

# 아플라톡신이 가축의 질병과 면역에 미치는 영향

## 편집기획실

### 서 론

곰팡이독소(Mycotoxins)는 다양한 종류의 곰팡이로 부터 천연적으로 일어나는 2차대사 과정으로부터 파생되는 독성물질이다. 이 독소들은 가축의 건강을 해치고 질병, 사료요구 감소 및 번식능력 저해의 과정을 통해서 가축에 경제적 손실을 야기시킨다. 아플라톡신은 *Aspergillus flavus*에 의해서 사료 내에서 생성되는 것과 밀접한 관련이 있는 독성대사물질 그룹이다(Ciegler와 Lillehoj, 1968). 가금에 있어서 아플라톡신은 일반적으로 성장을 저하 및 비효율적인 사료요구율같은 급성독소증(Acute toxicosis)을 일으키며(Carnaghan 등, 1966; Gardiner와 Oldroyd, 1965; Smith와 Hamilton, 1970) 아플라톡신중독증(Aflatoxicosis)과 타질병과의 상호작용에 가능성에 대해서도 연구되고 있다(Thaxton 등, 1974). 가축이 곰팡이독소와 곰팡이독소중독증(Mycotoxicosis)에 대해서는 많은 총설논문이 발표되었다.

하나 또는 그 이상의 곰팡이독소에 대한 전반적인 총설논문(Reviews)은 Borker 등(1966), Ciegler 등(1967), CAST(1979), Ciegler 등(1971), Goldblatt(1969), Hesseltine(1974), Mirocha와 Christensen(1974), Purchase(1974) 및 Willie와 Morehouse(1977)에 의해서 발표되었으며 가축 또는 인간의 건강에 미치는 영향에 대해 다룬 특정 총설논문은 N-AS(1979), Nelson와 Christensen(1976), Pier(1973, 1980), Rodricks 등(1977), WHO(1979), Pier(1981)에 의해서 보고되었다. 또한 아플라톡신 중독증이 가축의 면역에 미치는 영향(Pier, 1992)과 곰팡이독소의 진단기술에 대한 최근의 동향(Chu, 1992; Spainhour 등, 1992)에 대해서도 상세한 총설논문이 발표되었다(J. Anim. Sci.(1992). 70 : 3950~3963; Large

Animal Veterinarian.(1992). pp : 20~25).

Siller와 Ostler(1961) 및 Brown과 Abrams(1965)등은 전형적인 아플라톡신중독증에 걸린 칠면조, 거위(Ducklings) 및 닭으로부터 살모넬라를 분리하였다. 이들은 또한 저수준의 글로블린이 포함된 Hypoproteinemia를 관찰하였고 아플라톡신중독증은 닭이 살모넬라에 보다 감수성을 나타내게 한다고 제안하였다. Abrams(1965)는 다른 세균 및 바이러스 질병이 유사하게 영향을 미칠 것이라고 가정하였다. 이 가설을 직접 시험했을때 아플라톡신 중독증과 *S.gallinarum* 혼합 감염은 독립적 또는 상호작용없이 체중과 사망율에 그들의 영향을 나타내는 것이 발견되었다(Smith 등, 1969). 반면에 Hamilton과 Harris(1971)는 아플라톡신과 *Candida albicans*에 감염된 닭의 체중과 소낭 무게에서 상호작용을 발견하였다.

그러나 Pier 등(1971)은 아플라톡신은 뉴캐슬질병 바이러스에 대한 획득내성(Acquired resistance)을 저해하지 않았다고 보고하였다. Richard 등(1973)은 칠면조에서 아플라톡신과 사망율, 조직병리학적 병변 및 성장율에 대한 *A. fumigatus* 간에 상호작용을 발견하지 못했다고 보고하였다. 가축 및 가금의 질병과 곰팡이독소의 관련여부 및 아플라톡신의 투여량에 따른 소, 돼지, 닭의 반응에 대한 요약은 표 1, 2와 같다.

