과학연구인력양성사업단의 지원으로 수행되어 왔다. 그러나 이러한 대학의 노력만으로는 전국적인 조사와 연구에 한계가 있으므로 국내 양서류 등 야생동물 보전과 질병대책을 담당하는 정부당국의 인식의 전환과 전폭적인 지원이 절실한 실정이다.

### ■ 양후 대책

- 외국에서의 연구결과는 향아리곰팡이병의 주된 국제적 전파경로가 국가간 교역에 의한 양서류의 이동이라는 것을 보여준다. 그러므로 수입되는 양서류에 대한 철저한 검역대책이 요구된다. 현재 농림수산물식품부 국립수의과학검역원은 수입 양서류 및 파충류에 대한 검역절차를 마련하기 위한 작업을 진행하고 있다.
- 이미 국내에 들어와 있는 향아리곰팡이의 세밀한 분포 상황과 그 영향에 대한 신속한 조사가 필요하다.
- 국내에서는 사육 중인 양서류에서 발생한 향아리곰팡이병이 야생으로 퍼지지 않도록 애완용 또는 증식용으로 사육하고 있는 개인이나 단체를 대상으로 다음 사항을 교육·홍보해야 할 것이다.
  - 1) 검사받지 않은 애완용 양서류는 향아리곰팡이에 오염된 것으로 간주하고 사육 중인 양서류를 절대 야외에 방생하는 일을 하지 말아야 한다. 또한 양서류와 접촉하였던 물 등은 반드시 소독 후 배출해야 한다.
  - 2) 개구리를 사육하는 농장이나 증식장, 개인은 세밀히 개구리를 관찰하여 이상 증상이 나타나거나 개구리가 뚜렷한 이유 없이 죽는다면 지체 없이 전문검사기관(아래 연락처)으로 문의한다.
  - 3) 죽은 양서류는 함부로 땅에 묻거나 야외에 버리지 않고 소각처리 해야 한다.
  - 4) 야생의 개구리나 두꺼비, 도롱뇽을 함부로 잡거나 이동시키지 말아야 한다.
- 향아리곰팡이병에 감염된 개구리는 식욕부진, 침울함과 같은 가벼운 증상으로 시작하여 먹이 거부, 피부색의 변화, 자세이상, 이상행동 등을 보이다 발병한지 2~5주 내에 사망하게 된다. 이러한 증상들이 나타나는지 주의깊이 관찰해야 하며 사육 시 향아리곰팡이 감염여부를 검사할 것을 권장한다.

또한 향아리곰팡이를 지닌 양서류가 접촉하고 사용하던 물을 소독하지 않고 버릴 경우 배수관을 통해 야외로 전파될 수 있으므로 주의해야 하며, 감염 가능성이 있는 양서류를 야외에 방생하지 말아야 하고 야생의 양서류를 함부로 이동시켜서도 안 된다.
- 양서류의 종류에 따라 증상이 매우 다르기 때문에 눈으로 관찰하는 것만으로는 감염 여부를 판단하기 어려울 수 있다.

그러므로 향아리곰팡이병이나 다른 질병 등에 걸린 것으로 의심되는 양서류를 발견하였을 경우 가능한 직접 만지지 말고 전문검사기관(아래 연락처)으로 문의할 것을 권고한다.



#### ■ 연구진 소개

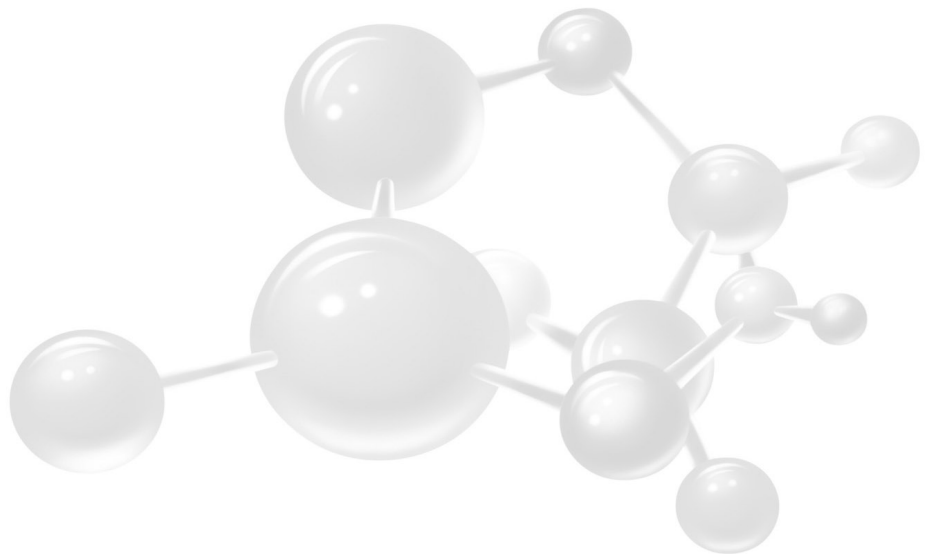
- \* 서울대학교 수의과대학 이항 교수팀  
: 양서류 검사 시료 채집과 향아리곰팡이병 유전자 진단
- \* 서울대학교 수의과대학 박세창 교수팀  
: 향아리곰팡이병 병리 진단
- \* 호주 제임스쿱대학 공중보건 및 열대의학센터 Rick Speare 교수팀  
: 양서류 질병검사 기술지원 및 자문

