

Aflatoxin B₁과 Vitamin D₃ 給與가 Broiler 병아리의 中足骨 無機物含量에 미치는 影響

蔣潤煥 · 呂永壽
慶北大學校 農科大學

Effect of Feeding Aflatoxin B₁ and Vitamin D₃ on Metatarsus Bone Minerals of Broiler Chicks

Y. H. Chiang and Y. S. Heoh
College of Agriculture, Kyungpook National University

SUMMARY

This study was conducted to investigate the interaction of aflatoxin B₁(AFB₁) and vitamin D₃(VD₃) in broiler chicks. The 336 broiler chicks(Hubbard line) of equally mixed sex were allocated to triplicate 8(2×4 factorial) treatment groups. The 0 or 1ppm of AFB₁ and 0, 500, 1,000 or 1,500IU/kg of VD₃ were supplemented to the basal diet. Fourteen broilers of equally mixed sex were allocated to each replica and 24 groups were arranged in a randomized block design. After 3 weeks of feeding the metatarsus were collected from the right and left legs of 4 chicks (2 for each sex) per group. The bone ash and minerals were measured.

1. In respect to the fresh weight of metatarsus bone no significant difference was found between 0 and 1ppm AFB₁ treatments, however, decreasing trend was recognized when fed increasing level of VD₃(P<.01).
2. The ash content in non-fat dry metatarsus bone decreased when fed 1ppm AFB₁(P<.01). However, that increased according to the increasing amount of VD₃(P<.01). Although there was no interaction between AFB₁ and VD₃, it was shown that the 1500IU/kg of VD₃ was necessary to cover the decrease in ash content of metatarsus when fed 1ppm of AFB₁.
3. The Ca contents in metatarsus were not influenced by feeding AFB₁, but an increasing trend was verified by feeding increasing levels of VD₃(P<.05).
4. The P content decreased as AFB₁ was fed(P<.01), while no response was found when fed different levels of VD₃.
5. The Cu content decreased when fed AFB₁(P<.05).
6. The Na, Mg, K, Zn, Fe and Mn contents were not affected by feeding AFB₁ and /or VD₃.

(Key words : aflatoxin B₁, vitamin D₃, metatarsus, ash, minerals, broiler chicks)

(Running head : Chiang, and Yeoh ; Aflatoxin B₁ and vitamin D₃ on metatarsus minerals of broilers)

I. 緒 論

Aflatoxin B₁(AF)은 *Aspergillus flavus* 또는 *Aspergillus parasiticus*에 의해 생성되는 mycotoxin의 1種이며, 그 種類로서 B₁, B₂, G₁, G₂, M₁, M₂가 있고, 그 중 B₁이 가장 강한 發癌物質로 알려져 있다(Wogan과 Newberne, 1967), 單味 또는 配合飼料를 高溫多濕한 場所에 長期間 保管했을 때 위의 곰팡이들이 繁殖하며 同時에 AF이 생성되는 것으로 알려져 있다(Shotwell等, 1973). AF中毒은 家禽, 소, 양, 돼지, 토끼, hamster, guinea pig, 송어 등에서 證明되었으며(Naber와 Wallace, 1979), 家禽類中 칠면조와 오리는 0.5ppm 이하의 낮은 水準에서 鋭敏하게 中毒症狀를 보이거나 닭은 比較的 높은 水準에서도 強하게 抵抗하는 것으로 알려졌다(Pier等, 1978).

닭의 AF中毒症狀 가운데는 脛骨의 灰分含量 減少(Wilson等, 1978; Bird, 1978; Huff, 1980), Fe吸收 阻害(Lanza等, 1979 및 1981), 溶血性貧血症(Tung等, 1975; Witlock과 Wyatt, 1981; Chang과 Hamiton, 1982; Huff等 1986 a, b), 血漿 또는 血清의 VD₃, Ca 및 P含量과 alkaline phosphatase 活性減少(Hamilton等 1972 및 1974; Britton과 Wyatt, 1978; Wutlock과 Wyatt, 1981; Chang과 Hamiton, 1982; Huff等, 1986 b) 등이 包含된다. 그러나 AF中毒症狀는 VD₃ 등의 비타민 追加給與로 多少 緩和되며(Hamilton等, 1974; Wilson等, 1978), VD₃는 骨骼의 Ca, P, Mg, Na, K 등의 蓄積을 增加시켜 灰分含量을 增加시킨다는 것이 널리 報告되어 졌다(Waldroup等, 1963 및 1965; Edward, 1976; McNaughton等, 1973; Norman, 1979). Bird(1978)는 AFB₁을 0~20ppm 水準, VD₃를 0-100IU/kg 水準 給與한 結果, 脛骨灰分은 AFB₁水準이 增加함에 따라 減少되었으며, VD₃水準이 增加함에 따라 增加되었다고 하였으며, 1ppm의 AFB₁給與時마다 8.84ICU/kg의 VD₃를 더 要求하였다고 報告하였다.

