

## フィターゼ添加がウズラの初期成長に及ぼす影響

馬 瑞銘<sup>1</sup>・佐藤勝紀<sup>1</sup>・及川卓郎<sup>1</sup>・岡田 徹<sup>2</sup>・内田秀司<sup>3</sup>

<sup>1</sup>岡山大学大学院自然科学研究科, 岡山市津島中 700-8530

<sup>2</sup>協和発酵工業株式会社バイオケミカル事業部門, 東京都千代田区大手町 100-8185

<sup>3</sup>東海有機株式会社, 豊橋市大山町字大山 441-8071

本研究は低リン(P)飼料へのフィターゼ添加がウズラの初期成長に及ぼす影響を明らかにする目的で, 2水準の粗蛋白質(CP)および4水準のフィターゼ添加を行い, 体重については雌雄差を含め2×2×4, 脛骨の各分析には雌についてのみ2×4の要因解析法で検討した。代謝エネルギー2.84Mcal/kgおよびCPが20もしくは24%の2種類の飼料(NPP含量それぞれ0.31, 0.38%)に1kgあたり0, 500, 1,000もしくは2,500単位の4水準のフィターゼを添加した計8種類の飼料を, 各区雌雄40羽ずつのウズラ初生ヒナに4週齢まで給与した。体重は1週間ごとに記録し, 4週齢時に5羽の雌を屠殺して, 脛骨を採取し, 骨重量, 長さおよび幅ならびに粗灰分含量を検討した。さらに, CP20%のみ雌の4週齢時の血漿中リン含量を測定した。体重については性別間に有意差は認められなかったが, CP含量間, フィターゼ添加水準間およびCP含量とフィターゼ添加水準との間に交互作用が認められた。また, 脛骨重量, 長さ, 幅ならびに粗灰分含量はCP含量間に有意差がみられ, フィターゼ添加水準間でも幅を除いた脛骨の形質に有意差が認められた。体重および脛骨の長さ, 粗灰分含量および血漿無機リン含量はいずれもフィターゼ添加量が増加するにつれて高くなった。体重はCP24%に比べてCP20%でフィターゼ添加の効果が大きく認められたが, CP20%とCP24%ではNPP水準が異なっており, その影響が考えられた。以上のことから, ウズラ雛でもフィターゼ添加によって初期成長や脛骨の発育, 死亡率は改善され, その効果は低CPおよび低P飼料で大きくなることが明らかになった。

キーワード: ウズラ, フィターゼ添加, 粗蛋白質含量, 初期成長, 脛骨

### 緒 言

リン(P)はカルシウムに次いで豊富に存在するミネラルで, 動物体に0.7~1.2%存在する。Pは骨の主要成分であり, 動物の正常な成長や骨格の形成のための要求量は他のミネラルと比較して高い。家禽用配合飼料原料として用いられているトウモロコシや大豆粕などの植物性原料に含まれているPの60~80%はフィチンの形で存在している(Simons *et al.*, 1990)。鶏や豚などの単胃動物ではフィチンリン(PP)をイノシトールと無機Pに加水分解する酵素であるフィターゼが少ないため, PPをほとんど利用できない(Nelson *et al.*, 1967; Sebastian *et al.*, 1996a, b)。そのため, 原料由来のPだけでは有効P要求量を満たすことができず, 飼料には有効P含量を高めるためにリン酸カルシウムなどの動物性無機Pが添加されている(Perney *et al.*, 1993; Denbow *et al.*, 1995; 武政・高木, 2001)。しかし, 無機Pの添加は排泄P量の増加をもたらす, 環境汚染の要因となっている。排泄P量の低減化を目指して, フィターゼ添加によるPP利用率の向上や無機P添加量の節減などの研究が数多く行われている(Nelson *et al.*,

