

産卵鶏飼料へのフィターゼの適正添加水準

斉藤健一・山口岑雄

志

Proper Addition-level of Phytase to Feed for Laying Hens

Ken-ichi SAITOU and Takao YAMAGUCHI

要 約

産卵鶏用飼料へのフィターゼの至適添加水準量について検討をおこなった。

供試飼料にはトウモロコシ・大豆粕主体で飼料中の非フィチンリン（以下 npP）含量が0.15%の低 npP 飼料と、これにフィターゼを200、400および600単位/kg添加した飼料、第二リン酸カルシウムを無機リンとして0.1%量添加し飼料中の npP 含量を0.25%とした飼料、および市販で npP 含量0.43%の採卵鶏用飼料を給与する計6飼料を用いた。供試鶏には餌付け時期の異なる2群の白色レグホン種30羽ずつ（試験開始日齢はそれぞれ177日齢および327日齢）を用い、同一鶏舎に収容後、5羽づつを各試験区に割付け8週間自由摂取させ、産卵成績および体重変化、さらに試験開始31~34日目にかけての3日間リン出納試験を行った。また、試験終了後全羽数を屠殺し、脛骨灰分量を測定した。

その結果、低 npP 飼料区は、市販飼料区および無機リン添加の0.25%区に比べて、産卵率、産卵日量が産卵前・後期でそれぞれ有意 ($p < 0.05$) に低下し、産卵前期増体量および産卵後期飼料要求率についても同様に有意 ($p < 0.05$) に低下した。また蓄積リン量についても産卵前・後期で、それぞれ低 npP 飼料区が市販飼料区および無機リン添加の0.25%区に比べ有意 ($p < 0.05$) に低下した。脛骨灰分量は低 npP 飼料区が低くなる傾向にあり、産卵前期では他区との間に有意 ($p < 0.05$) な差がみられた。一方、低 npP 飼料にフィターゼを200~600単位/kg添加すると、産卵率、産卵日量、リン蓄積率および脛骨灰分含量は産卵前・後期とも、市販飼料区および無機リン添加の0.25%区と統計的差のない成績に改善されたが、フィターゼ添加飼料区間では、いずれの項目においても差は見られなかった。

以上の結果から、産卵鶏においては、トウモロコシ・大豆粕主体の低 npP (0.15%) 飼料に、フィターゼを200単位/kg添加すれば市販飼料とほぼ同等の成績が得られることが示唆された。

また、今回の試験結果で、0.1%無機リン添加飼料区と市販飼料区との間で、産卵成績、リン出納成績および脛骨灰分含量の各項目に統計的な差がみられなかったことから、産卵鶏の npP 要求量は日本飼養標準・家禽 (1997) に示されている0.35%より低い可能性も併せて示唆された。

結 言

産卵鶏から排泄される糞尿中のリン量低減化を目的に、これまで低 npP 飼料へのフィターゼ添加による多くの試みが行われ、産卵性を維持したまま排泄リン量の低減化が可能となってきた。しかしこれらの試験は、フィターゼの添加効果を確認する効果測定がほとんどで、フィターゼの酵素活性値と添加効果との関係を正確に捉えた報告は少ない¹⁾。

一方、ブロイラーや卵用鶏ヒナにおいては、無機リン0.1%添加と同じ効果を得るためのフィターゼ添加量は飼料中に約500から1,000単位/kgが必要である^{2,3,4)}とされ、産卵鶏についてもこの添加量が応用されてきた。

しかし S. D. Boling ら^{5,6)}は、低 npP 飼料へのフィターゼ300単位/kgの添加でも、飼料中に npP 量が0.15%以上含まれていれば産卵成績に影響がないとしている。このことは、現在産卵鶏で推奨されている500単位/kgより低いフィターゼの添加量でもその効果が発揮でき、フィターゼ添加量削減の可能性を示唆しており、このことは経済的観点から非常に重要となってくる。

平成13年8月31日受付

そこで本研究では、産卵鶏におけるフィターゼの至適添加水準量について、頸骨灰分量・産卵成績およびリン出納成績を指標に検討をおこなうと同時に、低 npP 飼料へのフィターゼの添加が産卵性と排泄リン量にどのような影響を及ぼすのか併せて検討を行った。