또한 면역계(Immune system)는 아플라톡신에 감수성이 있다. 세포성면역반응(Cell-mediated immune responsi-veness)의 역제는 식세포작용(Phagocytosis)을 감소시키고 보체(complement)와 인터페론 생산이 생성을 감퇴(Depressed)시킨다. (Pier, 1992) 면역억제(Immuno-Suppression)는 다양한 전염병에 대한 저항성을 감소시키고 숙주에게 암세포

표 1. Mycotoxicoes Associated with Acute Primary Diseases of Livestock and Poultry\*

Mycotoxicoes	Animal species	Primary syndrome
Aflatoxicosis	Poultry, swine, cattle, dog, horse	Acute hepatitis; hemorrhagic disease; death
Ergotism	Cattle, sheep, chicken, swine	Gangrenous necrosis; nervous seizures; reproductive failure Cholangiohepatitis; photosensitivity
Facial eczema	Sheep, cattle	
Fusariotoxicoes		Enteritis; emesis
Vomitoxicosis	Swine	Dermonecrosis; gastroenteritis
T-2 toxicosis	Swine, cattle, poultry	Oral, gastroenteric necrosis; hemorrhage
Diacetoxyscirpenol	Swine	Nervous depression; incoordination
Leukoencephalomalacia	Horses	Estrogenism
Zearalenone toxicosis	Swine	Hepatic necrosis; icterus
Lupinosis	Sheep	Nephropathy
Ochyatoxicosis	Swine, turkey, chicken	Nephropathy
Citrinin toxicosis	Swine, cattle	Nephropathy
Oxaiate toxicosis	Cattle, sheep, horses	Ataxia
Paspalum staggers	Cattle, sheep, horses	Fasciculation; ataxia; prostration
Penitrem intoxication	Cattle, sheep, dog	Salivation; diarrhea; polyuria
amine toxicosis	Cattle, Sheep	Dermonecrosis; gastroenteritis; hematopoietic depression
hybotryotoxicosis	Horses	

\*Adapted with permission from Pier *et al.*, 1980a.

(Cancerous cells)의 발현과 확산을 야기시킬 수도 있다(Sharma, 1992). 그리고 아플라톡신과 다른 곰팡이 독소와의 혼합감염(Mixtures)은 중체율, 치사율(Lethality) 및 면역반응(Immune reactivity)면에서 크게 증강된 생물학적 반응을 초래할 수도 있다(Pier, 1992). 인간과 가축의 사료로부터 곰팡이독소를 제거하는 것이 어려울지라도 식품과 사료의 독소를 통제하는(Monitoring) 엄격한 프로그램을 통해서 노출의 위험을 줄이는 것은 가능하다(CAST, 1989). 가축사료내의 곰팡이독소를 통제하는 것은 가축에 보다 신선한 사료(Healthier diet)를 제공할 뿐 아니라 인간소비자에 가축의 곰팡이독소 잔류물질(Residue Carryover)을 간접적으로 방지하기 때문에 특히 중요하다(Chu, 1992).

아플라톡신을 비롯한 곰팡이독소의 오염을 야외에서 실제로 방지하기 위하여 양축가들이 실용적으로 사용할 수 있는 것은 무기이온흡수 사료첨가제(Inorganic absorbent feed additives)의 사용이다. 예를들어 아플라톡신B에 오염된 사료에 PVPP-SG(안티톡스플러스)나 HSCAS(노바실)과 같은 항점결체(Anticaking agent)를 첨가하면 AFB<sub>1</sub>의 생물학적 활성(Bioavailability)과 AFB<sub>1</sub>특정독성영향(AFB<sub>1</sub>-Suspectotoxic effects)을 상당히 감소시킬 수 있다(Coulombe, 1993; Colvin 등, 1989). HSCAS(Hydrated sodium calcium aluminosilicate)는 아플라톡신 B<sub>1</sub>(AFB<sub>1</sub>)을 결합하여 가금에서 아플라톡신중독증

(Aflatoxicosis)을 완화시킬 수 있다.(Phillips 등, 1988; Doerr, 1989; Kubena 등, 1990)

그러나 Aluminosilicates(AS)는 가금사료에 첨가되었을때 가금생산성에 다른 영향을 미칠 수 있다(Willis 등, 1982; Waldroup 등, 1984) AS의 제올라이트(Zeolites)는 육계의 성장과 능력에 전혀 영향을 미치지 못했거나(Waldroup 등, 1984; Scheidler와 Bredler, 1992) 부정적인 영향을 미쳤다는 보고(Ballard와 Edward, 1988; Edwards, 1988)도 있다. 부정적인 영향(Negative effects)은 제올라이트와 TD 유도 사료를 급여한 육계에서 Tibial dyschondroplasia(TD)의 발생증가와 뼈칼슘침착(Bone Calcification)을 낮아지는 것이 포함된다(Scheidler, 1993).