따라서 本 研究에서는 AFB₁ 1ppm과 VD₃ 500, 1,000 또는 1,500IU/kg을 給與하여 broiler 병아리의 中足骨의 灰分 및 無機物含量에 미치는 影響을 밝히고자 하였다.

II. 材料 및 方法

大邱市 신기孵化場에서 生産된 Hubbard系統 broiler

1日齡 336首(암수 各 168首)를 1986年 10月 13日부터 11月 20日까지(3週間) 本 大學 動物飼育長에서 飼育하였다.

試驗飼料內的 AFB₁水準을 0 또는 1ppm으로, VD₃水準을 0, 500, 1,000 또는 1,500IU/kg으로 設定하여 要因試驗을 實施하였다(3反覆). 各 反覆當 암수 各 7首 式 收容하되 24個 肉鷄群을 亂塊法으로 配置하였다.

本 試驗에 使用된 配合飼料의 配合率과 化學的 成分은 앞서 發表된 바와 같으며(Chiang과 Yeoh, 1989), AFB₁은 Sigma chemical Co.,의 VD₃는 Bayer의 製品이었다.

3週時 병아리의 中足骨을 採取하여, AOAC方法(1984)에 따라 脱脂, 灰化하여 bone ash含量을 求하였으며, 그를 熔解시킨後, 陽이온은 Atomic Absorption Spectrophotometer(Hilger, Analytical/Atomspek H1580)로, P는 Ammonium m-Vanadate 比色法에 依하여 Spectrophotometer(Milton Roy, Spectronic 21 UVD)로 分析되었다. Ca分析時에는 releasing agent로서 5% LaCl₃溶液을, Na, K, Mg의 分析時에도 ionisation buffer로서 5% LaCl₃溶液을 添加하였다.

III. 結果 및 考察

中足骨의 重量은 表1과 같다.

新鮮重量에 있어서, 全體處理間에 有意성이 나타났으며(P<.01), AFB₁ 0ppm일 때는 VD₃ 0IU/kg에서 가장 높았으나, AFB₁ 1ppm일 때는 VD₃ 500IU/kg水準에서 가장 높았다. AFB₁水準間에는 影響의 差異가 없었으며, VD₃水準間에는 有意差가 나타나 0-500IU/kg일 때 보다 1,000-1,500IU/kg일 때 매우 크게 減少되었다(P<.01). 이 結果에서 VD₃水準의 增加에 依해서 中足骨의 重量이 減少한 것은 Chiang과 Yeoh(1989)가 報告한 바와 같이, 병아리의 體重이 減少한 것과 密接한 關係가 있는 것으로 보였으므로 中足骨의 重量과 병아리의 體重間 相關係數를 求하였던 바, r=0.81의 正相關(P<.01)를 나타내었다. AFB₁과 VD₃간의 交互作用은 認定되지 않았다. 體重當크기에 있어서는 第3趾列骨에서와 마찬가지로 全體處理間, AFB₁水準間 및 VD₃水準間에 有意差가 나타나지 않았으며 交互作用도 認定되지 않았다.

中足骨의 灰分 및 多量無機物 含量은 表2와 같다.