#### ■ 연구 지원

- \* 서울대학교 BK21수의과학연구인력양성사업단 (단장 류판동 교수)

#### ■ 문의처

- \* 서울대학교 야생동물유전자원은행  
: 전화 02-888-2744  
전자우편 [cgrb@cgrb.org](mailto:cgrb@cgrb.org)
- \* 서울대학교 수생동물질병연구실  
: 전화 02-880-1282  
전자우편 [parksec@snu.ac.kr](mailto:parksec@snu.ac.kr)



관련 자료

국내 야생 및 애완용 양서류에서 치명적인  
병원체 향아리곰팡이 최초 검출

2009. 9

서울대학교

## 1. 연구 배경 및 현황

- 세계자연보전연맹(IUCN)의 보고에 의하면, 전세계 6,260종의 양서류 중 32.4%인 2,030종이 멸종위기에 처해있다. 즉 전체 양서류의 약 1/3이 멸종위기에 처해 있는 것이다. 양서류 멸종과 감소의 원인은 서식지 훼손, 환경오염, 오존층 파괴로 인한 자외선 노출, 외래종의 도입, 기후변화 등, 여러 가지가 있으나 여기에 향아리곰팡이병과 같이 새롭게 등장하는 신종 전염성질병 또한 양서류에 큰 타격을 주고 있다.
- 생태계에서 중요한 역할을 하고 있는 양서류의 멸종과 감소는 생물다양성 및 환경에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 양서류의 수가 줄어들면 양서류를 먹이로 포식하는 동물의 수도 감소하므로 양서류의 절멸이 다른 동물의 절멸을 부를 가능성이 있다. 한편, 양서류들의 주요 먹이감인 모기 등 곤충들이 늘어나며 이들을 매개체로 전파되는 말라리아와 같은 질병이 번창하게 된다. 지구온난화의 영향으로 한반도는 아열대성 기후로 변화하고 있는 중이며, 이에 따라 곤충의 수가 증가하고 종류도 다양해질 것으로 예상되는 상황에서 양서류가 감소한다면 그 생태적 악영향은 더욱 심각할 수 있다. 또한 양서류는 오염물질에 취약하기 때문에 자연환경 건강성의 지표생물 역할을 한다. 그러므로 양서류의 위기는 곧 인간의 위기이다. 너무 늦지 않게 양서류를 위협하는 요인들을 파악하고 대책을 마련해야 할 것이다.
- 향아리곰팡이병의 원인체인 *Batrachochytrium dendrobatidis*는 현재 가장 심각한 양서류 질병의 병원체이며 전세계적인 양서류 감소와 멸종의 중요한 원인 중 하나이다. 그러므로 2008년 5월에 세계동물보건기구(국제수역사무국; OIE)는 향아리곰팡이병을 회원국들이 의무적으로 신고해야 할 질병으로 지정했다.
- 향아리곰팡이병이 위험한 이유는 이 질병의 높은 치사율과 전파능력 때문이다. 이 병에 감수성이 있는 개구리 종에서는, 감염된 개구리 개체군의 90% 내지 100%가 폐사하는 것으로 보고되어 있다. 향아리곰팡이는 물속에서 헤엄을 칠 수 있는 유주자를 만들기 때문에 개구리 간에 직접 접촉이 없더라도 같은 웅덩이에 사는 다른 개구리를 감염시킬 수 있다. 이 유주자는 물속에서 숙주 없이도 6~7주간 생존 가능하며 편모를 가지고 있어 쉽게 이동할 수 있다. 향아리곰팡이는 개구리류의 피부에 침입하여 피부호흡을 하지 못하게 함으로써 개구리를 죽음에 이르게 한다. 향아리곰팡이는 현재까지 137종에서 감염이 확인되었으나 점차 많은 종이 추가되고 있으며, 이 병에 대한 민감성은 종에 따라 다양하여 어떤 종은 증상이 보이지 않더라도 질병을 전파시킬 수 있어 더욱 주의를 요한다. 그러므로 향아리곰팡이병은 지금까지 야생동물에 알려진 어떠한 전염병보다도 가장 위험한 최악의 질병으로 간주되고 있다.
- 향아리곰팡이병은 국제적인 양서류의 무역에 의해 병원체가 나라 간에 전파되고 있는 것으로 보인다. 아시아 지역에서는 그 동안 발병 사례가 없다가 2006년 12월에 동경에서 개인 가정