따라서 본고에서는 곰팡이독소가 면역 및 질병에 미치는 영향에 대한 최신논문을 정리하여 수의사회원 여러분들에게 이 분야에 대한 최신의 연구동향을 소개하고자 한다.

### 1. 아플라톡신 B<sub>1</sub>이 가축의 면역에 미치는 영향

급성과 만성(Acute and Chronic) 아플라톡신 중독은 면역반응과 천연방어기전(Native defense mechanisms)을 해칠 수 있다(Pier와 McLoughlin, 1985; Pier, 1986, 1991). 아플라톡신은 세포성면역체계(Delayed cutaneous hypersensitivity, graft-vs-host reaction, leukocyte migration, lymphoblastogenesis)

표 2. Dose-Response Relationships of Livestock and Poultry to Aflatoxin

Animal	Aflatoxin intake	Effect	Reference
<b>Cattle</b>			
Calves	0.08mg/kg <sup>a</sup> /day	Reduced weight gain	Lynch <i>et al.</i> , 1971
Calf	0.2mg/kg/day(B <sub>1</sub> )	Reduced weight gain;coagulopathy	Pier <i>et al.</i> , 1976
Steers	0.7ppm(B <sub>1</sub> )	Reduced weight gain	Garrett <i>et al.</i> , 1968
Adult cow	2ppm	Reduced milk production	Goldblatt, 1969
	0.6-0.9mg/cow/day	Detectable milk residue	Allcroft, 1969
	16-46ppb(B <sub>1</sub> )	Detectable milk residue	Rodricks and Stoloff, 1977
	Approximate feed(B <sub>1</sub> ) : milk(M <sub>1</sub> ) ratio=300 : 1	Detectable milk residue	Rodricks and Stoloff, 1977
Calf	0.5mg/kg/day(B <sub>1</sub> )	Death;icterus hemorrhage;hepatic necrosis;coagulopathy	Pier <i>et al.</i> , 1976
Steer	1.0ppm	Death(59 days)	Garrett <i>et al.</i> , 1968
<b>Horse</b>			
Adult ponies	0.075mg/kg/day(B <sub>1</sub> )	Terminally decreased liver function; increased prothrombin time; icterus;death at 37 days	Cysewski <i>et al.</i> , 1981
Adult ponies	0.15mg/kg/day(B <sub>1</sub> )	As above;death at 26 days	Cysewski <i>et al.</i> , 1981
Adult ponies	0.3mg/kg/day(B <sub>1</sub> )	As above;moribund at 12-16 days	Cysewski <i>et al.</i> , 1981
<b>Swine</b>			
20-kg pig	0.26ppm	Decreased growth rate	Duthie <i>et al.</i> , 1968
20-kg pig	0.065mg/kg/day(B <sub>1</sub> )	Impaired immunogenesis	Cysewski <i>et al.</i> , 1978
22-kg pig	2-4ppm	Acute fatal toxicosis	Ambrecht <i>et al.</i> , 1967
6.5-kg pig	0.62mg/kg body weight	Single oral dose LD <sub>50</sub>	Patterson, 1973
<b>Poultry</b>			
Poult	Approximately 1.0ppm	Acute death;hepatic necrosis and hemorrhage	Muller <i>et al.</i> , 1970
Broiler	5-10ppm	Acute death; hepatic necrosis and hemor- rhage	Smith and Hamilton, 1970
Broiler	2.5ppm	Coagulopathy	Doerr <i>et al.</i> , 1974
Broiler	0.6ppm	Bruising	Tung <i>et al.</i> , 1970
Poult	0.25ppm(B <sub>1</sub> )	Impaired immunogenesis	Pier and Heddleston, 1970
Broiler	0.6-10ppm	Reduced resistance	Hamilton and Harris, 1971
Broiler	1.5-2.5ppm	Decreased gain	Smith and Hamilton, 1970
Poult	0.25ppm(B <sub>1</sub> )	Decreased gain	Pier and Heddleston, 1970
Laying hen	2-8ppm	Decreased egg production	Sims <i>et al.</i> , 1970
Laying hen	20ppm	Decreased egg production	Garlich <i>et al.</i> , 1973
Laying hen	Approximate feed : egg ratio=2200 : 1	Toxin residue in egg	Rodricks and Stoloff, 1977

<sup>a</sup>Daily dose of toxin per kilogram body weight(total aflatoxin).