1968, 1971; Simons *et al.*, 1990; Perney *et al.*, 1993; Schorner *et al.*, 1993; Broz *et al.*, 1994; Denbow *et al.*, 1995; Qian *et al.*, 1996; 武政ら, 1996; Yi *et al.*, 1996a; 武政・高木, 2001; Yonemochi *et al.*, 2001, 2003; 高木ら, 2004; Selle *et al.*, 2006; Panda *et al.*, 2007)。これまでの産卵鶏, プロイラー, 七面鳥などの報告によると, 低非フィチンリン(NPP)飼料にフィターゼを添加した場合, 無機Pを添加しなくても発育や産卵などの成績には悪影響を及ぼさず, P排泄量は低減できることが明らかにされている。しかし, ウズラではフィターゼ添加の検討はほとんどなされていない。そこで, 本研究では動物性無機P無添加の低P飼料にフィターゼを添加した場合のウズラの初期段階での成長及び脛骨の重量, 長さ, 幅, 粗灰分含量に及ぼす影響について検討を行った。

### 材 料 と 方 法

本実験には東海有機(株)から購入したウズラの種卵を岡山大学自然生命科学研究支援センター動物資源部門・農薬室に設置してある孵化器に入卵し, 孵化した初生雛を用いた。なお, 種卵はブラウン系統(B)雄とノーマル系統(N)雌の交配で得られたもので, ブラウン羽装色の伴性遺伝を利用して雌雄鑑別(ブラウン羽装色:雌, ノーマル羽装色:雄)が容易にできることから, 使用した。初生雛は体重を測定し, 脚帯を付けた後, 直ちに24時間点灯の豆電球と電熱器を備えた立体育雛器に收容した。試験にはウズラ初生雛, 雌雄640羽を用い, 1ペンに40羽ずつ8ペンに収

2007年9月5日受付, 2007年12月25日受理

連絡者: 佐藤勝紀

〒700-8530 岡山市津島中1丁目1番1号

Tel: 086-251-8332

Fax: 086-251-8388

E-mail: ksato@cc.okayama-u.ac.jp

容し、4週齢までの期間飼育試験を行った。試験は2水準の粗蛋白質 (CP) および4水準のフィターゼ添加を行い、体重については雌雄差を含め2×2×4、脛骨の各分析には雌についてのみ2×4の要因解析法で検討した。基礎飼料は日本飼養標準成分表 (1995) および日本飼養標準・家禽 (1997) に基づいて代謝エネルギー 2.84 Mcal/kg および CP 含量が各々 20% (NPP 0.31%), 24% (NPP 0.38%) になるように調製した (表 1)。なお、CP 24% は市販飼料と同じ CP 含量であり、フィターゼ添加水準の効果について CP 20% の場合と比較するとともに CP 含量とフィターゼ添加水準との間に交互作用があるかどうかを検討するために取り上げた。この基礎飼料に市販フィターゼ (協和醗酵工業 (株), *Aspergillus niger*, 500 単位/g) を 0, 500, 1,000, 2,500 単位/kg の4水準を添加した。いずれの区にもリン酸カルシウムは添加しなかった。4週齢まで毎週体重を測定したが、脚弱や脚異常の個体については体重のデータに含めなかった。育成終了時の4週齢時で各区5羽の雌を解剖し、脛骨を採取し、その長さ、幅を測定するとともに粗灰分含量を測定した。脛骨重は電子天秤 (精度 0.01 g)、脛骨の長さ、幅はノギス (精度 0.05 mm) を用いて測定した。脛骨の幅は中央部を測定した。粗灰分含量は吉田 (1982) の方法で分析した。CP 20% のみ雌の4週齢時に頸動脈より各区5羽ずつから採血し、遠心分離 (2,500 rpm, 8分, 4°C) して血漿を得、測定までの間、-20°Cで保存した。血漿無機リン含量を比色法 (オリンパス AU600) で測定した。上記の分散分析の結果、有意な効果のうち、フィターゼの効果については Scheffe

