

<원 저>

## 푸사리움속 곰팡이에 오염된 보리와 보리겨의 급여가 비육돈 및 육성빈돈의 생산성 및 사료이용효율에 미치는 영향

이왕식<sup>1</sup> · 이현준<sup>2</sup> · 기광석<sup>2</sup> · 노환국<sup>3</sup> · 강석진<sup>2</sup> · 정영훈<sup>2</sup> · 백광수<sup>2</sup> · 허태영<sup>2,\*</sup>

제주대학교 생명공학부<sup>1</sup>, 농촌진흥청 국립축산과학원<sup>2</sup>, 한국농수산대학<sup>3</sup>

(접수: 2011년 7월 27일, 수정: 2011년 9월 26일, 게재승인: 2011년 9월 27일)

## Effects of barley and barley bran contaminated with *Fusarium* spp. on the growth and feed efficiency of fattening and growing pigs

Wang-Shik Lee<sup>1</sup>, Hyun-June Lee<sup>2</sup>, Kwang-Seok Ki<sup>1</sup>, Hwan-Gook Noh<sup>3</sup>, Seok-Jin Kang<sup>2</sup>,  
Young-Hun Jung<sup>2</sup>, Kwang-Soo Baek<sup>2</sup>, Tai-Young Hur<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>College of Applied Life Sciences, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

<sup>2</sup>Department of Animal Resources Development, National Institute of Animal Science, Cheonan 331-801, Korea

<sup>3</sup>Korea National College of Agriculture and Fisheries, Suwon 445-760, Korea

(Received: July 27, 2011; Revised: September 26, 2011; Accepted: September 27, 2011)

**Abstract :** The present study was carried out to investigate the effect of barley and barley bran contaminated with *Fusarium* spp on growth performance and feed efficiency of fattening and growing pigs. In experiment 1, total 48 fattening Landrace pigs were used in a fattening trial for 71 days. Pigs weighing around 75 kg were allocated into different substitution groups containing 0, 10, 20 and 30% of barley contaminated *Fusarium* spp. In experiment 2, total 16 growing Landrace pigs were used in a growing trial for 45 days. Pigs weighing around 29.4 kg were allocated into different substitution groups containing 0, 5, 10 and 20% of barley bran contaminated *Fusarium* spp. Mycotoxin concentrations of barley and barley bran contaminated with 30% *Fusarium* spp were 0.452 and 1.049 ppm for deoxynivalenol, 8.125 and 17.646 ppm for nivalenol and 0.023 and 0.029 ppm for zearalenone, respectively. In experiment 1, no differences were found in weight gain and feed intake between control group (0%) and 10 or 20% substitution groups, but in 30% substitution group, weight gain and feed intake were significantly lower ( $p < 0.05$ ) than those in control group. After slaughtering, the extended haemorrhage of the fundus region in stomach was observed in 20 or 30% substitution groups. In experiment 2, weight gain and feed intake were not significantly different among treatment groups. After slaughtering of experimental pigs, the extended haemorrhage of the fundus region in stomach was observed in pigs fed diet with 20% substitution group. These results suggest that the feeding of diet with contaminated highly levels of *Fusarium* spp was negative effect on growth and feed efficiency in growing and fattening pig.

**Keywords :** barley, barley bran, *Fusarium* spp., pig performance

## 서 론

사료는 원료의 생산, 가공, 제조, 수송, 저장 및 이용 과정에서 항상 다양한 종류의 미생물에 오염될 수 있으며, 곰팡이의 감염에 의하여 생산된 곰팡이독소에 의하

여 급성 또는 만성적 증독증상을 나타내고, 낮은 수준의 오염에서도 발육부진과 사료섭취량 저하 등의 현상으로 동물의 건강과 생산성에 영향을 줄 수 있다.

일반적으로 온대기후 조건하에서는 푸사리움(*Fusarium*) 속의 붉은 곰팡이가 많이 발견되고 있으며,

\*Corresponding author

Tel: +82-41-580-3406, Fax: +82-41-580-3429

E-mail: tyohur@korea.kr

이 곰팡이는 독소의 생성능력이 높을 뿐만 아니라 사료에 오염될 가능성도 매우 높다 [21]. 푸사리움 속의 곰팡이가 생성하는 독소에는 tricothecenes, fumonisins, zearalenone(ZEA), moniliformin과 fusaric acid 등이 있으며 화학적 구조와 독성 증상이 매우 다양하다.