에서 키우던 개구리에서 최초로 발병이 보고되었고, 그후 여러 다른 사례들이 발견 되면서 현재 일본에서는 생태계 건강성에 위협을 주는 가장 시급한 문제의 하나로 간주되고 있다.

- 아직까지 향아리곰팡이병은 한국이나 아시아 본토에서 보고된 적이 없었는데, 이는 국내 야생 및 애완용 양서류의 향아리곰팡이 분포에 대한 조사가 수행되지 않았기 때문일 수 있다. 그러므로 국내에 향아리곰팡이병의 존재 유무를 확인하기 위해 본 조사 및 연구가 수행되었으며, 그 결과 국내 처음으로 양서류 향아리곰팡이병의 검출과 발생을 보고하는 바이다.

- 관련논문

1. 양효진, 박세창, Rick Speare, 이항, 민미숙. 외래 개구리 종 *Litoria caerulea*의 향아리곰팡이병 진단. 한국양서파충류학회지 2009; 1(1):71-78
2. Yang HJ, Baek HJ, Speare R, Webb R, Park SK, Kim TH, Lasater KC, Shin SP, Son SH, Park JH, Min MS, Kim YJ, Na KJ, Lee H, Park SC. First detection of the amphibian chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in free-ranging populations of amphibians on mainland Asia: survey in South Korea. *Diseases of Aquatic Organisms* 2009; 86:9-13

## 2. 연구 내용 및 방법

- 2007년 6월부터 2009년 6월까지 2년간 국내 야생에서 13종, 347마리 개구리와 애완용 개구리 14종, 52마리를 임의로 수집하여 중합효소연쇄반응법 (PCR)으로 향아리곰팡이를 검사하였다. 향아리곰팡이의 유전적 검사에서는 야생에서 5종 (두꺼비 *Bufo gargarizans*, 청개구리 *Hyla japonica*, 황소개구리 *Lithobates catesbeianus*, 북방산개구리 *Rana dybowskii*, 움개구리 *Rana rugosa*), 총 31마리에서 검출되었고 (표 1), 수입된 애완용 개구리에서는 1종 (호주청개구리, *Litoria caerulea*), 총 2마리에서 검출되었다 (표 2).

- PCR에 의한 유전자 검사 결과 양성으로 나타난 6종 총 33마리의 개구리의 피부조직을 두 가지 염색방법, haematoxylin and eosin (H&E) 및 immunoperoxidase (IPX)에 의해 염색한 후 현미경으로 검사하여 그 중 청개구리와 황소개구리, 호주청개구리 세 종에서 조직병리학적인 병변과 곰팡이의 유주자낭을 확인할 수 있었다 (그림 1). 조직병리학적인 감염의 정도는 모든 야생 개구리에서 높지 않았으나 애완용 개구리 중 한 마리에서는 향아리곰팡이 감염으로 인한 심각한 피부조직의 병리학적인 변화를 확인할 수 있었다.

이 개구리는 외부자극에 대한 반응과 움직임이 적었고 식욕부진 증세를 보이다 외피가 박리되고 피부색이 변하며 결국 폐사하였다 (그림 2). 조직검사 결과 향아리곰팡이 감염으로 각질층이 과도하게 증식되어 있었다.

