

エキスパンダー加工飼料の給与による採卵鶏の排せつふん量低減化

徳丸洋一・岡崎好子

Reduction of Amount of Excrement on Laying Hens by Feeding of Expander Processing Fodder

Youichi TOKUMARU and Yoshiko OKAZAKI

要 約

採卵鶏ジュリア 156 羽に 21 週齢 (141 日齢) から 64 週齢 (448 日齢) までの 44 週間、エキスパンダー加工飼料 (とうもろこし、玄米、魚粉等) を 5%、10% および 15% 採卵鶏用配合飼料に代替した飼料を給与し、排せつ物量とその成分および鶏卵の生産性への効果について調査した。

1. 排せつふん量は、生ふん、乾物とも配合区で減少がみられ、10% 区と 15% 区が無添加区に対して有意に少なかった ($P < 0.01$)。
2. 排せつふん中の窒素、リン含有率には差がなく、上記の結果より、排せつ窒素とリンの総量もそれぞれ 8.2% ~ 17.6%、4.1% ~ 14.3% 減少した。
3. 飼料摂取量や飼料要求率に、有意差はみられなかった。試験終了時 (64 週齢) の体重は、配合区において減少傾向がみられ、15% 区では有意に低かった ($P < 0.05$)。
4. 産卵率は、配合の効果はみられなかった。平均卵重および産卵日量は、配合区にやや小さい傾向がみられ、平均卵重は、15% 区で有意に小さかった ($P < 0.05$)。卵質検査では、配合の影響はみられなかった。

以上のことから、エキスパンダー加工飼料を給与すると、10% 飼料配合は、産卵性能に及ぼす影響もなく、排せつふん量が生ふんで約 10%、乾物で約 13% 減少した。エキスパンダー加工飼料の利用は、排せつふん量および排せつふん中の窒素、リンを減少させ、環境負荷の軽減に寄与することが示唆された。

緒 言

飼料消化率の低い鶏の排せつ物中には窒素、リンなどが多く含まれる。そのため、土壌への過剰施用による環境への影響が懸念されている。また、鶏糞の処理は大変労力を要する作業であり、高齢化などによって労働力が減少している農家では減量化が望まれている。なお、大規模経営の養鶏においても鶏糞の処理は、大きな負担となっている。

エキスパンダー加工では、飼料原料の粒子が加工時の摩擦で、温度の上昇と強い剪断力を受ける。これにより、通常利用されない繊維が利用されやすい構造に変化する

こと、有効アミノ酸、ペプシン消化率およびでんぷんの化度が増加すること等により¹⁾、消化・吸収が改善され、排せつふん量が減少すると考えられている。また、飼料原料が 70 ~ 100 の加温と加圧を受けるため、サルモネラ等に対する殺菌効果があると言われている²⁾。豚においては、同一配合飼料の製造加工方式の違いが、増体および糞量におよぼす影響について調査した報告があり、排せつふん量はマッシュと比較して、エキスパンダー処理で約 15 ~ 30% 減少した^{3) 4)}。しかし、採卵鶏においては、エキスパンダー処理に関する報告がない。

そこで、各形態の飼料の利用と給与方法を検討することにより飼料効率の改善を図り、排せつ物による環境負荷の軽減化を進めることを目的として、エキスパンダー加工飼料を配合した飼料を採卵鶏に給与し、排せつ物量とその成分および産卵性への影響等について検討した。

平成 20 年 8 月 31 日受付

材料及び方法

1. 供試鶏

供試鶏は、5月初旬餌付けの採卵鶏(ジュリア)156羽を用いた。20週齢で、各鶏群の平均体重および産卵率がほぼ等しくなるように13羽を1群として12群に区分し、各区に3反復群ずつ割付けて64週齢まで飼養した。

2. エキスパンダー加工

飼料の原料をコンディショナー(調整室)で蒸気と混合させた後、三角錐型の装置の薄い隙間を通す加工方法である。飼料原料の粒子は、その時の摩擦で高温に上昇し、剪断力を受ける⁵⁾。

3. 試験区分

試験区の設定を表1に示した。

エキスパンダー加工飼料を無添加(無添加区)5%配合(5%区)、10%配合(10%区)および15%配合(15%区)の4区を設定した。飼料中の粗蛋白質(CP)は17.0%、代謝エネルギー(ME)は2,850kcal/kgになるように調整した。なお供試飼料の配合割合および成分組成は表2に示した。