<sup>b</sup>Feed content par aflatoxin B \*d libidum.

에 대해 영향을 미쳐서 획득면역 (Acquired immunity)의 발달에 뚜렷한 억제효과를 나타내는 것으로 나타났다(Pier 등, 1980b). 흉선과 흉선유래 임파구(Lymphocytes)는 예외적으로 아플라톡신 B<sub>1</sub>과 M<sub>1</sub>의 영향에 대해서 민감한 것으로 여겨지고 있다. 흉선위축(Thymus involution)은 Cortical thymocytes의 손실로 일어나며 흉선은 아플라톡신의 표적 기관(Target organ)이다.

McLoughlin과 Pier(1979) 성장율을 감소시킬 수 있는 낮은 양의 아플라톡신에 의해서 기니아피의 세

포성면역활동은 감퇴되었다고 보고하였다. 이 면역 억제작용의 정확한 작용기전은 추후에도 계속 연구 되어야 하지만 여기에는 T-cell population, antigen-cell interaction, phagocytosis 및 Lymphokine production이 관련되는 것으로 여겨지고 있다. 아플라톡신 B<sub>1</sub>은 돼지, 칠면조, 가금 및 기타 축종의 흉선에서 Cortical hypoplasia를 산생한다. Aflatoxin M<sub>1</sub>은 신생자돈(Paranatal swine)에서 유사한 작용을 나타내고 있다.

아플라톡신은 또한 천연방어기전에 영향을 미친

### 3. Effects of Aflatoxin on Immunogenests and Dtsease Resistance

Effect	Model	Dose	Reference
Vaccinal immunity			
Immunosuppression	Turkey, chicken ( <i>P. multocida</i> )	0.25-0.5ppm B <sub>1</sub>	Pier and heddleston, 1970
Normal immunogenesis	Turkey (Newcastle D.V.)	0.5ppm B <sub>1</sub>	Pier <i>et al.</i> , 1971
Immunosuppression	Pig ( <i>E. rhusiopathiae</i> )	1.3mg B <sub>1</sub>	Cysewski <i>et al.</i> , 1971
Cell mediated immunity			Cysewski <i>et al.</i> , 1978
Thymic involution (bursa normal)	Turkey ( <i>P. multocida</i> )	0.5ppm B <sub>1</sub>	
Thymic and bursal involution	Chicken (sheep rbc)	0.625-10ppm <sup>a</sup>	Pier <i>et al.</i> , 1973
Phagocytosis impaired	Chicken (colloidal carbon)	0.625-5ppm <sup>b</sup>	Thaxton <i>et al.</i> , 1974
Phagocytosis impaired	Rabbit macrophage ( <i>A. fumigatus</i> )	0.03-0.09mg B <sub>1</sub>	Michael <i>et al.</i> , 1973
Cell mediated immune suppression( <i>in vivo</i> ) (delayed hypersensitivity;MIF & lymphoblastogenesis)	Guinea pig( <i>N. asteroides</i> , PHA)	0.035mg B <sub>1</sub>	Richard and Thurston, 1975
Cell mediated immune suppression( <i>in vivo</i> ) (delayed hypersensitivity,graft-host)	Chicken	2.5ppm <sup>a</sup>	Pier <i>et al.</i> , 1977 <i>et al.</i> , 1971
Humoral resoonse			Giambrone <i>et al.</i> , 1978
Antibody suppression (agglutinin)	Mice ( <i>S. typhi</i> )	Not stated	
Antibody normal (agglutinin)	Turkeys ( <i>P. multocida</i> )	0.25-0.5ppm B <sub>1</sub>	Galikeev <i>et al.</i> , 1968
			Pier and Heddleston, 1970
Antibody normal (HI and SN)	Turkeys (Newcastle D.V.)	0.5ppm B <sub>1</sub>	Pier <i>et al.</i> , 1971
Antibody normal (density gradient fractions, agglutinin, precipitate)	Turkeys ( <i>P. multocida</i> )	0.5mg B <sub>1</sub>	Pier <i>et al.</i> , 1972
Antibody normal (IHA)	Chicken ( <i>S. pullorum</i> )	15 <sup>μ</sup> g B <sub>1</sub>	Adinarayanaiah <i>et al.</i> , 1973
Antibody lag (HA)	Chicken (sheep rbc)	0.625-10ppm <sup>a</sup>	Thaxton <i>et al.</i> , 1974
Antibody normal (agglutinin. C.F.)	Guinea pig ( <i>Br. abortus</i> )	0.1-0.3mg B <sub>1</sub> (weekly)	Thurston <i>et al.</i> , 1974
IgG suppression (IgM normal)	Chicken	2.5-10 <sup>μ</sup> g/gm <sup>a</sup>	Tung <i>et al.</i> , 1975
IgA and IgG suppres- sion(IgM normal)	Chicken	2.5ppm <sup>a</sup>	Giambrone <i>et al.</i> , 1978
Disease resistance			
Enhanced suscop- tibility	Chicken ( <i>Candida albicans</i> )	0.625-10ppm <sup>a</sup>	Hamilton and Harris, 1971
Enhanced suscop- tibility	Chicken ( <i>Emeria tenella</i> )	0.2ppm B <sub>1</sub>	Edds <i>et al.</i> , 1973
Enhanced suscop- tibility	Chicken (Salmonella sp.)	0.625-10ppm <sup>a</sup>	Boonchuvit and Hamilton, 1975
Enhanced suscop- tibility	Calf( <i>Prsciola Hepaticae</i> )	0.5-1.0mg/kg B <sub>1</sub> 0.07mg/kg B <sub>1</sub>	Edds and Oauna, 1976
Enhanced suscop- tibility	Pig( <i>Treponema hyodysenteriae</i> )		Joens <i>et al.</i> , 1981