표 1. PCR에 의한 야생 양서류 개체군의 항아리곰팡이 검사 결과

학명	국명	검사개체수	양성개체수	양성/검사 개체비율(%)
<i>Bombina orientalis</i>	무당개구리	38	0	0
<i>Bufo gargarizans</i>	두꺼비	9	1	11.1
<i>Bufo stejnegeri</i>	물두꺼비	8	0	0
<i>Hyla japonica</i>	청개구리	24	8	33.3
<i>Hyla suweonensis</i>	수원청개구리	10	0	0
<i>Rana coreana</i>	한국산개구리	15	0	0
<i>Rana dybowskii</i>	북방산개구리	107	3	2.8
<i>Rana huanrenensis</i>	계곡산개구리	8	0	0
<i>Rana nigromaculata</i>	참개구리	26	0	0
<i>Rana playncyi chosonica</i>	금개구리	15	0	0
<i>Rana rugosa</i>	움개구리	28	5	17.8
<i>Kaloula borealis</i>	맹꽁이	5	0	0
<i>Lithobates catesbeianus</i>	황소개구리	54	14	26
총 합		347	31	

표 2. PCR에 의한 애완용 양서류 개체군의 항아리곰팡이 검사 결과

학명	일반명	검사개체수	양성개체수
<i>Litoria caerulea</i>	White's tree frog (호주청개구리)	6	2
<i>Xenopus laevis</i>	African clawed frog (아프리카발톱개구리)	24	0
<i>Pyxicephalus adspersus</i>	African bullfrog (아프리카황소개구리)	4	0
<i>Litoria infrafrenata</i>	White-lipped tree frog (화이트립청개구리)	2	0
<i>Ceratophrys cranwelli</i>	Cranwell's horned frog (뾰맨)	3	0
<i>Limnodynastes salmini</i>	Salmon striped frog (샬먼스트라이프개구리)	1	0
<i>Ambystoma tigrinum</i>	Tiger salamander (호랑이도롱뇽)	1	0
<i>Ambystoma opacum</i>	Marbled salamander (대리석도롱뇽)	1	0
<i>Agalychnis callidryas</i>	Red-eyed tree frog (레드아이청개구리)	2	0
<i>Osteopilus septentrionalis</i>	Cuban tree frog (쿠바청개구리)	2	0
<i>Pyxicephalus edulis</i>	Edible bullfrog (난쟁이픽시프록)	2	0
<i>Dyscophus antongilii</i>	Tomato frog(토마토개구리)	1	0
<i>Bufo marinus</i>	Cane toad (두꺼비류)	1	0
<i>Triturus marmoratus</i>	Marbled newt(영원류)	2	0
총 합		52	2





그림 1. 황소개구리의 피부에 감염된 향아리곰팡이 *Batrachochytrium dendrobatidis* 향아리곰팡이에 특이적인 면역조직 화학염색기법을 이용하여 피부조직을 염색하였다. 붉은 색으로 보이는 것이 향아리곰팡이이며 우측에 원형 유주자나이가 관찰된다.



그림 2. 향아리곰팡이병 감염 말기의 호주청개구리(*Litoria caerulea*)의 비정상적인 피부변화. 몸 전체에 어두운 초록색과 회색반점이 불규칙하게 형성되었다.