4. 試験期間

試験期間は、21週齢から64週齢(141~448日齢)までの44週間とし、4週間を1期間とした。

5. 飼養管理

供試鶏は119日齢に開放型ケージ鶏舎に移動し、群毎に連続する間口22.5cmのケージに単飼飼養した。試験開始前の140日齢までは市販配合飼料(CP17.0%、ME2,850kcal/kg)を用い、全期間不断給与とした。点灯管理は、21週齢に明るい時間(明期)が自然日長時間と併せて14.5時間となるように朝晩点灯を行い、以

降は4週ごとに15分ずつ明期を漸増し、61週目以降は17時間になるように設定した。

ワクチン接種および衛生管理は当場の慣行に従い実施した。

6. 調査項目

(1)排せつふん量および消化率

各試験期の最終週の1日間、各群から排せつされた全ふん量を群毎に採取した。採取した生ふん量を測定後、約60℃で通風乾燥し、乾物ふん量を測定した。消化率(乾物消化率)は、次の式で求めた。

$$\text{乾物消化率} = (\text{乾物摂取量} - \text{乾物ふん量}) / \text{乾物摂取量} \times 100$$

(2)排せつふん中の窒素(全窒素)およびリン(全リン酸)の量

上記の乾ふんを微粉碎して窒素およびリンの分析用試料とした。窒素はケルダール法、リンはバナドモリブデン酸吸光光度法で分析した。

(3)飼料摂取量および飼料要求率

各期毎の飼料摂取量を群毎に調査し、1日1羽あたりの飼料摂取量および飼料要求率を算出した。

(4)体重および生存率

区分け日および各期の最終日に個体別体重を測定し、試験期間中の体重変動を調査した。

(5)産卵率、平均卵重および産卵日量

毎日の産卵状況を群毎に調査し、各期の産卵率を群毎に算出した。また、毎日の卵重を群毎に測定し、産卵率と同様に集計して平均卵重および産卵日量を算出した。

(6)卵質検査(卵殻強度・卵殻厚・HU・卵黄色など)

各期の最終週の1日間に産出された卵全てについて検査した。

表1 試験区の設定

区分	供試飼料			供試羽数
	エキスパンダー加工の飼料	CP(%)	ME(kcal/kg)	
無添加区	無添加	17.0	2,850	13羽×3反復
5%区	5%配合	17.0	2,850	13羽×3反復
10%区	10%配合	17.0	2,850	13羽×3反復
15%区	15%配合	17.0	2,850	13羽×3反復

表2 供試飼料の配合割合および成分組成(配合割合)

穀類	52%	とうもろこし、玄米、デキストリン
そうこう類	3%	米ぬか、コーングルテンフィード、ふすま
植物性油かす類	28%	大豆油かす、なたね油かす、コーングルテンミール
動物質性飼料	2%	魚粉
その他	15%	炭酸カルシウム、動物性油脂、植物性油脂、リン酸カルシウム、食塩、パプリカ抽出処理物、ケイ酸、ビタミンA D Eプレミックス、ビタミンB群プレミックス、微量ミネラルプレミックス、メチオニン、ビオチン、フィターゼ

(成分組成)

粗たんぱく質(CP)	17.0%
代謝エネルギー(ME) 2,850kcal/kg	
粗脂肪	3.0%
粗繊維	5.0%
粗灰分	14.5%
カルシウム	3.5%
リン	0.5%

徳丸ら：エキスパンダー加工飼料の給与による採卵鶏の排せつふん量低減化

結果及び考察

1. 排せつふん量および乾物消化率の成績

1日、1羽あたりの排せつ生ふん量の成績を表3に示した。

生ふん量の全期間の平均は、無添加区に比べて10%区、15%区は有意に低い値を示した ($p < 0.01$) が、5%区では差がみられなかった。期別の成績では無添加区に比べて10%区が11期中5期、15%区11期中4期で有意な差がみられ ($p < 0.01$, $p < 0.05$) 残りの期も低い値で推移する傾向にあった。しかし、5%区は無添加区よりも低い値で推移するものの全期間を通じて有意な差はみられなかった。

1日、1羽あたりの乾物ふん量の成績を表4に示した。

乾物ふん量の全期間の平均は生ふん量と同様、無添

加区に比べて10%区、15%区は有意に低い値を示した ($p < 0.01$) が、5%区では差がみられなかった。期別の成績も10%区、15%区は生ふん量と同様、無添加区に比べて10%区が11期中6期、15%区が11期中5期で有意な差がみられ ($p < 0.01$, $p < 0.05$) 残りの期も低い値で推移する傾向にあった。また、5%区は生ふん量とは異なり、11期中3期で無添加区と比べて有意に低い値を示した ($p < 0.05$)