Table 1. Effect of feeding aflatoxin B₁ and vitamin D₃ on fresh and non-fat dry weight and fresh sizes of metatarsus taken from broiler chicks of 3 weeks old

Item		Fresh weight	Non-fat dry weight	Fresh size
		g/chick		mg/g body weight
Treatment				
AFB ₁ (ppm)	VD ₃ (IU/kg)			
0	0	28.35 ^A ± 1.99	3.4538 ^{AB} ± 0.16	55.59 ± 3.01 ¹
	500	25.92 ^{AB} ± 1.99	3.3505 ^{BCD} ± 0.24	53.28 ± 3.01
	1,000	22.43 ^C ± 1.46	2.9986 ^E ± 0.63	52.32 ± 3.29
	1,500	21.44 ^C ± 1.13	3.1242 ^{CDE} ± 0.23	50.79 ± 0.59
1	0	25.95 ^{AB} ± 0.65	3.5910 ^{AB} ± 0.09	51.32 ± 0.84
	500	26.20 ^A ± 0.47	3.6929 ^A ± 0.14	55.76 ± 2.85
	1,000	22.85 ^{BC} ± 0.67	3.3821 ^{BC} ± 0.14	52.29 ± 3.39
	1,500	22.34 ^C ± 0.77	3.1036 ^{DE} ± 0.18	53.39 ± 1.15
Mean				
AFB ₁ (ppm)	0	24.53 ± 1.59	3.2318 ± 0.10	53.00 ± 1.01
	1	24.34 ± 3.47	3.4424 ± 0.13	53.19 ± 0.96
VD ₃ (IU/kg)	0	27.15 ^a ± 1.20	3.5224 ± 0.07	53.46 ± 2.14
	500	26.06 ^a ± 0.14	3.5217 ± 0.17	54.52 ± 1.24
	1,000	22.64 ^b ± 0.21	3.1904 ± 0.19	52.30 ± 0.01
	1,500	21.89 ^b ± 0.45	3.1139 ± 0.01	52.09 ± 1.30
Statistical analysis, mean square				
Among treatments, df7		20.35**	0.361*	9.94
Between AFB ₁ levels, df1		0.24	0.266	0.22
Among VD ₃ levels, df3		39.40**	0.280	7.62
AFB ₁ × VD ₃ , df3		3.33	0.053	15.49
Error, df16		4.89	0.095	15.94

^{A-E} Values with different superscripts within 8 treatments are significantly different (P < .05).

^{a, b} Values with different superscripts within vitamin D₃ levels are significantly different (P < .01).

* Significant at 5% level of probability.

** Significant at 1% level of probability.

¹ Mean ± SEM.

灰分含量에 있어서全體處理間에有意差가 나타났으며 (P < .05), AFB₁ 0 또는 1ppm水準에서 VD₃水準이增加함에 따라增加되었다. 그리고, AFB₁水準間도有意差가 나타났으며 (P < .01), AFB₁給與로灰分含量이減少되었다. VD₃水準間에도有意差가 나타났으며 (P < .01), VD₃를增加給與함에 따라灰分含量이增加되는

趨勢를 보였다. AFB₁과 VD₃間의交互作用은統計적으로認定되지 않았다. AFB₁이給與됨에 따라灰分含量이減少되고 VD₃가增加給與됨에 따라灰分含量이增加되었으므로, AFB₁ 1ppm을給與할 때에는 1,500 IU/kg의 VD₃를給與해야 한다는 것을 보여주고 있다.

VD₃는骨骼의 Ca, P, Mg, Na, K 등의蓄積을增加

Table 2. Effect of feeding aflatoxin B₁ and vitamin D₃ on ash and macromineral contents in the non-fat dry metatarsus taken from broiler chicks of 3 weeks old