材料および方法

1. 供試鶏

餌付け時期の異なる（平成10年11月17日および平成11年4月16日餌付け）2群の市販採卵用白色レグホン種（デカルブTX）30羽づつの、合計60羽用いた。

2. 試験区分および試験期間

試験区分は表1のとおりで、トウモロコシ、大豆粕主体で飼料中の npP 含量が0.15%の低 npP 飼料にフィターゼを0・200・400・600単位/kg添加した各試験飼料区と、リン酸カルシウムを無機リン量で飼料中に0.1%含むように配合した飼料区の5区分、さらに市販の採卵鶏用飼料区の合計6区を設定した。

なお試験飼料の配合割合と成分値は表2に示したとおりで、飼料中のCP、ME、カルシウム水準が市販飼料とほ

表1 試験区分

区分	給与飼料	供試羽数
市販飼料区	市販採卵鶏用飼料	1羽×5反復×2水準
0.25%区	npP0.15%飼料+無機リン0.1%	〃
600単位区	〃 +フィターゼ600単位	〃
400単位区	〃 +フィターゼ400単位	〃
200単位区	〃 +フィターゼ200単位	〃
0単位区	〃	〃

ぼ同一になるように調整し、npP以外の各栄養成分は日本飼養標準の養分要求量を充足するように設定した。

また、フィターゼは試験開始直前に武政ら³⁾の方法に従い酵素活性値を測定したのち、各単位区の添加量になるように配合した。なお、今回使用したフィターゼの酵素活性値は454単位/g (37℃・pH5.5)で、試験飼料については、2週間分ずつ袋詰めにし保冷库(+6℃)に保存後、2週間ごとに保冷库より取り出し給与した。

試験期間は平成11年10月9日～12月3日までの8週間とし、平成10年11月餌付け鶏を産卵後期(327～382日齢)、平成11年4月餌付け鶏を産卵前期鶏(177～232日齢)とした。

表2 試験飼料配合割合

飼料原料	0単位区	200単位	400単位	600単位	0.25%区	市販飼料区
トウモロコシ	64.4	←	←	←	←	
脱皮大豆粕	20.0	←	←	←	←	
コーングルテンミール	4.0	←	←	←	←	
第二リン酸Ca	0.15	←	←	←	0.70	
炭酸カルシウム	8.53	←	←	←	8.19	
セルロース	1.37	1.33	1.28	1.24	1.16	
フィターゼ	0	0.04	0.09	0.13	0	
食塩	0.3	←	←	←	←	
油脂	1.0	←	←	←	←	
DL-メチオニン	0.1	←	←	←	←	
ビタミン・ミネラル	0.15	←	←	←	←	
成分値						
粗タンパク質	17.35	←	←	←	←	17.40
代謝エネルギー	2,867	←	←	←	←	2,800以上
カルシウム	3.4	←	←	←	←	6
全リン	0.36	←	←	←	0.46	65
非フィチンリン	0.15	0.15	0.15	0.15	0.25	0.43

注1) フィターゼの酵素活性値(分析値)は、454単位/g (pH5.5)であった。

注2) 表中の左矢印←は、左の数値と同値の意味

3. 飼養管理

供試鶏は試験開始1週間前に開放式で間口22.5cmの単飼ケージに收容し、試験開始までは市販の採卵鶏用飼料（C P 17.4%、ME 2.8kcal/g）を給与し、光線管理は自然日長時間と合わせて14時間30分日長になるように設定した。また、飼料および飲水については各区分とも自由摂取とした。

4. 調査項目

飼養試験として、産卵個数、卵重量を毎日計測し産卵率・平均卵重・産卵日量を算出。また、試験期間中の給与飼料量および試験終了時の残飼料から飼料摂取量と飼料要求量を算出した。

リン出納試験として、試験開始31日から34日目にかけての3日間（72時間）、全糞採集法により糞を採集し、摂取リン量および排泄リン量を測定しリン蓄積率を算出した。なお生糞の調製は動物実験栄養法⁷⁾に従い乾燥後粉碎し分析に用い、糞中および飼料中の全リン量をアレン法⁸⁾により測定した。