Tricothecenes 독소에는 deoxynivalenol(DON, vomitoxin), fumonisins과 T-2 독소 등이 있으며, 일반적으로 tricothecenes 화합물에 오염된 사료를 가축이 섭취하면 식욕의 감소, 구토, 소화장관의 부종, 면역억제 증상 등이 나타난다. 이러한 현상은 tricothecenes 독소가 세포내와 간에서 단백질 합성과정을 억제시키며, T-2독소에 중독된 가축은 과아미노산혈증(hyperaminoacidemia) 증상을 보이는 것으로 알려지고 있다 [9]. 또한, tricothecenes은 체내에서 단백질 합성을 교란시켜 트립토판의 농도를 증가시키므로 뇌에서 세로토닌의 양을 증가시켜 식욕저하와 졸음의 원인이 되며 [8], Chung 등 [2]은 사료에 트립토판의 함량이 높을 경우에 돼지에서 구토의 원인이 될 수 있다고 하였다. Smith 등 [15]은 DON이 대략 2.4 µg/g 함유한 사료에 fusaric acid의 수준을 증가시키면 독성의 상승작용이 나타나며, 특히 곰팡이가 생성하는 독소는 실험실에서 사용하는 순수한 독소보다 동일한 농도에서 독성 반응이 매우 강하게 나타난다고 하였다.

ZEA도 푸사리움 속의 곰팡이가 생산하는 독소로서 estrogen과 유사한 구조적인 특성을 가지고 있어 가축이 ZEA에 오염된 사료를 섭취하면 번식장애의 원인이 되고, 돼지는 특히 이 독소에 민감하여 부종, 생식기 충혈 등의 증상을 보이나 ZEA는 tricothecenes 독성증상과는 달리 사료섭취량에는 영향을 없다고 보고하였다 [14]. Moniliforme 독소는 푸사리움 모닐리폼(*Fusarium moniliforme*) 종의 곰팡이가 생성하는 곰팡이 독소로서 돼지가 중독될 경우 구토와 근육경련 현상이 나타난다고 하였다 [20].

곰팡이가 성장하고 독소를 생산하는 데에는 다양한 요인들이 영향을 미치지만 가장 중요한 것은 수분함량이다. 우리나라에서 곡물 또는 식물성 사료의 생육기에서 수확기에 이르는 과정은 주로 봄과 여름철로 고온다습하며 기온이 23~35°C의 범위이고 상대습도는 65~85% 정도로서 미생물이 증식하기에 아주 좋은 조건이 되고 있다. 사료의 변질 또는 독소를 생산하는 대부분의 곰팡이는 10~30°C 의 온도에서 상대습도 75% 이상이면 증식할 수 있고 습도가 85% 이상이면 급격하게 증식하기 시작한다. 따라서 우기가 지속되면 작물의 높은 습도 때문에 다양한 종류의 곰팡이들이 급속하게 증식하기 시작하지만 약제의 살포 등이 불가능해지므로 인위적인 조절은 사실상 불가능하다.

본 시험은 국내 남부지방에서 보리의 생육기간 중 지속적인 우기로 인하여 붉은 곰팡이에 오염된 보리와 보리겨를 비육돈과 육성빈돈에 급여할 시 성장률과 사료 이용성에 미치는 영향을 조사하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험동물 및 시험기간

**비육돈에 대한 붉은 곰팡이 오염 보리의 급여 효과 (시험 1):** 평균체중 75 kg 내외의 랜드레이스 수돼지 48두를 공시하여 4처리 × 3반복, 반복당 각각 4두씩 배치하여 71일간 개방식 돈사에서 사양시험을 수행하였다. 시험사료는 시중에서 유통되고 있는 보리(일반 보리)를 구입하여 30% 혼합한 사료(대조구)와 30% 내외로 붉은 곰팡이에 오염된 보리를 일반 보리의 10, 20 및 30%를 대체하여 급여하였다. 시험사료는 옥수수과 대두박을 위주로 하여 배합되었고, 사료의 대사에너지 수준은 3,400 kcal/kg, 조단백질 수준은 15%로 하였다.

### 육성돈에 대한 붉은 곰팡이 오염 보리겨의 급여 효과

**(시험 2):** 평균체중 29.4 kg 내외의 랜드레이스 암돼지 16두를 4처리 × 4반복으로 공시하여 개방식 돈사에서 45일간 사양시험을 수행하였다. 시험사료에는 밀기울을 20% 첨가하여 배합한 사료(대조구)와 30% 내외로 붉은 곰팡이가 오염된 보리를 도정한 후 생산된 보리겨를 밀기울 대신 5, 10, 20%를 각각 대체하여 사료를 배합하여 급여하였다. 시험사료는 옥수수와 대두박을 위주로 배합되었으며, 시험사료의 대사에너지 수준은 3,400 kcal/kg, 조단백질 수준은 15.5%로 하였다.