Item	Ash	Ca	P	Na	Mg	K
	%			ppm		
Treatment						
AFB ₁ (ppm) VD ₃ (IU/kg)						
0 0	51.41 ^{AB} ± 0.20	19.12 ± 0.43 ¹	10.08 ± 0.45	0.743 ± 0.03	3,864 ± 92.60	2,691 ± 117.35
500	51.49 ^{AB} ± 0.57	20.32 ± 0.52	10.00 ± 0.18	0.790 ± 0.04	3,866 ± 81.13	2,537 ± 99.22
1,000	52.86 ^A ± 0.33	22.21 ± 1.10	10.33 ± 0.18	0.780 ± 0.03	4,045 ± 139.46	2,358 ± 72.55
1,500	53.02 ^A ± 0.44	20.10 ± 0.66	10.41 ± 0.18	0.827 ± 0.05	3,755 ± 74.73	2,436 ± 101.33
1 0	50.16 ^B ± 1.02	19.03 ± 1.00	9.77 ± 0.04	0.793 ± 0.04	3,792 ± 83.02	2,579 ± 120.19
500	50.52 ^B ± 0.17	20.18 ± 1.32	9.88 ± 0.11	0.717 ± 0.03	3,679 ± 17.21	2,633 ± 35.22
1,000	50.79 ^B ± 0.42	21.43 ± 0.90	9.39 ± 0.25	0.690 ± 0.02	3,792 ± 45.66	2,541 ± 20.92
1,500	52.44 ^A ± 0.50	22.75 ± 0.49	9.80 ± 0.07	0.797 ± 0.10	3,917 ± 74.60	2,496 ± 155.60
Mean						
AFB ₁ (ppm)						
0	52.20 ^m ± 0.39	22.44 ± 0.65	10.21 ^m ± 0.19	0.785 ± 0.02	3,883 ± 60.00	2,506 ± 71.83
1	50.98 ⁿ ± 0.50	20.85 ± 0.80	9.71 ⁿ ± 0.11	0.749 ± 0.03	3,795 ± 48.68	2,562 ± 39.05
VD ₃ (IU/kg)						
0	50.79 ^b ± 0.63	19.08 ^b ± 0.04	9.93 ± 0.16	0.768 ± 0.02	3,828 ± 36.17	2,635 ± 55.83
500	51.01 ^b ± 0.48	20.25 ^{ab} ± 0.07	9.94 ± 0.06	0.753 ± 0.04	3,722 ± 93.57	2,585 ± 48.17
1,000	51.83 ^{ab} ± 1.03	21.82 ^a ± 0.39	9.86 ± 0.47	0.735 ± 0.05	3,918 ± 106.35	2,450 ± 91.67
1,500	52.73 ^a ± 0.29	21.43 ^a ± 1.32	10.11 ± 0.30	0.812 ± 0.02	3,936 ± 66.41	2,466 ± 29.83
Statistical analysis, mean square						
Among treatments, df7	3.24*	5.58	0.32	0.006	37,202.36	33,653.46
Between AFB ₁ levels, df1	8.93**	1.00	1.48**	0.008	45,850.04	19,437.04
Among VD ₃ levels, df3	4.69**	9.20*	0.07	0.006	21,725.04	49,064.38
AFB ₁ × VD ₃ , df3	0.60	3/48	0.19	0.006	49,797.15	22,981.38
Error, df16	0.81	2.20	0.14	0.004	20,638.21	29,804.17

^{A, B} Values with different superscripts within 8 treatments are significantly different (P < 0.05).

^{m, n} Values with different superscripts within aflatoxin B₁ levels are significantly different (P < 0.01).

^{a, b} Values with different superscripts within Vitamin D₃ levels are significantly different (P < 0.05).

* Significant at 5% level of probability.

** Significant at 1% level of probability.

¹ Mean ± SEM.

시켜 灰分含量을 增加시킨다는 것이 널리 報告되어 졌다(Waldroup 等, 1963b 및 1965; Edward, 1976; McNaughton 等, 1977; Bird, 1978). Buckner 等(1952)은 6週째 中足骨의 灰分含量이 34.3% 였다고 報告 하였는데, 이는 本 試驗의 中足骨含量보다 낮게 나타 났다.

AOAC(1984)는 VD₃ 研究를 할때 병아리의 第3趾列骨 또는 脛骨의 灰分含量을 調査토록 권장하고 있으 나 Chiang과 Lee(1984)는 脛骨採取로 인한 屠體損傷 을 막으며 第3趾列骨의 採取上 어려움 때문에 中足骨 (附前骨이라고도 함)을 採取하고 灰分含量을 調査하 였다. 이 3部位의 擇一問題에 關하여는 앞으로 더 답

Table 3. Effect of feeding aflatoxin B₁ and vitamin D₃ on trace mineral contents in the non-fat dry metatarsus taken from broiler chicks of 3 weeks old