増体量は試験開始前日と試験終了時に体重測定を行い、また卵殻質検査として、試験開始後53日から56日目にかけての4日間に産卵した卵全てを採集し、卵重、卵殻厚、卵殻重、卵殻強度を測定した。卵殻強度は卵殻変量測定器（インテスコ社製）により短径破壊強度を測定した。

さらに試験終了後、全羽数を殺処分した後、左足頸骨を

採取し、吉田ら⁹⁾の方法に準じて頸骨灰分量を測定した。

結果および考察

1. 飼養試験成績

飼養試験成績を表3、4に示した。0単位区は市販飼料区、0.25%区に比べ産卵成績が低下する傾向にあり、産卵率・産卵日量が産卵前・後期で、飼料要求率については産卵後期で、それぞれ有意（ $p < 0.05$ ）に低下した。試験期間中の増体量は、0単位区が産卵前・後期とも減少し、産卵前期では他の区間と比べ有意（ $p < 0.05$ ）に低下した。これら0単位区の産卵成績および増体量が他の区に対し大幅に低下した要因は、飼料中の非フィチンリンが要求量を充たしていなかったためと考えられた。

一方、低 npP 飼料にフィターゼ200~600単位/kg添加することで、産卵成績は市販飼料区および0.25%区と統計的差のない成績に改善され、フィターゼの作用により消化管内でフィチンリンの一部が利用可能な npP に分解され、リンの要求量が充足されたためと考えられた。しかしフィターゼの添加量を200から600単位/kgまで増加させても、飼養成績は各項目ともほぼ同様の値を示し、特定の傾向は認められなかった。

また、低リン飼料に無機リンを0.1%量添加した0.25%区は、市販飼料区と比べ各項目に差が認められなかった。

表3 産卵前期飼養試験成績（176~232日齢）

区 分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料摂取量 (g/羽・日)	飼料要求率	増体量 (g)
市販飼料区	90.0 ± 8.0a	63.4 ± 2.5	57.0 ± 4.6a	103.4 ± 3.6a	1.82 ± 0.13ab	156 ± 113a
0.25%区	91.4 ± 10.3a	67.1 ± 1.6	61.2 ± 5.8a	109.7 ± 7.1a	1.80 ± 0.09ab	36 ± 100a
600単位区	95.7 ± 4.5a	65.4 ± 2.1	62.6 ± 3.6a	113.1 ± 10.0a	1.81 ± 0.07ab	110 ± 114a
400単位区	90.0 ± 7.0a	67.3 ± 6.9	60.2 ± 2.5a	106.6 ± 8.0a	1.78 ± 0.20ab	104 ± 70a
200単位区	93.6 ± 5.1a	65.0 ± 2.2	60.8 ± 3.9a	106.9 ± 7.2a	1.76 ± 0.11b	62 ± 70a
単 位 区	72.1 ± 10.1b	65.8 ± 2.3	47.3 ± 5.8b	91.8 ± 10.4b	1.95 ± 0.12a	-258 ± 108b

縦列異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)
 平均値 ± 標準偏差

表4 産卵後期飼養試験成績（326~382日齢）

区 分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料摂取量 (g/羽・日)	飼料要求率	増体量 (g)
市販飼料区	98.2 ± 3.2a	60.1 ± 1.9	59.0 ± 1.8a	106.6 ± 9.8ab	1.80 ± 0.13b	-114 ± 100
0.25%区	92.5 ± 4.4a	63.2 ± 4.6	58.4 ± 4.1a	110.4 ± 6.1a	1.89 ± 0.07b	-200 ± 48
600単位区	95.0 ± 1.7a	61.2 ± 2.8	58.1 ± 2.2a	110.5 ± 5.7a	1.90 ± 0.08ab	-139 ± 101
400単位区	94.3 ± 3.6a	64.1 ± 3.0	60.4 ± 2.8a	111.7 ± 6.8a	1.85 ± 0.08b	-108 ± 82
200単位区	95.1 ± 3.4a	64.1 ± 1.8	61.0 ± 3.6a	106.0 ± 9.3ab	1.74 ± 0.09b	-188 ± 87
0単位区	75.7 ± 17.6b	59.9 ± 3.9	45.8 ± 12.0b	92.9 ± 19.2b	2.08 ± 0.22a	-314 ± 186