の多重比較法で各水準の違いについて検定を行った。

## 結果と考察

4週齢までの経時的な体重について性別、CP含量およびフィターゼ添加水準ごとの平均値と分散分析の結果を表2に示した。試験開始後の体重については性別間に有意な差はみられなかったが、CP間に有意差が認められ、CP20%ではCP24%に比べて有意に低い値を示した。また、フィターゼ添加水準間にも有意差が認められ、フィターゼ添加水準が高くなるにつれて高い値を示した。Denbow *et al.* (1995) はプロイラーの初生雄雛を用い、大豆粕とコーンスターチ主体の NPP 0.20, 0.27, 0.30% 飼料へフィターゼ (0~1200 単位, 7段階) を添加する実験を行った。その結果、3週齢までの増体量はいずれもフィターゼ添加区が有意に高く、添加量に伴って増加したことを見出している。Kornegay *et al.* (1996) もプロイラーの初生雄雛を用い、トウモロコシと大豆粕主体の飼料 (NPP 0.20, 0.27, 0.34%) に上記と同水準のフィターゼを添加した場合でも3週齢までの増体量に上記と同様なフィターゼの効果を確認している。Ravindran *et al.* (1995) は七面鳥の初生雌雛を用いてフィターゼ (0~1200 単位) 7水準と NPP (0.27, 0.36, 0.46%) を組合わせた飼料を3週間給餌した結果、増体量はフィターゼ添加により改善され、特に NPP の最も低い 0.27% で改善の効果は最も大きかったと報告している。武政ら (1996) は7日齢の白レグ雄雛を用いて14日間の増体量を見ているが、トウモロコシ、大豆粕主体の 0.30% NPP 飼料にフィターゼ (0~3285 単位, 4段階) を添加した時、2190 単位までは添加量に応じて増体量は高くなることを明らかにしている。Yonemochi *et al.* (2000, 2001) も7日齢のプロイラー雄雛を用いて、フィターゼ添加量に伴って増体量は増加することを認めている。これらの報告以外にも産卵鶏、プロイラー、七面鳥の初期成長にフィターゼの改善効果が確認されている (Nelson *et al.*, 1971; Simons *et al.*, 1990; Broz *et al.*, 1994; Yi *et al.*, 1996a, b; Sebastian *et al.*, 1996a, b; Qian *et al.*, 1996; Yan *et al.*, 2000; Cowieson *et al.*, 2006; Selle *et al.*, 2006; Watson *et al.*, 2006; Pirgozlie *et al.*, 2007)。本試験においても、低P飼料へのフィターゼ添加によりウズラの増体量は増加することが認められ、これまでの鶏、七面鳥の結果と一致した。フィターゼ添加によって栄養吸収阻害因子であるフィチン酸が分解され、フィチン酸と結合して吸収を阻害されていた CP やアミノ酸が遊離し、消化吸収率、利用率が向上し、増体量の増加に寄与したことが示唆されている (Ravindran *et al.*, 1999; Namkung and Leeson, 1999; Kies *et al.*, 2001; Rutherford *et al.*, 2004)。Sebastian *et al.* (1996a, b) はこれまでの鶏で得られた知見からフィターゼ添加による雛の増体改善の原因としてフィチンとミネラルの複合体からのミネラルの遊離、イノシトールの利用、澱粉消化率の増加、CP・アミノ酸利用率の増加を挙げている。Panda *et al.* (2007) も鶏でのこれまでの報告を加味してフィターゼ添加による増体の改善は栄養素の消化率の増加、ミネラルと CP 利用率の増加、イノシトールの利用および栄養素の全般的な利用性の増加に起因している。一方、フィターゼ添加による増体量の増加は主に飼料摂取量増加によることが指摘されている (Denbow *et al.*,

表 1. 基礎飼料の組成

組 成	粗蛋白質含量 (%)	
	20	24
トウモロコシ	62.5%	55.9%
大豆粕	16.0	19.6
グルテンミール	5.0	6.0
魚粉 65%	2.5	4.5
魚粉 60%	2.5	4.5
米糠	5.0	3.0
DL-メチオニン	0.1	0.1
食塩	0.2	0.2
炭酸カルシウム	6.1	6.1
カラプレミックス <sup>1)</sup>	0.1	0.1
計算値		
粗蛋白質 (%)	20.24	24.18
代謝エネルギー (Mcal/kg)	2.84	2.84
カルシウム (%)	2.77	3.00
総リン (%)	0.63	0.71
非フィチンリン (%)	0.31	0.38

<sup>1)</sup> 飼料 1 kg あたりの添加量 (mg): ビタミン A 20.4; ビタミン B<sub>1</sub> 1.0; ビタミン B<sub>2</sub> 4.3; ビタミン B<sub>6</sub> 1.7; ビタミン B<sub>12</sub> 0.3; ビタミン D 36.5; ビタミン E 10.6; ビタミン K 32.5; パントテン酸カルシウム 6.1; ニコチン酸 8.1; 塩化コリン 333.3; 葉酸 0.2; 炭酸マンガン 3.2; 硫酸鉄 65.2; 硫酸銅 11.4; 炭酸亜鉛 70.4; ヨウ素酸カルシウム 0.6; キサントフィル 848.0