Item		Zn	Fe	Cu	Mn
		ppm			
Treatment					
AFB ₁ (ppm)	VD ₃ (IU/kg)				
0	0	306± 11.59 ¹	138± 6.98	6.3 ± 0.88	8.3± 1.20
	500	294± 14.74	134± 5.03	7.7 ± 1.67	7.7± 1.33
	1,000	252± 29.10	117± 5.13	9.0 ± 1.00	9.7± 1.86
	1,500	256± 19.06	114± 5.61	7.3 ± 0.88	11.0± 1.73
1	0	259± 8.50	124± 8.39	4.3 ± 0.88	8.3± 0.88
	500	278± 9.37	126± 10.71	4.7 ± 0.67	9.0± 0.58
	1,000	244± 11.46	126± 1.53	7.0 ± 0.58	9.0± 1.15
	1,500	269± 16.86	126± 3.46	6.7 ± 1.76	9.0± 1.15
Mean					
AFB ₁ (ppm)					
0		277± 13.48	126± 5.89	7.6 ^m ± 0.55	9.2± 0.74
1		262± 7.39	125± 0.48	5.7 ⁿ ± 0.68	8.8± 0.17
VD ₃ (IU/kg)					
0		283± 23.50	131± 6.83	5.3 ± 1.0	8.3± 0.00
500		286± 7.83	130± 4.17	6.2 ± 1.5	8.3± 0.67
1,000		248± 4.17	122± 4.50	8.0 ± 1.0	8.3± 0.33
1,500		263± 6.17	120± 5.83	7.0 ± 0.33	10.0± 1.00
Statistical analysis, mean square					
Among treatments, df7		1,400.55	179.98	7.09	3.05
Between AFB ₁ levels, df1		1,290.67	0.67	22.04*	0.67
Among VD ₃ levels, df3		1,929.94	183.28	7.82	4.00
AFB ₁ ×VD ₃ , df3		907.78	236.44	1.38	2.89
Error, df16		817.54	124.25	3.75	5.04

m, n Values with different superscripts within aflatoxin B₁ levels are significantly different (P<.05).

* Significant at 5% level of probability.

¹ Mean± SEM.

은 研究가 있어야 할 것으로 생각된다.

Ca含量에 있어서全體處理間 및 AFB₁水準間에 有意差가 나타나지 않았으며, AFB₁과 VD₃간의 交互作用도 認定되지 않았다. 그러나, VD₃水準이 增加함에 따라 1,000IU/kg까지는 中足骨 Ca含量은 增加되었으나 그 以上水準에서는 비슷한 結果를 보였다. 一般적으로 飼料內 VD₃水準이 增加하면 骨骼의 Ca蓄積이 增加되는 것으로 알려져 있다(Norman, 1979). 그러나,

骨骼Ca의 蓄積程度에는 plateau의 現像이 있는데, 本研究의 結果에서는 500-1,000IU/kg에서 plateau에 이른다는 것을 알 수 있다.

P함량에 있어서는全體處理間에 有意성이 나타나지 않았으며, AFB₁에 依해 中足骨의 P含量이 減少되었다(P<.01).

VD₃水準에 依해서는 P含量은 影響을 받지 않았으며, AFB₁과 VD₃간의 交互作用도 認定되지 않았다.

Norman(1979)은 VD_3 또는 $1, 25(OH)_2 D_3$ 作用에 가장 銳敏하게 反應하는 것이 Ca이며, P는 이보다 훨씬 낮게 또는 거의 反應하지 않는다고 記述하였다.

그 外에, Na, Mg 및 K 含量에 있어서는 全體處理間, AFB₁ 水準間 그리고 VD_3 水準間에 有意差가 없었으며, AFB₁과 VD_3 間의 交互作用도 없었다. 이는 中足骨의 Na, Mg, K 含量에는 AFB₁과 VD_3 가 影響을 미치지 않는다는 것을 意味한다.

한편, 中足骨의 微量無機物 含量을 보면(表3), Zn, Fe 및 Mn 含量은 全體處理間, AFB₁ 水準間 그리고 VD_3 水準間에 差異가 나타나지 않았으며, AFB₁과 VD_3 間에 交互作用도 없었다. Cu 含量에 있어서는 全體處理間에 有意差가 없었으나 AFB₁ 給與로 有意하게 減少되었는 바($P < 0.05$), Cu 缺乏現象은 Fe 缺乏現象과 마찬가지로 貧血症을 誘發하는데에 關與하는 것으로 알려져 있다(Maynard 等, 1979). VD_3 水準은 Cu 含量에 影響을 주지 않았으며, AFB₁과 VD_3 間에 交互作用은 나타나지 않았다.