### 3. 연구 성과 및 향후 계획

- 애완용 개구리의 향아리곰팡이병 임상 사례에서 이를 PCR기법으로 진단하였을 뿐 아니라 폐사 후 감염상태의 피부조직을 현미경을 통하여 관찰하였고, 향아리곰팡이에 특이적인 면역조직화학염색기법을 이용하여 직접적인 감염의 증거를 밝힐 수 있었다. 감염과 발병이 확인된 개체는 외국에서 수입된 애완용 개구리였으며, 그러므로 향아리곰팡이병이 외국으로부터 국내에 유입되고 있다는 것을 확인하였다. 검사한 야생 양서류에서는 향아리곰팡이병의 임상증상을 관찰하지 못했고 채집지역에서 대량폐사 사례를 확인하지는 못했으나 국내 야생 양서류 개체군에 향아리곰팡이병의 병원체가 존재함을 확인하였다.
- 아시아 지역에서는 2006년 일본 열도에서 최초로 향아리곰팡이병이 보고 된 이후 아직까지 이 질병이 아시아 대륙에서 보고된 적은 없었으나, 본 연구진은 국내 양서류에서 향아리곰팡이병이 발생하고 있음을 최초로 증명함으로써 이 질병이 한반도를 포함한 아시아 대륙에도 존재함을 밝히게 되었다.
- 야생에서는 황소개구리(26%)와 청개구리(33%)에서 향아리곰팡이 병원체를 보유하고 있는 빈도가 가장 높았다. 외국에서의 보고에 의하면 황소개구리는 감염되어도 임상증상을 나타내지 않는다. 청개구리도 유병률이 높게 나타났지만 임상적인 감수성은 낮아 보인다. 감염된 개구리들은 경기도지역과 남부 일부지역에서 채집되었다. 황소개구리는 북미에서 들어온 외래종으로서 남한의 거의 모든 지역에 서식하고 있으므로 황소개구리를 통해 국내 토종개구리들이 향아리곰팡이에 노출될 위험성이 크다. 황소개구리와 청개구리 모두 국내에서 향아리곰팡이를 전파시키는 매개자 역할을 할 수 있으므로 이들 종들에 대한 철저한 감시가 요망된다.
- 남한의 양서류로는 열두 종의 토종 개구리와 한 종의 외래종 개구리, 다섯 종의 도롱뇽이 서식하고 있는데 금개구리와 맹꽁이 두 종은 멸종위기종으로 지정되어 있다. 향아리곰팡이가 국내 야생생태계에 존재함이 증명됨으로, 한국의 양서류들이 향아리곰팡이병에 무방비로 노출되어 있다는 것을 확인할 수 있었다. 금개구리나 맹꽁이 같이 멸종위기에 처한 종들은 더욱 위험한 상황에 처할 수 있으므로 이들에 대한 특별한 감시 조치가 필요하다.
- 국내에 수입되는 양서류들은 현재 어떠한 검역절차 없이 들어오고 있다. 수입 양서류에 대한 적절한 검역절차를 시급히 마련해야 한다.
- 현재의 국내 사육 및 야생 양서류 개체군에서 향아리곰팡이병의 분포 현황과 해외로부터의 유입현황을 조사, 감시하는 검사체계 구축을 위한 대폭적 지원이 있어야 할 것이며, 국내 양서류 종들이 얼마나 외래 향아리곰팡이병에 감수성이 있는지를 파악하기 위한 실험연구가 필수적이다. 이러한 현황파악과 조사연구결과가 있어야 이에 근거하여 향후 적절한 방역 및 보전 대책을 수립할 수 있기 때문이다.

- 양서류는 곤충을 잡아먹는 중요한 포식자이므로 사람과 가축의 질병매개곤충과 농업해충의 숫자를 조절하는 중요한 역할을 한다. 그러므로 양서류 존재의 중요성을 국민들에게 알려 양서류 보호와 향아리곰팡이병 예방과 방역에 최선을 다해야 할 것이다.
- 일본의 경우 2006년에 처음으로 양서류의 향아리곰팡이가 보고되었고, 이 사실은 신속히 언론에 보도되었다 (그림 3).

일본 환경성은 2007년에 향아리곰팡이병 대책을 위한 전문가 워크숍을 개최하였고 (그림 4), 웹사이트 (<http://www.env.go.jp/nature/info/tsubokabi.html>), 포스터 (그림 5), 유인물 등 다양한 수단을 통해 대국민 교육·홍보 활동을 하고 있다.



그림 3. 일본 신문 1면에 보도된 향아리곰팡이병 최초발견 기사.



그림 4. 2007년 6월 일본에서 열린 향아리곰팡이병 워크숍 안내문.



그림 5. 일본 환경성의 대국민 홍보 포스터. 집에서 기르던 개구리를 함부로 버리지 말자는 내용을 담고 있으며 향아리곰팡이병이 의심될 경우 전문검사기관을 문의할 것을 권고하고 있다.

#### 참고문헌

1. 일본 아자부대학 향아리곰팡이 해설서
2. 세계동물보건기구 (국제수역사무국: OIE) 수생동물 Fact Sheet [http://www.oie.int/eng/ressources/AQUATIC\\_EN\\_FS.pdf](http://www.oie.int/eng/ressources/AQUATIC_EN_FS.pdf)
3. 호주 제임스쿱대학 양서류질병 홈페이지 <http://www.jcu.edu.au/school/phtm/PHTM/frogs/ampdis.htm>
4. 한국야생동물유전자원은행 '향아리곰팡이병과 한국 양서류의 보전' (2007) 국제심포지엄자료집
5. 일본 환경성 홈페이지 향아리곰팡이병 홍보 페이지 <http://www.env.go.jp/nature/info/tsubokabi.html>
6. Amphibia Fading by Ashley T. Mattoon on June 15, 2000
7. 국제자연보호연맹(IUCN) <http://www.iucnredlist.org/amphibians>