### 사양관리 및 임상조사

각 처리별 시험사료를 오전, 오후 2회 급여하되 충분한 양의 사료를 섭취할 수 있도록 하였으며, 물은 돈방당 1개씩 설치된 자동급수기에 의하여 급수하였다.

임상조사는 사양시험 기간 동안 외모상태, 사료섭취 행동, 거동상태, 배변상태 등을 매일 관찰하여 기록하였으며, 사양시험 완료 시 처리구별로 도축을 한 후에 도체조사를 실시하여 소화기 등의 내부장기 병변상태를 육안으로 검사하였다.

### 조사방법 및 통계처리

사료의 일반성분 분석은 AOAC [1]방법으로 하였으며, 체중은 시험개시 후 매 15일 간격으로 측정하였고, 사료섭취량은 매일 오전사료 급여 전에 잔량을 조사하여 전일 급여량에서 잔량을 제한 값으로 하였다. 시험결과의 통계분석은 SAS package program(USA)에 의하여

수행하였으며, 분산분석 후에 유의성이 있는 경우에 던킨의 다중검정법(Duncan's multiple range test)에 의하여 검정하였다.

## 결 과

### 비육돈에 대한 붉은 곰팡이 오염 보리의 급여 효과(시험 1)

**붉은 곰팡이에 오염된 보리의 영양소 및 곰팡이독소 함량:** 시험사료의 영양소함량을 분석한 결과(Table 1)를 보면 붉은 곰팡이에 오염된 보리가 일반 보리보다 거의 모든 영양성분 함량에서 낮은 수준을 보이고 있으며, 특히 조단백질 함량이 일반 보리 14.90%에 비하여 감염된 보리가 9.61%로 낮은 수준으로 나타나, 이는 보리의 성숙 과정 중 붉은 곰팡이 오염이 보리의 알곡형성에 영향을 준 것으로 생각된다. 오염된 보리 중의 곰팡이독소의 종류별 함량(Table 2)은 DON, Nivalenol(NIV), ZEA가 각각 0.452, 8.125, 0.023 ppm 수준으로 함유되어 있었다.

**붉은 곰팡이가 오염된 보리 급여시 체중 및 사료섭취량 변화:** 시험기간 동안 돼지의 체중변화를 보면 붉은 곰팡이에 오염된 보리의 급여수준이 증가에 따라 총 증체량은 각각 44.92, 44.68, 35.86 및 34.65 kg으로 감소되

는 경향이었고, 일당증체량에 있어서도 비슷한 경향을 보였다(Table 3).

시험기간 중 총 사료섭취량은 대조구 213.2 kg, 감염 보리 10% 급여구 194.8 kg, 20% 급여구 171.9 kg, 30% 급여구 159.7 kg으로 붉은 곰팡이에 오염된 보리의 급여수준 증가에 따라 총 사료섭취량은 감소하였고, 일일 사료섭취량도 붉은 곰팡이에 오염된 보리의 첨가수준이 증가함에 따라 감소하였다(Table 4).

본 시험에서는 붉은 곰팡이에 오염된 보리를 사료 중에 20% 이상 혼합하여 급여하는 경우에 식욕 저하가 관찰되었으나, 특이한 질병발현은 없었다. 사료 중 trichothecenes계 곰팡이독소의 오염에 기인하는 사료섭취량과 성장감소와 같은 영향을 확인하는 것은 곰팡이독소에 의한 영향을 파악하는 것과 관련하여 가장 어려운 문제 중의 하나이다. 자연적으로 곰팡이독소에 오염된 사료의 섭취에 의하여 나타나는 독성 증상이 일반적으로 심하게 나타나며, 종종 검사시료의 화학적 분석 결과는 기대되는 것보다 훨씬 낮은 DON 농도를 나타낸다.

**붉은 곰팡이가 오염된 보리 급여시 장기변화:** 사양시험 완료 후 돼지를 도축하여 내부 장기의 변화를 조사한 결과 붉은 곰팡이에 오염된 보리 20% 혼합 급여구에서 위 기저부에 충·출혈이 심하게 나타났으며, 간에서는 표면에 약한 백색반점들이 관찰되었으나 간 절단면 부위의 간세포에서는 특이한 병변은 관찰되지 않았다(Table 5). 오염된 보리 30% 혼합 급여구에서도 위에서 광범위한 기저부 출혈이 나타났고, 간에서 다소 강한 백색반점이 관찰되었으나(Table 5), 간 절단부위의 세포에는 특이한 병변이 관찰되지 않았다. 감염된 보리 20%

**Table 1.** Nutrient and mineral composition (% as-fed basis) of normal and contaminated barley with *Fusarium* spp.

Items	Normal barley	Contaminated barley
Moisture	14.13	13.05
Crude protein	14.90	9.61
Crude fat	1.22	1.12
Crude fiber	5.25	5.07
Crude ash	2.01	2.31
Ca	0.06	0.04
P	0.23	0.28