縦列異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)
 平均値 ± 標準偏差

2. リン出納試験成績

リン出納試験成績を表5、6に示した。0単位区は市販飼料区および0.25%区と比べ、排泄リン量が有意 ($p < 0.05$) に低下したものの、リン蓄積率は市販飼料区および0.25%区と同様に低い値を示し、統計的差は認められなかった。これは、市販飼料区および0.25%区の排泄リン量が蓄積リン量に比べ多くなったこと、また0単位区の蓄積リン量が低く体内で利用されずに排泄されるリン量が多くなったためと考えられた。

一方、低 npP フィターゼを200から600単位/kg添加した区分の排泄リン量は、0単位区とほぼ同量で、市販飼料区および0.25%区と比べ有意 ($p < 0.05$) に低下した。リン蓄積率についてはフィターゼ添加区が低リン飼料給与の0単位区と比べ改善される傾向を示し、産卵前期では市販

飼料区および低リン区に対し、有意 ($p < 0.05$) に改善される結果となった。この0単位区に比べフィターゼ添加区のリン蓄積率が向上した要因は、フィターゼ添加によりフィチンリンの一部が npP に変化し、増体や鶏卵生産に利用されたためと考えられ、低 npP 飼料へのフィターゼの添加が、生産性を維持しつつ排泄リン量の低減化に効果的であるとするこれまでの報告^{10,11,12)}を、裏付ける結果となった。

なお、本試験における排泄リン量の低減化割合は市販飼料区に比べ、フィターゼ添加区平均で産卵前期が54%、産卵後期で51%の低減となった。

また、フィターゼ添加量を200から600単位/kgまで増加させても、各区分に差は見られずいずれの項目においても、ほぼ同様の値を示していた。

表5 産卵前期リン出納試験成績

区 分	飼料摂取量 (g/羽)	摂取リン量 (g/羽)	排泄リン量 (g/羽)	蓄積リン量 (g/羽)	リン蓄積率 (%)
市販飼料区	112.9±7.4	0.74±0.05a	0.50±0.07a	0.24±0.05a	32.6±7.3c
0.25% 区	114.0±25.4	0.55±0.12b	0.33±0.07b	0.22±0.05ab	39.7±1.5abc
600単位区	120.1±10.9	0.42±0.04c	0.24±0.05c	0.18±0.04ab	44.0±9.3ab
400単位区	113.7±7.7	0.40±0.03c	0.23±0.02c	0.17±0.02bc	42.7±4.0ab
200単位区	117.5±11.5	0.41±0.04c	0.22±0.03c	0.19±0.03ab	46.8±5.7a
0単位区	100.5±17.1	0.35±0.06c	0.23±0.03c	0.13±0.03c	35.7±3.3c

縦列異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)
平均値±標準偏差

表6 産卵後期リン出納試験成績

区 分	飼料摂取量 (g/羽)	摂取リン量 (g/羽)	排泄リン量 (g/羽)	蓄積リン量 (g/羽)	リン蓄積率 (%)
市販飼料区	108.3±12.4	0.71±0.08a	0.50±0.04a	0.21±0.08a	29.5±7.8
0.25% 区	114.2±11.1	0.55±0.05b	0.34±0.04b	0.20±0.04a	36.9±4.4
600単位区	113.7±6.5	0.40±0.02c	0.24±0.04c	0.16±0.05ab	40.5±11.5
400単位区	116.5±13.5	0.41±0.05c	0.26±0.05c	0.15±0.05ab	35.5±12.7
200単位区	108.4±17.6	0.38±0.06c	0.24±0.03c	0.14±0.08ab	33.5±18.1
0単位区	95.7±11.5	0.03±0.04c	0.25±0.03c	0.08±0.02b	24.2±4.6