IV. 摘 要

Aflatoxin B₁(AFB₁ 0 또는 1ppm)과 Vitamin D₃(VD_3 0, 500, 1,000 또는 1,500IU/kg)의 交互作用을 調査코자, Hubbard 系統 broiler 병아리 336 首를 利用, 2×4 要因試驗이 實施되었으며, 全體8處理가 3反覆으로 設計되어 脫脂乾燥 中足骨의 灰分 및 無機物含量과 重量 等을 測定하였다. 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 中足骨의 新鮮重量에 있어서 AFB₁ 給與에 依한 差異는 나타나지 않았으며 VD_3 의 수준이 增加됨에 따라 減少되는 傾向을 보였다($P < 0.1$).

2. 脫脂乾燥 中足骨의 灰分含量을 보면 AFB₁의 給與로 因하여 減少되었으며($P < 0.01$), VD_3 水準이 增加될 때 反對로 增加되었다($P < 0.01$). 交互効果는 認定되지 않았으나 AFB₁ 1ppm 給與로 因한 灰分減少를 克服하기 위하여 VD_3 1,500IU/kg의 給與가 必要하다는 것이 證明되었다.

3. Ca의 含量은 AFB₁ 給與의 影響을 받지 않았으나 VD_3 에 依하여 增加되는 傾向을 보였다($P < 0.05$).

4. P의 含量은 AFB₁ 給與로 減少되었으나($P < 0.01$). VD_3 의 影響은 없었다.

5. Cu의 含量은 AFB₁에 依하여 減少되었다($P < 0.05$).

6. Na, Mg, K, Zn, Fe 및 Mn의 含量은 AFB₁이나 VD_3 에 依하여 影響을 받지 않았다.

V. 引用文獻

1. AOAC, 1984. Official Methods of Analysis, AOAC, Washington, D.C. 876.
2. Bird, F.H. 1978. The effect of aflatoxin B₁ on the utilization of cholecalciferol by chicks. Poultry Sci. 57 : 1293-1296.
3. Britton, W.M. and R.D. Wyatt. 1978. Effect of dietary aflatoxin on vitamin D₃ metabolism in chicks. Poultry Sci. 57 : 163-165.
4. Buckner, G.C., W.M. Insko, Jr., A.H. Henry, and E. F. Wachs. 1952. The influence of vitamin D on the growth and ossification of the sterni, tibia, femora and metatarsi of New Hampshire cockerels. Poultry Sci. 31 : 628-632.
5. Chang, C.F. and P.B. Hamilton. 1982. Increased severity and new symptoms of infectious bursal disease during aflatoxicosis in broiler chickens. Poultry Sci. 61 : 1061-1068.
6. Chiang, Y.H. and C.H. Lee(1984). Effect of different levels of calcium and vitamin D₃ on body weight gain, nutrient utilization and metatarsus minerals of broiler chicks. Korean J. Animal Sci. 26 : 110-117.
7. Chiang, Y.H., C.H. Lee, C.H. Park, and J.S. Cheon. 1984. Effect of vitamin D₃ levels on body weight gain, nutrient utilization, toe minerals and serum characteristics of broiler chicks in windowless room with subdued lighting. Korean J. Anim. Sci. 26 : 118-123.
8. Chiang, Y.H. and Y.S. Yeoh. 1989. Effect of feeding aflatoxin B₁ and vitamin D₃ on body weight gain and feed utilization of broiler chicks. Korean J. Anim. Sci. 31 : 239-247.
9. Edward, Jr., H.M. 1976. A re-examination of the nutritional role of vitamin D. Proc. Georgia Nutri. Conf. pp.77-83.