**Table 2.** Mycotoxin concentration in barley contaminated with *Fusarium* spp.

Items	Mycotoxin (ppm)		
	Deoxynivalenol	Nivalenol	Zearalenone
Contaminated barley	0.452	8.125	0.023

**Table 3.** Changes of body weight gain after feeding with contaminated barley in fattening pigs

Items	Substitution level of contaminated barley (%)			
	0	10	20	30
Initial body weight (kg)	76.28 ± 5.84	75.05 ± 6.72	74.35 ± 6.61	73.38 ± 5.71
Final body weight (kg)	121.74 <sup>a</sup> ± 7.17	120.14 <sup>a</sup> ± 7.56	110.24 <sup>ab</sup> ± 6.20	108.09 <sup>b</sup> ± 6.73
Total body weight gain (kg)	45.46 <sup>a</sup> ± 5.08	45.09 <sup>a</sup> ± 5.53	35.89 <sup>ab</sup> ± 6.31	34.71 <sup>b</sup> ± 4.45
Average daily weight gain (kg/day)	0.640 <sup>a</sup> ± 0.072	0.635 <sup>a</sup> ± 0.075	0.505 <sup>ab</sup> ± 0.089	0.489 <sup>b</sup> ± 0.051

<sup>a,b</sup>Means with different superscript within row differ significantly ( $p < 0.05$ ). All data are expressed as the mean ± SD.

**Table 4.** Changes of feed intake after feeding with contaminated barley in fattening pigs

Items	Substitution level of contaminated barley (%)			
	0	10	20	30
Total feed intake (kg)	197.91 <sup>a</sup> ± 13.50	180.87 <sup>ab</sup> ± 10.13	161.30 <sup>bc</sup> ± 16.56	151.52 <sup>c</sup> ± 10.77
Daily feed intake (kg/head/day)	2.79 <sup>a</sup> ± 0.19	2.55 <sup>ab</sup> ± 0.14	2.27 <sup>bc</sup> ± 0.23	2.13 <sup>c</sup> ± 0.15
Feed conversion ratio* (feed/gain, kg/kg)	4.36 ± 0.34	4.02 ± 0.13	4.50 ± 0.52	4.36 ± 0.09

<sup>a,b</sup>Means with different superscript within row differ significantly ( $p < 0.05$ ). \*The number of kilograms of feed that are used to produce one kilogram of body weight. All data are expressed as the mean ± SD.

**Table 5.** Pathological changes of internal organ in fattening pigs fed with experimental diets

Substitution level of contaminated barley (%)	General lesions of internal organs			
	Stomach	Small intestine	Large intestine	Liver
0	-	-	-	-
10	-	-	-	-
20	+	-	-	+
30	++	+	+	++

-: Absent, +: Moderate, ++: Severe.

와 30% 혼합 급여시 위 기저부에 발생한 충·출혈 정도는 급여수준이 증가할수록 심해지는 경향을 보이고 있다(Table 5).

#### 육성돈에 대한 붉은 곰팡이 오염 보리겨의 급여 효과 구명 (시험 2)

**붉은 곰팡이에 오염된 보리겨의 영양소 및 독소 함량:** 붉은 곰팡이에 오염된 보리를 도정한 후에 생산된 보리겨의 영양소 함량을 분석한 결과를 보면 조단백질, 조섬유와 인 함량은 오염된 보리겨가 다소 높은 반면, 조지방, 조회분과 칼슘 함량은 일반 보리겨가 다소 높게 나타났다(Table 6).

오염된 보리겨 중의 곰팡이독소의 종류별 함량은 DON, NIV, ZEA가 각각 1.049, 17.646, 0.029 ppm 수준으로 함유되어 있었다(Table 7).

#### 붉은 곰팡이에 오염된 보리겨 급여시 체중 및 사료섭취량 변화:

시험기간 중 육성돈의 체중변화를 살펴보면, 대조구에 비하여 오염된 보리겨 5%와 10% 급여구에서 증체량이 다소 높은 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다(Table 8).

사료섭취량은 대조구와 오염 보리겨 20% 급여구에 비하여 오염 보리겨 5%와 10% 급여구의 사료섭취량이 증가하는 경향을 보였으며 사료섭취효율은 보리겨 5% 급여구에서 다소 좋은 결과를 나타내었다(Table 9).

#### 붉은 곰팡이에 오염된 보리겨 급여시 장기변화:

붉은 곰팡이에 오염된 보리겨 급여시의 장기변화(Table 10)는

**Table 6.** Nutrient and mineral composition (% as-fed basis) of normal and contaminated barley bran with *Fusarium* spp.