<sup>a</sup>B<sub>1</sub> activity not stated.

표 4. Advantages (+) and disadvantages (-) of Types of Rapid Assays.

Characteristics	CSID	Minicolumn	ELISA
Rapid	+	+	+
Sensitivity	+	-	+
Recovery	+	+	+
Repeatability	+	-	+
Chemically stable	+	+	-
Selective	+	-	+
Economical	+	+	+
User friendly	+	+	+
Multiple diagnosis	+	+	-

다. 아플라톡신은 탐식세포의 식세포반응(Phagocytic response), 일부양의 보체(Complement)생산을 감소시키며 인터페론 생산의 정체를 야기시킨다. 일반적으로 항체생산은 아플라톡신에 의해서 영향을 받지 않는다. 그러나 IgG와 IgA는 매우 높은 수준이 섭취되거나 IgM은 감퇴되었다.

아플라톡신이 면역작용과 천연면역기전에 미치는 영향은 표3과 같다.

## 2. 아플라톡신이 면역을 억제시키는 기전에 대한 대체 설명

① 아플라톡신은 in vivo에서 RNA polymerase를 억제하여 결과적으로 단백질합성을 제한하는 것으로 나타났다(LaFarge와 Frayssinet, 1970). 그리고 아플라톡신에 의한 면역억제(Immunoimpression)는 특정면역혈청(Immunglobulins)의 합성을 억제하는 결과를 낳는다.

② 아플라톡신은 닭의 골격근과 간장에서 특성의 lysosomal enzymes 활동을 급속하고 극적으로 증가시키며 감염양에 따라 조직강도(Strength)와 보존(Integrity)을 감소시킨다(Tung 등, 1971). Iyosome과 Iyosome 가수분해 효소들은 Micromolecules의 세포내와 세포의 소화와 관련되기 때문에 아플라톡신은 면역혈청의 Iyosomal 분해를 촉진하는 능력에 의해 면역억제를 일으킨다(De Duve와 Wattiaux, 1966).

③ 아플라톡신은 감염량(Dose-related)에 따라 Reticuloendothelial system을 억제한다(Michael등, 1973). 이들 Phagocytic cells은 아마도 항원(Antigen)의 Processing에 관련된다(Karnovsky, 1962).

④ 닭면역계의 efferent limb는 최초의 체액성(Humoral) 관련 항체는 F낭에 의존하고(Glick, 1970) 최초의 세포성(Cellular) 관련 항체는 흉선에 의존한다(Cooper, 1965).