縦列異符号間に有意差あり ($p < 0.05$)
平均値±標準偏差

3. 頸骨灰分量

頸骨灰分量を表7に示した。0単位区は市販飼料区および0.25%区と比べ灰分量が低下する傾向を示し、産卵前期では有意 ($p < 0.05$) に低下した。しかし、低 npP 飼料にフィターゼを200から600単位/kg添加することで、灰分量は市販飼料区と統計的差のない成績にまで改善された。これは低 npP 飼料では、骨の構成成分である無機リンが不足したため頸骨の形成が低下したが、フィターゼの添加によりフィチンリンの一部が無機リン (npP) に分離され、頸骨の製造に必要な npP が確保されたためと考えられた。

フィターゼの添加量と頸骨灰分量との関係を図1に示した。低 npP 飼料にフィターゼを200単位/kg添加すると、産卵前・後期とも0単位区に比べ頸骨灰分量が改善されたものの、添加量をそれ以上増加させても、頸骨灰分量は200単位/kg添加とほぼ同程度であり、頸骨灰分量を指標とした場合の産卵鶏におけるフィターゼの至適添加水準量は200単位/kg以下であることを示す結果となった。

また、無機リン0.1%量を添加し、飼料中の npP 量を0.25%に高めた場合の頸骨灰分量は産卵前・後期とも0.55g/g頸骨で、フィターゼを200単位/kg添加した場合よりも低かったことから、無機リン0.1%添加と同等の

効果を得るためのフィターゼ添加量は、200単位/kg以下であり、言い換えるとフィターゼ200単位/kg添加での無機リン代替効果は、頸骨灰分量を指標とした場合、0.1%以上になるものと推測された。

表7 頸骨灰分量 (g/頸骨g)

区 分	産卵前期	産卵後期
市販飼料区	0.58±0.03 a	0.57±0.03
0.25% 区	0.55±0.01 a	0.55±0.04
600単位区	0.56±0.02 a	0.57±0.02
400単位区	0.57±0.04 a	0.57±0.02
200単位区	0.58±0.02 a	0.58±0.02
0単位区	0.51±0.02 b	0.53±0.04

縦列異符号間に有意差あり (p<0.05)
 平均値±標準偏差

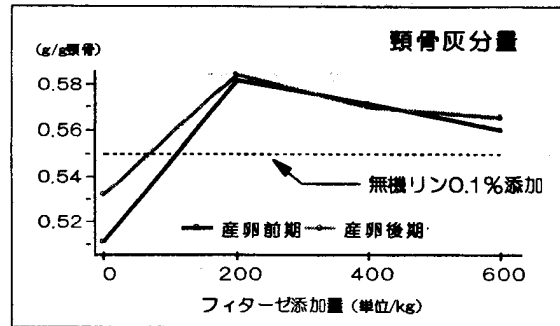


図1 フィターゼ添加量と頸骨灰分量の関係

4. 卵殻検査成績

卵殻検査成績を表8に示した。0単位区の卵殻強度・卵殻厚・卵殻重量が、産卵後期で区間中最も低い値を示したものの、各項目とも各区間において有意な差は認められな

表8 産卵前期卵殻質検査成績

区 分	産 卵 前 期				産 卵 後 期			
	卵 重 (g)	卵殻強度 (kg/cm ²)	卵 殻 厚 (mm)	卵殻重量 (g)	卵 重 (g)	卵殻強度 (kg/cm ²)	卵 殻 厚 (mm)	卵殻重量 (g)
市販飼料区	63.7±1.5	3.52±0.5	0.35±0.02	5.99±0.4	62.5±2.8	4.17±0.6	0.35±0.01	6.01±0.2
0.25% 区	65.0±2.2	3.65±0.4	0.33±0.01	5.82±0.2	66.0±3.9	3.76±0.6	0.35±0.02	6.15±0.6
600単位区	65.7±3.3	3.32±0.3	0.32±0.01	5.67±0.2	63.2±4.5	4.00±0.5	0.35±0.02	5.90±0.2
400単位区	64.2±2.8	3.36±0.5	0.32±0.03	5.67±0.6	64.3±3.8	3.90±0.3	0.35±0.01	5.97±0.4
200単位区	65.8±2.6	3.36±0.7	0.34±0.03	5.94±0.6	60.4±9.6	3.73±0.6	0.35±0.01	5.99±0.6
0単位区	64.6±8.9	3.59±0.5	0.32±0.02	5.35±0.7	62.1±7.4	3.33±0.9	0.33±0.01	5.46±1.1