Items	Normal barley bran	Contaminated barley bran
Moisture	12.54	11.96
Crude protein	15.33	16.37
Crude fat	3.86	2.44
Crude fiber	6.30	7.77
Crude ash	7.04	4.89
Ca	0.10	0.07
P	0.51	0.65

**Table 7.** Mycotoxin contents in barley bran contaminated with *Fusarium* spp.

Items	Mycotoxin (ppm)		
	Deoxynivalenol	Nivalenol	Zearalenone
Contaminated barley bran	1.049	17.646	0.029

급여수준이 증가할수록 위 기저부의 충·출혈이 심해지는 경향을 보였다. 오염된 보리겨 10% 혼합 급여구는 위 기저부에 충·출혈이 약하게 나타났고, 오염된 보리겨 20% 혼합 급여시는 위에서 다소 강한 기저부 충·출혈이 나타났다.

**Table 8.** Changes of body weight gain after feeding with contaminated barley bran in growing pigs

Items	Substitution level of contaminated barley bran (%)			
	0	5	10	20
Initial body weight (kg)	29.35 ± 9.60	29.35 ± 6.65	29.33 ± 5.74	29.40 ± 5.81
Final body weight (kg)	55.08 ± 11.28	62.73 ± 6.06	56.65 ± 10.82	53.68 ± 6.60
Total body weight gain (kg)	25.73 ± 1.71	33.38 ± 2.42	27.32 ± 6.35	24.28 ± 0.86
Average daily weight gain (kg/day)	0.572 ± 0.038	0.741 ± 0.054	0.607 ± 0.141	0.540 ± 0.019

All data are expressed as the mean ± SD.

**Table 9.** Changes of feed intake after feeding with contaminated barley bran in growing pigs

Items	Substitution level of contaminated barley bran (%)			
	0	5	10	20
Total feed intake (kg)	82.81	90.98	87.06	78.63
Daily feed intake (kg/head/day)	1.84	2.02	1.93	1.75
Feed conversion ratio* (feed/gain, kg/kg)	3.22	2.73	3.18	3.24

\*The number of kilograms of feed that are used to produce one kilogram of body weight.

**Table 10.** Pathological changes of internal organ in growing pigs fed with experimental diets

Substitution level of contaminated barley bran (%)	General lesions of internal organs			
	Stomach	Small intestine	Large intestine	Liver
0	-	-	-	-
5	-	-	-	-
10	+	-	-	+
20	++	+	+	++

--: absent, +: moderate, ++: severe.

## 고 찰

푸사리움속 곰팡이에 감염된 보리의 이용성을 평가하는 시험에서 House 등 [6]은 곰팡이에 감염되지 않은 정상적인 보리에 비하여 오염된 보리는 에너지 수준이 낮아 동일한 에너지 수준으로 맞추기 위하여 지방을 에너지 보충물로 첨가하여 사양시험을 수행한 바 있으며, 본 시험에 이용되었던 붉은 곰팡이에 감염된 보리도 거의 모든 영양성분 함량에서 낮은 수준을 보이고 있다. 붉은 곰팡이에 감염된 보리는 다양한 곰팡이독소에 감염될 수 있는데, Trenholm 등 [16]은 붉은 곰팡이에 오염된 밀에서의 DON 함량을 조사한 결과 대부분의 시료에서 0.05 ppm에서 1.20 ppm이 나타났지만 소수의 시료에서 8.50 ppm의 높은 수준의 DON이 함유된 것으로 조사되어, 식품 및 사료의 안전성의 확보를 위하여 곰팡이독소의 모니터링의 중요성을 강조하고 있다. 그리고 국내에서 생산되는 곡류에 대한 조사에서 Kim 등 [7]은 국내 4개 지역(전북, 전남, 경북과 경남)에서 생산된 보리와

강원지역에서 생산된 옥수수에서 5종류의 곰팡이 독소 즉, DON, NIV, 4-acetylnivalenol(4-ANIV), 3-acetyldeoxynivalenol(3-ADON), 4,15-diacetylnivalenol(4,15-DANIV)과 ZEA가 보리에서 검출되었고, DON, NIV, ZEA의 오염수준은 각각 170, 1,011과 287 ng/g이었으며, 옥수수에서는 DON, 15-acetyldeoxynivalenol(15-ADON), NIV, 4-ANIV, 4,15-DANIV과 ZEA가 검출되었고, DON과 15-ADON의 오염수준은 각각 310과 297 ng/g이었다고 보고하고 있다.

DON에 오염된 보리의 미경산돈 사양시험에서 오염 보리의 급여수준이 증가함에 따라 체중변화 및 일당증체량이 감소되는 것으로 나타난다고 House 등 [6]이 보고한 바 있으며, 그리고 Young 등 [22]도 붉은 곰팡이에 감염된 보리의 급여시 돼지의 성장저하는 사료 중 곰팡이독소의 오염에 의한 결과라고 한 바 있다.