1日、1羽あたりの乾物消化率の成績を表5に示した。

乾物消化率の全期間の平均は、各配合区が無添加区に比べて有意に高い値を示した ($p < 0.01$, $p < 0.05$) 期別の成績では5%、10%、15%区がそれぞれ11期中3期、5期、4期において、無添加区に比べて有意に高い値を示した ($p < 0.01$, $p < 0.05$)

2. 排せつふん中の窒素およびリンの含有率の成績

窒素、リンの排せつ成績を表6、7、8に示した。

表3 排せつふん量 (生ふん、g / 日 / 羽)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	84.2	112.2 ^a	113.5	107.0 ^{Aa}	123.8	101.4 ^a	111.9 ^a	97.9 ^{Aa}	114.5 ^{Aa}	84.7	87.4	103.5 ^A
5%区	81.9	103.6 ^a	110.9	99.6 ^a	122.8	94.9 ^a	111.8 ^a	94.7 ^a	104.9 ^a	81.4	86.2	99.3 ^A
10%区	77.6	91.3 ^b	102.4	93.1 ^b	115.6	88.1 ^b	104.6 ^a	78.2 ^B	98.9 ^b	82.2	91.7	93.1 ^B
15%区	83.2	98.8 ^a	109.9	85.4 ^B	115.1	90.1 ^a	99.8 ^b	83.9 ^b	96.5 ^B	69.1	91.8	93.1 ^B

注)* 異符号間に有意差あり 大文字 ($p < 0.01$) 小文字 ($p < 0.05$)

表4 排せつふん量 (乾物、g / 日 / 羽)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	21.5	25.5 ^a	28.2 ^{Aa}	27.9 ^{Aa}	28.7	26.9 ^a	27.5 ^a	23.7 ^A	26.6 ^{Aa}	21.6	19.8	25.3 ^A
5%区	21.8	23.0 ^a	26.4 ^b	26.0 ^b	28.9	24.6 ^a	27.6 ^a	23.6 ^A	22.7 ^b	20.6	19.0	24.0 ^A
10%区	20.3	20.7 ^b	24.0 ^B	23.9 ^B	27.1	22.3 ^b	25.2 ^a	18.2 ^B	21.8 ^B	18.7	18.8	21.9 ^B
15%区	20.4	22.0 ^a	25.2 ^B	24.8 ^B	26.1	23.2 ^a	23.9 ^b	18.7 ^B	20.8 ^B	18.8	19.1	22.1 ^B

注)* 異符号間に有意差あり 大文字 ($p < 0.01$) 小文字 ($p < 0.05$)

表5 乾物消化率 (%)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	77.8	74.2 ^a	74.2 ^{Aa}	74.7 ^{Aa}	74.1	76.3	75.4	78.9 ^a	75.3 ^A	78.6	80.3	76.3 ^{Aa}
5%区	77.8	77.3 ^a	75.7 ^b	76.8 ^b	74.8	78.5	75.7	78.9 ^a	79.4 ^B	79.8	81.2	77.8 ^b
10%区	79.1	78.8 ^b	77.5 ^B	78.3 ^B	75.7	80.1	76.9	83.3 ^b	79.5 ^B	79.8	81.7	79.2 ^B
15%区	78.5	76.6 ^a	76.3 ^b	77.3 ^B	76.4	79.0	78.0	82.3 ^b	79.7 ^B	81.3	81.1	78.8 ^B

注)* 異符号間に有意差あり 大文字 ($p < 0.01$) 小文字 ($p < 0.05$)

表6 ふん中窒素含有率 (%)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	5.9	6.2	6.3	6.1	6.6	6.1	6.2	6.5	6.3	6.4	6.5	6.3
5%区	5.7	6.3	5.8	6.1	6.3	5.9	6.2	5.9	6.3	6.2	6.3	6.1
10%区	5.6	6.2	5.5	5.9	5.8	6.1	6.2	5.9	6.3	6.4	6.0	6.0
15%区	5.5	6.2	6.0	6.1	5.8	6.0	5.9	6.5	6.1	6.0	5.9	6.0

表7 ふん中リン含有率 (%)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	1.98	1.95	1.98	1.85	2.01	1.95	1.98	1.98	1.93	1.91	1.92	1.95
5%区	2.00	1.98	1.98	1.93	1.99	1.92	1.98	1.96	1.95	1.94	1.93	1.96
10%区	1.95	1.94	1.96	1.95	1.95	1.96	1.92	1.89	1.88	1.90	1.93	1.93
15%区	1.96	1.95	1.94	1.93	1.94	1.93	1.89	1.90	1.86	1.89	1.91	1.92