## 3. 아플라톡신이 가족의 질병에 미치는 영향

백신접종 과정(Vaccination Procedures)를 통해서 획득된 면역이 가금콜레라, 돼지단독에서 저해를 받는다. 그러나 닭 뉴캐슬병에서는 저해를 받지 않는다. 마찬가지로 일부 전염성매개체(예: 살모넬라, 캔디다, 트레포네마, 아이메리아 및 IBD Virus)에 대한 감수성이 증가되나 모든 전염과정에서 다 감염되는 것은 아니다(Pier와 McLoughlin, 1985). 상당히 잠재적으로 경제적인 중요성을 나타내는 것은 아플라톡신이 임신된 Dam의 태반을 통한 Utero transfer에 의해서 어린 동물의 면역계를 억제할 수 있다는 것이다(Pier 등, 1985). 이 경우 감염된 신생동물은 감염에 대한 저항력이 결여되고 백신에 좋은 반응을 나타내지 않는다(Pier, 1992).

## 4. 사료내 곰팡이독소의 진단기술에 대한 최신 연구동향(Chu, 1992; Spainhour, 1992)

사료내 곰팡이독소의 분석은 소량의 독소만이 샘플 내에 존재하기 때문에 어려운 일이 되고 있다. 그러나 지난 수년 동안 곰팡이독소 분석분야에서의 급속한 진보가 이루어지고 있다(표 4~6).

단순화된 샘플 Cleanup Protocol과 HPLC가 개발되었으며 High-resolution mass spectrometry(MS) 및 gas chromatography/tandem MS/MS과 같은 새롭고, 보다 민감하고 다양한 기구가 시장에 출하되고 있다. 15년의 실험실 연구후에 곰팡이독소를 위한 분석도구로서 보다 정확도를 나타내는 면역분석기술(Immunoassay techniques)이 개발되었고 곰팡이 독소를 위한 여러가지 면역분석키트(Kits)를 현재 가용할 수 있다.

## 결 언

아플라톡신은 감염동물에 발암작용(Carcinogenic effects)을 나타내고 인간에게는 아플라톡신의 급성 독성작용을 띠기 때문에 다른 어떤 곰팡이 독소보다도 관심을 끌어들였다. 1965년 이후 USFDA는 주간거

## 표 5. Currently approved commercial aflatoxin test kits

Test kit	Analysis	Type of test	Level of detection ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ or ppb)	Analysis time <sup>a</sup> (min/sample)	Application
<b>VICAM</b> Aflatest <sup>®</sup>	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> ,G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> ,M <sub>1</sub>	Affinity column <sup>b</sup>	1 0.1(M <sub>1</sub> )	7	Instrumental, quantitative, fluorometer, HPLC
<b>Neogen corp.</b> AgriScreen <sup>™</sup> <sup>ac</sup>	B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> ,M <sub>1</sub>	ELISA <sup>b</sup> , microtiter wells	1 0.2(M <sub>1</sub> )	12	Visual and instrumental, semiquantitative, quantitative
<b>Intl.Diagnostic</b> Afla-20 <sup>d</sup>	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub>	ELISA <sup>b</sup> , cup	20	4	Visual pass/fail
Afla-10			10		
<b>IDEXX</b> CITE-Probe-aflatoxin	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub>	ELISA <sup>b</sup> , probe	20	4	Visual and instrumental pass/fail
<b>Environmental Diagnostic Systems corp.</b> EZ-SCREEN : aflatoxin BioCode	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub>	ELISA <sup>b</sup> Card <sup>e</sup>	20	7	Visual, pass/fail
Total aflatoxins	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> ,G <sub>2</sub>	Affinity column <sup>b</sup>	1	30	Visual(with UV viewer), semiquantitative
Aflatoxin M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	Affinity column <sup>b</sup>	<0.1	30	Visual(with UV viewer), semiquantitative
<b>Transia</b> Aflatoxin test	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> ,G <sub>2</sub>	ELISA <sup>b</sup> microtiter	1	30	Semiquantitative
Aflatoxin M <sub>1</sub> test	M <sub>1</sub>	ELISA <sup>b</sup> microtiter	0.01	40	Semiquantitative
<b>Terra Tek</b> Target	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> ,G <sub>2</sub>	Selective adsorption <sup>f</sup>	10	10	Pass/fail
<b>Romer Labs, Inc.</b> HV Minicolumn	B <sub>1</sub> ,B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> ,G <sub>2</sub>	Minicolumn	20	10	Pass/fail

<sup>a</sup>Does not include sample preparation and extraction.

<sup>b</sup>Immunochemical methods;affinity column of ELISA.

<sup>c</sup>Adopted AOAC Official 1st Action for screening for aflatoxin B<sub>1</sub> in cottonseed products and mixed feed;adopted AOAC Interim Official 1st Action for screening for allatoxin B<sub>1</sub> in corn and peanut butter.