붉은 곰팡이에 오염된 보리의 첨가수준이 증가함에 따라 총 사료섭취량과 일일 사료섭취량이 감소하였다고 여러 연구자들 [3, 4, 19, 22]이 보고하고 있어 본 시험

의 결과와 유사하였다.

Trichothecenes계 곰팡이독소의 섭취에 의한 식욕감소와 구토 증상은 trichothecenes계 곰팡이독소에 의하여 혈액 트립토판이 상승되고, 뇌의 트립토판 수준을 높이기 때문이다. 트립토판은 신경전달 물질인 세로토닌의 전구체이며 이것에 의하여 식욕저하, 졸림과 구토 증상이 유발된다고 보고되고 있다 [2, 8, 12]. 그리고 DON을 섭취한 돼지에서 뇌 세로토닌과 5-hydroxyindolacetic acid가 낮은 수준의 DON을 섭취한 돼지에서도 관찰되었다고 보고된 바 있다 [10].

본 시험 결과에서는 붉은 곰팡이에 오염된 보리를 사료 중에 20%이상 혼합하여 급여하는 경우에 식욕 저하가 관찰되었으나, 특이한 질병발현은 없었는데, 사료 중 trichothecenes계 곰팡이독소의 오염에 기인하는 사료섭취량과 성장감소와 같은 영향을 확인하는 것은 일반적으로 곰팡이독소에 의한 피해를 파악하는 것과 관련하여 가장 어려운 문제라고 알려지고 있다. 자연적으로 곰팡이독소에 오염된 사료의 섭취로 인해 독성 증상은 심하게 나타나지만 종종 검사사료의 화학적 분석 결과는 기대되는 것보다 훨씬 낮은 DON 농도를 나타내고 있다. Trenholm 등 [17]은 캐나다 퀘벡주의 돼지 농장에서 trichothecenes 중독증으로 구토, 사료 섭취거부와 폐사가 발생되어 실제 사료분석을 수행한 결과 단지 0.14 µg/g 수준의 DON이 오염되어 있었다고 보고하였는데, 이런 농도는 순수한 DON의 수준에서 보면 최소독성 수준 이하이며, 순수한 DON은 동등한 양으로 자연적으로 오염된 사료를 섭취할 때보다 독성 증상이 적다고 보고하고 있다 [4, 5].

본 시험에서 사양시험 종료 후에 돼지의 내부 장기를 조사한 결과 붉은 곰팡이에 오염된 보리를 20% 이상 혼합하여 급여하는 경우에 위 기저부에 충·출혈이 심하고, 간에서는 표면에 약한 백색반점들이 관찰되었는데, 이러한 결과는 Friend 등 [5]이 DON의 오염에 의한 가축의 피해를 보고한 결과에서 DON은 밀, 보리, 옥수수 등에서 주로 발견되며, 이것에 오염된 사료나 식품을 섭취하는 경우에 구토, 발열 및 급성 십이지장 궤양이 발생할 수 있고, DON이 fumonisin과 함께 식도암 발생과 연관될 수도 있다고 보고한 결과와 유사한 것으로 판단되었다.

붉은 곰팡이에 오염된 보리겨의 육성빈돈에서의 이용성에 대한 시험을 위하여 곰팡이독소를 조사한 결과 DON을 1 ppm 이상으로 함유하고 있어 일반적인 사료에서 권장하고 있는 수준보다는 다소 높은 수준으로 오염되어 있었다 [18].

붉은 곰팡이에 오염된 보리겨의 육성빈돈 사양시험 결과 대조구에 비하여 오염된 보리겨 5%와 10% 급여

구에서 육성빈돈의 증체량이 다소 높은 경향을 보였는데, 이러한 결과는 Prelusky 등 [11]이 32일 동안 DON 1 µg/g이 함유된 사료를 자돈에 급여하였을 때 5.3%의 증체율이 증가하였다고 보고한 결과와 Rotter 등 [13]이 28일 동안 자돈사료 중 DON에 오염된 원료를 급여하였을 때, 낮은 수준에서는 3.1%의 증체율 향상이 있었으나, 높은 수준에서는 3.1% 감소하였다고 보고한 결과와 유사한 결과를 보이고 있다. 그러나 붉은 곰팡이에 오염된 사료는 다양한 종류의 곰팡이독소가 혼합되어 오염되는 경우가 많기 때문에, 이러한 사료의 급여에 대한 영향 평가는 DON의 오염수준과 다른 곰팡이독소의 혼합 오염 수준, 가축의 건강상태에 따라서 다르게 나타날 수 있기 때문에, 이러한 사항들을 종합적으로 고려하여 평가하여야 될 것으로 생각된다.