表 2. フィターゼ添加がウズラ雛の初期成長に及ぼす影響

処 理		週 齢				
		0	1	2	3	4
性	雄	6.8±0.0	13.9±0.1	26.1±0.3	41.9±0.6	59.0±0.7
	雌	6.8±0.0	13.9±0.1	25.9±0.4	42.0±0.6	58.6±0.8
粗蛋白質含量 (%)	20	6.7±0.0	12.8±0.1 <sup>b</sup>	23.9±0.4 <sup>b</sup>	38.6±0.6 <sup>b</sup>	53.6±0.7 <sup>b</sup>
	24	6.8±0.0	14.8±0.1 <sup>a</sup>	28.2±0.3 <sup>a</sup>	45.3±0.6 <sup>a</sup>	64.0±0.7 <sup>a</sup>
フィターゼ添加水準 (単位/kg)	0	6.8±0.5	12.7±0.2 <sup>c</sup>	22.9±0.6 <sup>c</sup>	37.6±0.9 <sup>c</sup>	53.4±1.1 <sup>b</sup>
	500	6.7±0.5	13.5±0.2 <sup>bc</sup>	25.5±0.5 <sup>b</sup>	39.9±0.8 <sup>bc</sup>	56.8±1.0 <sup>b</sup>
	1000	6.8±0.4	14.8±0.2 <sup>a</sup>	27.1±0.5 <sup>ab</sup>	42.2±0.8 <sup>b</sup>	61.5±0.9 <sup>a</sup>
	2500	6.8±0.5	14.2±0.2 <sup>ab</sup>	28.6±0.5 <sup>a</sup>	48.0±0.8 <sup>a</sup>	63.5±1.0 <sup>a</sup>

分散分析結果

要因

A (性別)	NS	NS	NS	NS	NS
B (粗蛋白質含量)	NS	***	***	***	***
C (フィターゼ添加水準)	NS	***	***	***	***
B×C	NS	*	**	**	*

平均値±標準誤差

異符号間で有意差あり (P<0.05)

\*: P<0.05; \*\*: P<0.01; \*\*\*: P<0.001; NS: 有意差なし

1995)。また, Cowieson *et al.* (2006) は乾物 (DM), 窒素 (N) や P, Ca などのミネラルおよびアミノ酸の消化可能な栄養素の摂取量増加が増体量の改善をもたらしたと説明している。本実験では飼料摂取量を測定しなかったことから, 今後雛の増体に及ぼすフィターゼの効果について飼料摂取量, 飼料効率さらには上記の各種栄養素の消化率, ミネラルの蓄積率などの面から検討する必要があると考えられる。

表 2 から明らかなように, 体重については CP 含量とフィターゼ添加水準の間に交互作用が認められ, CP 24% に比べて CP 20% でフィターゼ添加水準の効果が大きく認められた。CP 20% と CP 24% では NPP 水準が異なっており, 低 CP 含量飼料でフィターゼ添加の効果が大きく認められた理由としては NPP 水準が低かったことによることも大きいと考えられる。異なる NPP 水準でのフィターゼ添加の効果については産卵鶏 (Punna and Roland, 1999; 武政ら, 1996), ブロイラー (Denbow *et al.*, 1995; Panda *et al.*, 2007) や七面鳥 (Ravindran *et al.*, 1995) で検討され, いずれも増体量は NPP 水準が低いほどフィターゼの改善効果は大きいことが明らかにされている。七面鳥を用いた Yi *et al.* (1996b) の報告によると, 2 水準の CP (22.5, 28.0%) 飼料にフィターゼ 750 単位を各々添加した場合, 低 CP (22.5%) では N とアミノ酸の消化吸収率が増加し, 一方高 CP (28.0%) では変化が認められなかったことから, フィターゼ添加による改善の程度は低 CP において大きかったことを明らかにしている。本実験で用いた CP 24% 飼料の栄養要求量は, P を除いてその養分要求量を満たしていたことから, CP 含量の低い CP 20% と比較して明らかなフィターゼ添加の効果が認められなかったと考えられる。