<sup>d</sup>Adopted AOAC Interim Official 1st Action for screening for aflatoxins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and G<sub>1</sub> in corn, peanut butter, poultry feed, cottonseed and raw peanuts.

<sup>e</sup>Three card system available:One sample/card or five sample/card at 20 ppb or one sample/card at 5 ppb.

<sup>f</sup>Modified Holaday-Velasco minicolumn(AOAC method 26.020-26.026).

<sup>g</sup>AOAC approved—interim official first action with solution fluorometry or liquid chromatography. FSIS approved. Source:Modified from Lee 1989, see article references.

래(Interstate commerce)에 관련된 식품 및 사료내 이들 독소농도에 대한 규제제한을 강화하고 있다. FDA는 정기적으로 이들 독소의 노출수준이 실질적으로 낮아질 수 있도록 확인하기 위해 compliance

program을 통해서 식품과 사료업계를 통제하고 있다.

선진국에서는 아플라톡신의 면역, 질병과의 관계 및 분석기술에 대한 전문 서적 및 논문이 활발히 발

## 표 6. Currently Approved Commercial Mycotoxin Test Kits

Company	Idexx	Terra Tek	Neogen corp.	Vicam	Romer Labs Inc.
Test name	Cite Probe Aflatoxin B <sub>1</sub> Test	Target Aflatoxin B <sub>1</sub> Kit	Agri-Screen	Aflatest	Afla-Cup Test
Reagents	None	Toluene, methanol, acetone, chloroform, salt	Methanol, water	Column, methanol, developer	Methanol, water, developer solution(s)
Detection limit	20ppb	10ppb <sup>a</sup>	5ppb	1ppb	10ppb <sup>d</sup>
Cross reactivity	-	-	B <sub>2</sub> -24% G <sub>1</sub> -51% G <sub>2</sub> -3.6%	-	-
Lab notes	Transferral between wells requires precise timing	7-10minutes testing time, false positives possible on alfalfa hay	7-10minutes testing time	Digital readout	None
Shelf life /storage	Refrigerated, 12months	Room temperature, 1 year	Room temperature, 6-12months	Room temperature, 1year	Refrigerated, 6months
Cost per sample	\$7.30	\$7	\$4-8/sample <sup>b</sup>	\$6-8/sample	\$6-8
Other kits	Aflatoxin M <sub>1</sub>	None	DON, zearalenone, T <sub>2</sub> toxin, Aflatoxin M <sub>1</sub>	Fumonisin <sup>c</sup> Zearalenone Ochratoxin blender	Zearalenone, DON, Trichothecenes, Patulin grinder
Special Equipment	Blender, grinder	U-V lamp blender, grinder	Grinder, blender	Flourometer, grinder, blender	Blender, grinder
Amount of sample required	20gm	50gm	5gm	50gm	50gm
Material required not in kit	Glassware, filter paper	glassware	None, reaction containers provided	glassware, filters	Glassware, filters

<sup>a</sup>Varies according to extraction protocol utilized.

<sup>b</sup>Prices vary per number of samples run as a batch.

<sup>c</sup>Requires an HPLC

<sup>d</sup>Varies according to extraction protocol utilized.

행. 발표되고 있으나 국내에서는 외국의 동향에 비해 연구진행이 매우 더디게 진행되고 있어 국제화 추세에 따라가기 위해서도 전문가들이 이 분야에 대한 최신의 정보를 계속해서 관계 실무자들에게 제공하여야 한다. 이제는 아플라톡신에 대한 개요나 질병 증세나 소개하던 단계에서는 탈피하고 보다 진일보하여 신 연구동향을 계속 예의주시하고 이를 이론으로서만 아니라 실질적으로 활용가능하도록 할 수 있는 단계로까지 발전해나가야 한다. 이를 위해서

는 늘 현장상황과 접하여야 하며 전문분야의 폭도 보다 넓혀야 한다.

마지막으로 현재 국내에서는 주로 아플라톡신위주로 연구가 진행되고 있으나 오크라톡신이나 T<sub>2</sub>톡신을 비롯한 기타 독소에 대해서도 깊이 있는 연구가 실시되어야 한다. 그리고 곰팡이독소는 년중 문제가 될 수 있기 때문에 이에 대한 연구도 년중 계속되고 이에 대한 최신 연구결과가 년중 제시되어야 한다는 것을 강조드리면서 본고를 마친다.