사료섭취량은 대조구와 오염 보리겨 20% 급여구에 비하여 5%와 10% 급여구에서 증가하는 경향을 보였으며 사료섭취효율은 보리겨 5% 급여구에서 다소 좋은 결과를 나타내었는데, Smith [14]는 ZEA에 오염된 사료를 급여할 때 trichothecenes의 일반적인 특징인 사료섭취량에 영향이 없이 번식장애가 발생한다고 보고하였으나, 본 연구에서는 육성빈돈으로 수행된 관계로 감염 보리겨 급여시 암돼지의 번식장애에 미치는 영향에 관한 조사는 추후에 수행되어야 할 것으로 생각된다.

붉은 곰팡이에 오염된 보리겨 급여시의 급여수준이 증가할수록 위 기저부의 충·출혈이 심해지는 경향을 보이고 있는데, 이러한 결과는 Friend [5]가 trichothecenes계 곰팡이독소에 오염된 사료의 섭취시 가축의 소화관에서 충혈과 궤양 증세를 보였다고 보고한 결과와 일치하는 것으로 판단된다.

## 결 론

본 시험은 붉은 곰팡이에 오염된 보리 및 보리겨를 비육돈 및 육성빈돈에 급여시 증체량 및 사료이용효율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다.

시험 1의 경우, 붉은 곰팡이에 오염된 보리의 비육돈에서의 이용성을 조사하기 위하여, 체중 75 kg 내외의 비육돈을 공시하여 오염된 보리 0, 10, 20 및 30%를 혼합한 후 78일 동안 비육돈에 급여시험을 수행하였다. 오염된 보리 중의 곰팡이독소의 종류별 함량은 DON, NIV, ZEA이 각각 0.452, 8.125, 0.023 ppm 수준으로 함유되어 있었다. 오염된 보리의 급여 수준이 증가함에 따라 비육돈의 증체량 및 사료섭취량은 감소하는 경향을 보였고 30% 급여수준에서는 유의적인 감소가 나타났다. 시험기간 중 뚜렷한 외관적 임상증상은 나타나지 않았으나, 도축 후 내부 장기의 변화를 조사한 결과 감염된 보리 20%

급여수준에서는 위와 간에서 경증의 병변이 관찰되었고, 30% 급여 수준에서는 위, 소장, 대장과 간에서 다소 강한 병변이 관찰되었다.

시험 2에서는, 붉은 곰팡이에 오염된 보리겨의 육성빈돈에서의 이용성을 조사하기 위하여, 체중 29.4 kg 내외의 육성빈돈을 공시하여 오염된 보리겨 0, 5, 10 및 20%를 혼합하여 48일 동안 사양시험을 수행하였다. 오염된 보리겨 중의 곰팡이독소의 종류별 함량은 DON, NIV, ZEA가 각각 1.049, 17.646, 0.029 ppm 수준으로 함유되어 있었다. 오염된 보리겨를 5%와 10% 혼합하여 급여시 대조구와 20% 급여구에 비하여 돼지의 증체량과 사료섭취량은 다소 높은 경향이었으나 통계적인 유의성은 없었다. 시험기간 중 외관적으로 뚜렷한 임상증상은 나타나지 않았으나, 도축 후 내부 장기의 변화를 조사한 결과 오염된 보리겨 10% 급여구는 위에서 약한 병변이 관찰되었고, 오염된 보리겨 20% 급여구는 위에서 다소 강한 병변이 있었으나, 다른 장기에서는 이상적인 병변을 관찰할 수는 없었다.

이상의 결과는 30% 붉은 곰팡이에 오염된 보리와 보리겨를 사료로 이용할 경우 육성돈에서 보리겨는 5%, 비육돈에서 보리는 10% 이상 혼합하여 사용할 경우 성장률과 경제성에 큰 영향을 미치는 것으로 나타나, 붉은 곰팡이의 감염 수준과 곰팡이독소의 함량이 차이가 날 수 있으므로 붉은 곰팡이에 오염된 보리와 보리겨를 사료로 이용 시 반드시 주의를 하여야만 한다. 붉은 곰팡이가 곡류에 감염되는 경우에, 다양한 곰팡이독소가 복합적으로 생산되기 때문에 곰팡이 독소의 종류 및 혼합 비율에 따른 가축에서의 영향에 대한 추가적인 시험이 필요할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 연구사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 참고문헌