平均値±標準偏差

かった。

5. フィターゼ至適添加水準量について

以上の試験結果から、産卵鶏へのフィターゼ至適添加水準量は200単位/kg以下であると考えられたが、正確な至適添加水準量を把握することはできなかった。しかし、これまで一般的に産卵鶏に推奨されてきた添加量の、500~1,000単位/kgよりもかなり低い200単位/kgの添加でも、産卵成績や頸骨灰分量に影響を与えていなかったことから、産卵鶏ではプロイラーや卵用鶏ヒナに比べ、至適添加水準量が低い事が明らかとなった。これは、プロイラーや卵用鶏ヒナが無機リン0.1%の添加と同等の効果を得るために、455~850単位/kg^{2,3)}のフィターゼ添加が必要とされているのに対して、産卵鶏では200単位/kg以下と推測されたこと。さらに、今回0.1%量の無機リンを添加した0.25%区の産卵成績および頸骨灰分量等が、npP量0.43%の市販飼料給与区と比べ統計的差が認められなかったことから、採卵鶏のnpP要求量が、これまで日本飼養

標準¹³⁾で示されてきた0.35%よりも低い、0.25%程度ある可能性が示唆され、これによりnpP含量0.15%の低npP飼料にフィターゼを、200単位/kg添加することで、無機リン0.1%量添加と同等の効果を得たことから、産卵成績等の低下を招かなかったものと推測された。

また、Bolingら¹⁴⁾は、504羽の白色レグホン種を用いて、21週から60週齢にかけて飼養試験を行った結果、npP量0.10%の低npP飼料にフィターゼを100単位/kg添加しても、npP量0.45%飼料給与区と飼養成績に差がなかったとしていることから、フィターゼの至適添加水準量は100単位/kg以下の可能性もあり、今後200単位/kg以下の低い添加水準での検討を行う必要がある。

謝 辞

本試験の試験設定および分析手法について有益なご助言を頂きました。独立行政法人 農業研究機構 東北農業研究セ

ンターの武政研究企画科長、ならびに畜産草地研究所 家畜生理栄養部の山崎研究官に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) P. C. M. Simons, A. W. Jongbloed, H. A. J. Versteegh, and P. A. Kemme (1992) : Nutrition Conference For the Feed Industry, 100-109
- 2) 米持千里、小出和之、花積三千人、高木久雄、伊奈孝二三 (1995)、日本家禽会誌32 春季大会号 : 46
- 3) 武政正明、村上 斉、山崎 信 (1996)、日本家禽会誌 33 : 104-111
- 4) 米持千里、高木久雄、花積三千人、土黒定信、小出和之、伊奈孝二三、岡田 徹 (2000)、家禽会誌37 : 154-161
- 5) S. D. Boling, M. W. Dougias, M. L. Johnson, Z. Wang, C. M. Parsons, K. w. Koelkebeck, and R. A. Zimmermant (2000)、Poultry Science, 79 : 224-230
- 6) S. Punna and D. A. Roland, SR (1999)、Poultry Science78 : 1407-1411
- 7) 森本 宏 (1971)、動物栄養試験法、養賢堂 : 東京
- 8) 京都大学農学部農芸化学教室編 (1957)、京大農芸化学実験書、第2巻、産業図書 : 東京
- 9) 吉田 実 (1982)、畜産の研究36 : 27-30
- 10) 大口秀司、山本るみ子、水野健一郎 (2000)、愛知県農業総合試験場研究報告32 : 235-240
- 11) 廣田あづさ、中村秀夫、山上善久 (1999)、埼玉県畜産センター研究報告3 : 41-48
- 12) J. S. UN and I. K. PAIK (1999)、Poultry Sci78 : 75-79
- 13) 農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1997)、日本飼養標準・家禽、中央家畜会 : 東京
- 14) S. D. Boling, M. W. Dougias, R. B. Shirley, C. M. Parsons, and K. W. Koelkebeck (2000) , Poultry Science 79 : 535-538