4 週齢雌雛における脛骨の長さ, 重さ, 幅及び粗灰分含量につ

いて性別, CP 含量およびフィターゼ添加水準ごとの平均値と分散分析の結果を表 3 に示した。脛骨の各形質は CP 含量間に有意差がみられ, また, 脛骨幅を除く脛骨の重さ, 長さおよび粗灰分含量にもフィターゼ添加水準間に有意な差がみられた。CP 含量とフィターゼ添加水準の間には交互作用は認められなかった。脛骨は体重と同様に CP 含量及びフィターゼ添加水準が高くなるにつれてそれらの値は高くなる傾向が認められた。これらの結果は, 産卵鶏 (Broz *et al.*, 1994; Martinez-Amezcuca *et al.*, 2006), ブロイラー (Perney *et al.*, 1993; Denbow *et al.*, 1995; Qian *et al.*, 1996; Sebastian *et al.*, 1996a; Watson *et al.*, 2006; Panda *et al.*, 2007), 七面鳥 (Ravindran *et al.*, 1995) の報告と一致した。Perney *et al.* (1993), Broz *et al.* (1994), Qian *et al.* (1996), Sebastian *et al.* (1996a) の報告によると, フィターゼ添加による脛骨の粗灰分の増加はフィチンとミネラル複合体から解離したミネラルの利用率が増加して骨のミネラル化が進行したことに起因している。本実験ではその後, CP 20% での 4 週齢時での血漿無機 P 含量について取り上げ, フィターゼ添加区と無添加区の間で比較した (表 4)。その結果, 血漿無機 P 含量はフィターゼ添加水準の増加に伴い高くなり, 1,000 単位以上の添加区では無添加区に比べて有意に高い値が認められた。産卵鶏, ブロイラー, 七面鳥でも, フィターゼ添加は血漿無機 P 含量を高め, 飼料の植物原材料に含まれる P の利用性を高めることが報告されている (Nelson *et al.*, 1971; Simons *et al.*, 1990; Perney *et al.*, 1993; Sebastian *et al.*, 1996a, 1998; Atia *et al.*, 2000; Yonemochi *et al.*, 2000; Keshavarz, 2003; Panda *et al.*, 2007)。本実験の結果とこれまでの鶏の報告から, フィターゼ添加により PP の一部が無機 P に分離, 吸収されて, 脛骨に必要な無機 P が確保されたため増体量や脛骨の発育が改善されたと考えられた。

表 3. フィターゼ添加が4週齢時雌ウズラの脛骨の重さ、長さ、幅及び粗灰分含量に及ぼす影響

処 理	採取時体重 (g)	脛骨重 (g)	脛骨長 (mm)	脛骨幅 (mm)	粗灰分含量 (%)	
粗蛋白質含量 (%)	20	52.3±1.5 <sup>b</sup>	0.36±0.02 <sup>b</sup>	37.6±0.7 <sup>b</sup>	1.94±0.06 <sup>b</sup>	40.6±0.2 <sup>b</sup>
	24	62.5±1.5 <sup>a</sup>	0.44±0.02 <sup>a</sup>	40.5±0.7 <sup>a</sup>	2.13±0.06 <sup>a</sup>	41.8±0.2 <sup>a</sup>
フィターゼ	0	52.8±2.1 <sup>b</sup>	0.35±0.02 <sup>b</sup>	37.5±0.9 <sup>b</sup>	1.91±0.08	36.8±0.3 <sup>b</sup>
添加水準 (単位/kg)	500	55.5±2.1 <sup>ab</sup>	0.37±0.02 <sup>ab</sup>	37.9±0.9 <sup>ab</sup>	2.02±0.08	42.3±0.3 <sup>a</sup>
	1000	59.1±2.1 <sup>ab</sup>	0.42±0.02 <sup>ab</sup>	39.8±0.9 <sup>ab</sup>	2.04±0.08	42.9±0.3 <sup>a</sup>
	2500	62.1±2.1 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>	41.1±0.9 <sup>a</sup>	2.15±0.08	42.8±0.3 <sup>a</sup>

分散分析結果

要因

A (粗蛋白質含量)	***	**	**	*	***
B (フィターゼ添加水準)	*	*	*	NS	***

平均値±標準誤差

異符号間で有意差あり (P<0.05)