10. Hamilton, P.B., H.T. Tung, J.R. Harris, J.H. Gainer, and W.E. Donaldson. 1972. The effect of dietary fat on aflatoxicosis in turkeys. *Poultry Sci.* 51 : 165-170.
11. Hamilton, P.B., H.T. Tung, R.D. Wyatt, and W.E. Donaldson. 1974. Interaction of dietary aflatoxin with some vitamin deficiencies. *Poultry Sci.* 53 : 871-877.
12. Huff, W.E. 1980. Discrepancies between bone ash and toe ash during aflatoxicosis. *Poultry Sci.* 59 : 2213-2215.
13. Huff, W.E., L.F. Kubena, R.B. Harvey, D.E. Corrier, and H.H. Mollenhauer. 1986a. Progression of aflatoxicosis in broiler chickens. *Poultry Sci.* 65 : 1891-1899.
14. Huff, W.E., L.F. Kubena, R.B. Harvey, W.M. Hagler, Jr., S.P. Swanson, T.D. Phillips, C.R. Creger. 1986b. Individual and combined effects of aflatoxin and deoxynivalenol(DON, Vomitoxin) in broiler chickens. *Poultry Sci.* 65 : 1291-1298.
15. Lanza, G.M. K.W. Washburn, R.D. Wyatt, and H.M. Edwards, Jr. 1979. Depressed ⁵⁹Fe absorption due to dietary aflatoxin. *Poultry Sci.* 58 : 1439-1444.
16. Lanza, G.M. K.W. Washburn, R.D. Wyatt, and H. M. Edwards, Jr. 1981. Strain variation in ⁵⁹Fe absorption during aflatoxicosis. *Poultry Sci.* 60 : 500-504.
17. Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz, and R.G. Warner, 1979. *Animal Nutrition*. 7th ed., McGraw-Hill Book Co., New York pp.240-250.
18. Mcnaughton, J.L., E.J. Day, and B.C. Dilworth. 1977. The chick's requirements for 25-hydroxy-cholecalciferol and cholecalciferol. *Poultry Sci.* 56 : 511-516.
19. Naber, E.C. and H.D. Wallace. 1979. Interactions of Mycotoxins in Animal Production. National Academy of Sciences, Washington, D.C. pp.1-197.
20. Norman, A.W. 1979. Vitamin D : The Calcium Homeostatic Steroid Hormone. Academic Press, New York pp.82-83, 162-164, 276-277.
21. Pier, A.C., J.L. Richard, and J.R. Thurston. 1978. The influence of mycotoxins on resistance and immunity. As cited in : Naber, E.C. and H.D. Wallace. 1979. Interactions of Mycotoxins in Animal Production. National Academy of sciences, Washington, D. C. pp.56-66.
22. Shotwell, O.L., C.W. Hesseltine, and M.L. Goulden. 1973. Incidence of aflatoxin in southern corn, 1969-1970. *Cereal Sci. Today* 18 : 192-195.
23. Tung, H.T., F.W. Cook, R.D. Wyatt, and P.B. Hamilton. 1975. The anemia caused by aflatoxin. *Poultry Sci.* 54 : 1962-1969.
24. Tung, H.T., R.D. Wyatt, P. Thaxton, and P.B. Hamilton. 1973. Impairment of Kidney function during aflatoxicosis. *Poultry, Sci.* 52 : 873-878
25. Waldroup, P.W., C.B. Ammerman, and R.H. Harms. 1963. The relationship of phosphorus, calcium and vitamin D₃ in the diet of broiler-type chicks. *Poultry Sci.* 42 : 982-989.
26. Waldroup, P.W., J.E. Stearms, C.B. Ammerman, and R.H. Harms. 1965. Studies on the vitamin D₃ requirement of the broiler chick. *Poultry Sci.* 44 : 543-548.
27. Wilson, H.R., J.G. Manley, R.H. Harms, and B.L. Damron. 1978. The response of bobwhite quail chicks to dietary amonium and an antibiotic-vitamin supplement when fed B₁ aflatoxin. *Poultry Sci.* 57 : 403-407.
28. Witlock, D.R. and R.D. Wyatt. 1981. Effect of dietary aflatoxin on hemostasis of young turkey poults. *Poultry Sci.* 60 : 528-531.
29. Wogan, G.N. and P.M. Newberne. 1967. Dose-response characteristics of aflatoxin B₁ carcinogenesis in the rat. *Cancer Res.* 27 : 2370-2376.