1. **Association of Official Analytical Chemists (AOAC).** Official Methods of Analysis. AOAC, Washington DC, 1995.
2. **Chung TK, Gelberg HB, Dorner JL, Baker DH.** Safety of L-tryptophan for pigs. *J Anim Sci* 1991, **69**, 2955-2960.
3. **Forsyth DM.** Studies on *Gibberella zeae*-infected corn in diets of rats and swine. *J Anim Sci* 1974, **39**, 1092-1098.
4. **Forsyth DM, Yoshizawa T, Morooka N, Tuite J.** Emetic and refusal activity of deoxynivalenol to swine. *Appl Environ Microbiol* 1977, **34**, 547-552.
5. **Friend DW, Trenholm HL, Thompson BK, Fiser PS, Hartin KE.** Effect of feeding diets containing deoxynivalenol (vomitoxin)-contaminated wheat or corn on the feed consumption, weight gain, organ weight and sexual development of male and female pigs. *Can J Anim Sci* 1986, **66**, 765-775.
6. **House JD, Abramson D, Crow GH, Nyachoti CM.** Feed intake, growth and carcass parameters of swine consuming diets containing low levels of deoxynivalenol from naturally contaminated barley. *Can J Anim Sci* 2002, **82**, 559-565.
7. **Kim JC, Kang HJ, Lee DH, Lee YW, Yoshizawa T.** Natural Occurrence of *Fusarium* Mycotoxins (Trichothecenes and Zearalenone) in Barley and Corn in Korea. *Appl Environ Microbiol* 1993, **59**, 3798-3802.
8. **Leathwood PD.** Tryptophan availability and serotonin synthesis. *Proc Nutr Soc* 1987, **46**, 143-156.
9. **Meloche JL, Smith TK.** Altered tissue amino acid metabolism in acute T-2 toxicosis. *Proc Soc Exp Biol Med* 1995, **210**, 260-265.
10. **Prelusky DB.** The effect of low-level deoxynivalenol on neurotransmitter levels measured in pig cerebral spinal fluid. *J Environ Sci Health B* 1993, **28**, 731-761.
11. **Prelusky DB, Gerdes RG, Underhill KL, Rotter BA, Jui PY, Trenholm HL.** Effects of low-level dietary deoxynivalenol on haematological and clinical parameters of the pig. *Nat Toxins* 1994, **2**, 97-104.
12. **Rossi-Fanelli F, Cangiano C.** Increased availability of tryptophan in brain as common pathogenic mechanism for anorexia associated with different diseases. *Nutrition* 1991, **7**, 364-367.
13. **Rotter BA, Thompson BK, Lessard M, Trenholm HL, Tryphonas H.** Influence of low-level exposure to *Fusarium* mycotoxins on selected immunological and hematological parameters in young swine. *Fundam Appl Toxicol* 1994, **23**, 117-124.
14. **Smith TK.** Influence of dietary fiber, protein and zeolite on zearalenone toxicosis in rats and swine. *J Anim Sci* 1980, **50**, 278-285.
15. **Smith TK, McMillan EG, Castillo JB.** Effect of feeding blends of *Fusarium* mycotoxin-contaminated grains containing deoxynivalenol and fusaric acid on growth and feed consumption of immature swine. *J Anim Sci* 1997, **75**, 2184-2191.

16. **Trenholm HL, Cochrane WP, Cohen H, Elliot JI, Farnworth ER, Friend DW, Hamilton RMG, Neish GA, Standish JF.** Survey of vomitoxin contamination of the 1980 white winter wheat crop in Ontario, Canada. *J Am Oil Chem Soc* 1981, **58**, A992-994.
17. **Trenholm HL, Cochrane WP, Cohen H, Elliot JI, Farnworth ER, Friend DW, Hamilton RMG, Standish JF, Thompson BK.** Survey of vomitoxin contamination of 1980 Ontario white winter wheat crop: results of survey and feeding trials. *J Assoc Off Anal Chem* 1983, **66**, 92-97.
18. **van Egmond HP.** *Mycotoxins in Dairy Products.* Elsevier, New York, 1989.
19. **Vesonder RF, Ciegler A, Jensen AH.** Isolation of the emetic principle from *Fusarium*-infected corn. *Appl Microbiol* 1973, **26**, 1008-1010.
20. **Williams KC, Blaney BJ, Young RA, Peters RT.** Assessment for animal feed of maize kernels naturally-infected predominantly with *Fusarium moniliforme* and *Diplodia maydis*. II. Nutritive value as assessed by feeding to rats and pigs. *Aust J Agric Res* 1992, **43**, 783-794.
21. **Wood GE.** Mycotoxins in foods and feeds in the United States. *J Anim Sci* 1992, **70**, 3941-3949.
22. **Young LG, Vesonder RF, Funnell HS, Simons I, Wilcock B.** Moldy corn in diets of swine. *J Anim Sci* 1981, **52**, 1312-1318.