\*: P<0.05; \*\*: P<0.01; \*\*\*: P<0.001; NS: 有意差なし

表 4. フィターゼ添加が4週齢時ウズラの血漿無機リン含量に及ぼす影響

粗蛋白質含量 (%)	フィターゼ添加水準 (単位/kg)	血漿無機リン含量 (mg/dl)
20	0	1.67±0.37 <sup>c</sup>
	500	2.55±0.32 <sup>bc</sup>
	1000	3.68±0.29 <sup>ab</sup>
	2500	4.60±0.49 <sup>a</sup>

平均値±標準誤差; 異符号間で有意差あり (P<0.01)

鶏ではフィターゼの添加により増体のみならず、雛の死亡率が改善されたとの報告がなされている (Denbow *et al.*, 1995; Ravindran *et al.*, 1995; Yan *et al.*, 2000; Selle *et al.*, 2006)。表 5 は各フィターゼ添加水準における4週齢までの雛の死亡率を示した。雛の死亡率はCP 20%, CP 24%ともにフィターゼ添加によって減少し、特にCP 20%の添加区では顕著な低下が認められた。本実験では育成期間中フィターゼ無添加区では脚弱症の発生率が多く観察され、これが死亡率を増加させた一因と考えられた。飼料の有効P含量は雛の成長や骨の形成の程度を直接決定していることから (吉田, 1982), 本実験で得られた脛骨の粗灰分含量や血漿無機リン含量の値から推察して、フィターゼ添加区と無添加区での有効P量の差異が初期の脛骨の骨形成に影響を与えたものと考えられた。

以上の結果から、低P飼料へのフィターゼ添加はウズラ雛の体重、脛骨の成長と粗灰分含量および血漿無機P含量を増加させ、フィターゼ添加水準に伴ってそれらの値は高くなることが認められた。また、フィターゼ添加水準に伴う雛の増体はCP含量によって異なり、CP 20%がCP 24%に比べて優れ、このフィターゼ添加の効果はNPP水準 (CP 20%は低水準)にも大きく影響されることが示唆された。さらに、フィターゼ添加は雛の死亡率を低下させ改善することが明らかになった。

表 5. フィターゼ添加がウズラ雛の4週齢までの死亡率に及ぼす影響

粗蛋白質含量 (%)	フィターゼ添加水準 (単位/kg)	死亡率 (%)
20	0	44.3 <sup>a</sup>
	500	8.2 <sup>bc</sup>
	1000	5.2 <sup>bc</sup>
	2500	5.0 <sup>bc</sup>
24	0	13.6 <sup>b</sup>
	500	8.5 <sup>bc</sup>
	1000	3.3 <sup>c</sup>
	2500	3.4 <sup>c</sup>

異符号間で有意差あり (P<0.05)

引用文献

Atia FA, Waibel PE, Hermes I, Carlson W and Walser MM. Effect of dietary phosphorus, calcium, and phytase on performance of growing turkeys. *Poultry Science*, 79: 231-239. 2000.

Broz J, Oldale P, Perrin-Voltz A-H, Rychen G, Shulze J and Simoes Nunes C. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. *British Poultry Science*, 35: 273-280. 1994.

Cowinson AJ, Acamovic T and Bedford MR. Supplementation of corn-soy-based diets with an *Escherichia coli*-derived phytase: Effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. *Poultry Science*, 85: 1389-1397. 2006.

Denbow DM, Ravindran V, Kornegay ET, Yi Z and Hulet M. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Science*, 74:

- 1831-1842. 1995.
- Keshavarz K. Effects of continuous feeding of low-phosphorus diets with and without phytase during the growing and laying periods on performance of two strains of Leghorns. *Poultry Science*, 82 : 1444-1456. 2003.
- Kies AK, Van Hemert KHF and Sauer WC. Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilisation. *World's Poultry Science Journal*, 57 : 109-126. 2001.
- Kornegey BY ET, Denbow DM, Yi Z and Ravindran V. Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soybean-meal-based diets containing three levels of non-phytase phosphorus. *British Journal of Nutrition*, 75 : 839-852. 1996.
- Martinez-Amezcuca C, Parsons CM and Baker DH. Effect of microbial phytase and citric acid on phosphorus bioavailability, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Science*, 85 : 470-475. 2006.
- Namkung H and Leeson S. Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. *Poultry Science*, 78 : 1317-1319. 1999.
- Nelson TS. The utilization of phytase phosphorus by poultry : a review. *Poultry Science*, 46 : 862-871. 1967.
- Nelson TS, Shieh TR, Wodzinski RJ and Ware JH. The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with a mold phytase. *Poultry Science*, 47 : 1842-1848. 1968.
- Nelson TS, Shieh TR, Wodzinski RJ and Ware JH. Effect of supplemental phytase on the utilization of phytase phosphorus by chicks. *Journal of Nutrition*, 101 : 1289-1293. 1971.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局. 日本飼養標準飼料成分表, 1995.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局. 日本飼養標準・家禽 (1997年版), (社)中央畜産会. 東京.
- Panda AK, Rama Rao SV, Raju MVLN, Gajula SS and Bhanja SK. Performance of broiler chickens fed low non phytate phosphorus diets supplemented with microbial phytase. *Japanese Poultry Science*, 44 : 258-264. 2007.
- Perney KM, Cantor AH, Straw ML and Herkelman KL. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. *Poultry Science*, 72 : 2106-2114. 1993.
- Pirgozliev V, Oduguwa O, Acamovic T and Bedford MR. Diets containing *Escherichia coli*-derived phytase on young chickens and turkeys : Effects on performance metabolizable energy endogenous secretions and intestinal morphology. *Poultry Science*, 86 : 705-713. 2007.
- Punna S and Roland SR, DA. Influence of supplemental microbial phytase on first cycle laying hens fed phosphorus-deficient diets from day one of age. *Poultry Science*, 78 : 1407-1411. 1999.
- Qian H, Veit HP, Kornegey ET, Ravindran V and Denbow DM. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibial bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. *Poultry Science* 75 : 618-626. 1996.
- Ravindran V, Kornegey ET, Denbow DM, Yi Z and Hulet RM. Response of turkey poult to tiered levels of Natuphos phytase added to soybean meal-based semi-purified diets containing three levels of nonphytate phosphorus. *Poultry Science*, 74 : 1843-1854. 1995.
- Ravindran V, Cabahug S, Ravindran G and Bryden WL. Influence of microbial phytase on apparent amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poultry Science* 78 : 699-706. 1999.
- Rutherford SM, Chung TK, Morel PCH and Moughan PJ. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poultry Science*, 83 : 61-68. 2004.
- Schoner VFJ, Hoppe PP, Schwarz and Wiesche H. Effects of microbial phytase and inorganic phosphate in broiler chickens : Performance and mineral retention at various calcium levels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 69 : 235-244. 1993.
- Sebastian S, Touchburn SP, Chavez ER and Lague PC. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper, and zinc in broiler chickens fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, 75 : 729-736. 1996a.
- Sebastian S, Touchburn SP, Chavez ER and Lague PC. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chicken. *Poultry Science*, 75 : 1516-1523. 1996b.
- Sebastian S, Touchburn SP and Chavez ER. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition : a review. *World's Poultry Science Journal*, 54 : 27-47. 1998.
- Selle PH, Creswell DC, Cadogan DJ, Partridge GG and Scott T. Phytase supplementation of wheat-based broiler diets reduces dependence on meat-and-bone meal. *Japanese Poultry Science*. 43 : 330-338. 2006.
- Simons PCM, Versteegh HAJ, Jongbloed AW, Kemme PA, Stump P, Bos KD, Wolters MGE, Beudeker RF and Verschoor GJ. Improvement of P availability by microbial phytase in broilers and pigs. *British Journal of Nutrition*, 64 : 525-540. 1990.
- 高木久雄・米持千里・鎌田啓二・武居由紀子. 家禽の排泄物中の窒素およびリン低減に関する技術の開発. *日本家禽学会誌*, 41 : J227-J232. 2004.
- 武政正明・村上 齊・山崎 信. 飼料への酵母由来「フィターゼ」の添加による鶏ヒナ排泄リン量の低減. *日本家禽学会誌*, 33 : 104-111. 1996.
- 武政正明・高木久雄. 飼料用フィターゼの開発とその利用—家禽・豚からのリン排泄量低減技術の開発—. *日本家禽学会誌*, 38 : J96-J100. 2001.
- Watson BC, Matthews JO, Southern LL and Shelton JL. The effects of phytase on growth performance and intestinal transit time of broilers fed nutritionally adequate diets and diets deficient in calcium and phosphorus. *Poultry Science*, 85 : 493-497. 2006.
- Yan F, Kersey JH, Fritts CA, Waldroup PW, Stilborn HL, Crum Jr. RC, Rice DW. and Raboy V. Evaluation of normal yellow dent corn and high available phosphorus corn in combination with reduced dietary phosphorus and phytase supplementation for broilers grown to market weights in

- litter pens. Poultry Science, 79 : 1282-1289. 2000.
- Yi Z, Kornegay ET Ravindran V and Denbow DM. Improving phytate phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculation of phosphorus equivalency values for phytase. Poultry Science, 75 : 240-249. 1996a.
- Yi Z, Kornegay ET and Denbow DM. Effect of microbial phytase on nitrogen and amino acid digestibility and nitrogen retention of turkey poults fed corn-soybean meal diets. Poultry Science, 75 : 979-990. 1996b.
- Yonemochi C, Takagi H, Hanazumi M, Hijikuro S, Koide K, Ina T and Okada T. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase. Japanese Poultry Science, 37 : 154-161. 2000.
- Yonemochi C, Takagi H, Okada T, Ina T and Koide K. Reduction of excretory phosphorus and trace minerals by dietary supplementation of microbial phytase in broiler chicks. Japanese Poultry Science, 38 : 234-241. 2001.
- Yonemochi C, Fujisaki H and Takagi H. Effects of amino acid enzyme mixture and phytase added to low protein and low phosphorus diet on performance and excretion of nitrogen and phosphorus in broilers. Japanese Poultry Science, 40 : 114-120. 2003.
- 吉田 実. プロイラーの有効リン要求量の見直し (6). 畜産の研究, 3 : 1298-1302. 1982.

## Effects of Phytase Supplementation on Early Growth of Quail Chicks

Ruiming Ma<sup>1</sup>, Katsunori Sato<sup>1</sup>, Takuro Oikawa<sup>1</sup>, Tooru Okada<sup>2</sup> and Hideshi Uchida<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama 700-8530

<sup>2</sup> Kyowa Hakko Kogyo Co., LTD., Bio-Chemicals Business Unit, 1-6-1, Ohtemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8185

<sup>3</sup> Toukai Yuuki Co., LTD., 64-1, Ohyama-machi, Toyohashi 441-8071

To elucidate the effects of phytase supplementation on the early growth of quail chicks, a 2×2×4 factorial design was used to assay the influence of various dietary factors (both sexes, 2 levels of crude protein and 4 levels of phytase) on body weight. In addition, analysis of the tibia was performed using a 2×4 factorial design. A total of 640 one-day-old chicks of either sex were randomly placed in 8 pens (40 males and 40 females per pen) and fed the respective diet for four weeks. The experimental diet consisted of a basal corn-soybean meal that contained the calculated ME of 2.84 Mcal/kg, analyzed as 20%CP (NPP : 0.31%) and 24% CP (NPP : 0.38%). Then the basal diet was adjusted with phytase added at ratios of 0, 500, 1,000 or 2,500 PU/kg of diet. The weekly body weights of male and female chicks and the tibiae of female chicks at 4 weeks of age were examined. The plasma inorganic phosphorus concentration was measured in 4 week-old female chicks fed 20% CP.

Differences among the CP significant changes and phytase level and interactions of the two showed in body weight, and tibia characteristics except for width, which showed significant differences based on CP and phytase level. With phytase supplementation, weekly body weight and the weight, length, width and crude ash of the tibia and plasma inorganic phosphorus concentration tended to increase. It was recognized that the effects of phytase supplementation on body weight and tibial growth were higher in diets with 20% CP than in those with 24% CP, considering the influence of different NPP levels. These outcomes indicate that phytase supplementation improved early growth, tibial growth and mortality of quail chicks and that the magnitude of the phytase effect was greater in diets containing lower CP and P levels.

*(Japanese Journal of Poultry Science, 45 : J9-J15, 2008)*

**Key words :** quail, phytase supplementation, crude protein level, body weight, tibia