表8 窒素およびリンの排せつ量成績 (21 ~ 64 週齢)

区分	排せつふん量		窒素		リン		
	乾物 (g / 日 / 羽)	ふん中窒素 含有率 (%)	排せつ窒素量 (g / 日 / 羽)	窒素低減率 (%)	ふん中リン 含有率 (%)	排せつリン量 (g / 日 / 羽)	リン低減率 (%)
無添加区	25.3 ± 3.4 ^A	6.3 ± 0.2	1.59 ± 0.06 ^{Aa}	-	1.95 ± 0.04	0.49 ± 0.02 ^A	-
5%区	24.0 ± 3.3 ^A	6.1 ± 0.2	1.46 ± 0.03 ^b	8.2	1.96 ± 0.03	0.47 ± 0.01 ^A	4.1
10%区	21.9 ± 3.2 ^B	6.0 ± 0.3	1.31 ± 0.03 ^B	17.6	1.93 ± 0.03	0.42 ± 0.01 ^B	14.3
15%区	22.1 ± 3.1 ^B	6.0 ± 0.2	1.33 ± 0.05 ^B	16.4	1.92 ± 0.03	0.42 ± 0.02 ^B	14.3

注)* 平均値 ± 標準偏差 ** 異符号間に有意差あり 大文字 ($p < 0.01$) 小文字 ($p < 0.05$)

表9 飼料摂取量 (g / 日 / 羽)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	96.6	98.7	109.2	110.2	110.7	113.5	111.8	112.5	107.7	101.0	100.8	106.6
5%区	98.0	101.3	108.8	111.9	114.6	114.3	113.3	111.7	109.7	101.8	101.1	107.9
10%区	97.1	97.5	106.6	110.3	111.6	111.8	109.1	108.6	106.5	92.0	102.3	104.9
15%区	94.7	93.8	106.5	109.4	110.9	110.3	108.6	105.5	102.6	100.8	100.7	104.0

表10 飼料要求率

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	1.96	1.93	1.94	1.92	1.92	1.88	1.82	1.78	1.72	1.71	1.74	1.85
5%区	1.90	1.88	1.95	1.95	1.96	1.96	1.85	1.79	1.82	1.80	1.87	1.89
10%区	1.88	1.81	1.95	1.91	1.92	1.88	1.81	1.74	1.77	1.74	1.84	1.84
15%区	1.87	1.93	1.95	1.92	1.89	1.87	1.83	1.78	1.76	1.74	1.79	1.85

窒素含有率は全期間を通じ、配合による大きな差はみられなかった。しかし、それぞれの区における乾物ふん量から窒素の含有量を算出すると、無添加区を100とした場合5%、10%、15%区はそれぞれ91.8、82.4、83.6となり、排せつ窒素量の明らかな低減が各配合区ともみられた (p < 0.01、p < 0.05)。

リン含有率も全期間を通じ、配合による差はみられなかった。しかし、それぞれの区における乾物ふん量からリンの含有量を算出すると、無添加区を100とした場合5%、10%、15%区はそれぞれ95.9、85.7、85.7となり、10%区、15%区では排せつリン量の明らかな低減がみられた (p < 0.01)。

3. 飼料摂取量および飼料要求率の成績

1日、1羽あたりの飼料摂取量、飼料要求率の成績を表9、10に示した。

飼料摂取量は全期間を通じ、配合による有意な差はみられなかったが、10%区、15%区が他の区と比べて低い値を示す傾向にあった。

飼料要求率も全期間を通じ、配合による差はみられなかった。

4. 体重および生存率の成績

期別の平均体重を表11に示した。

体重の全期間の平均は、配合量が増すにつれて減少する傾向があり、15%区では他の3区より有意に低い値を示した (p < 0.05)。期別の成績では、無添加区に比べて10%区が11期中3期、15%区が11期中8期で有意な差がみられた (p < 0.01、p < 0.05)。

表11 平均体重 (g)

週齢	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	全期
無添加区	1,400	1,545 ^a	1,536	1,646 ^{Aa}	1,703 ^A	1,688	1,728 ^{Aa}	1,760 ^a	1,802 ^a	1,797 ^a	1,791 ^a	1,768 ^a	1,680 ^a
5%区	1,397	1,532 ^a	1,557	1,643 ^a	1,688 ^A	1,695	1,729 ^a	1,761 ^a	1,782 ^a	1,789 ^a	1,777 ^a	1,757 ^a	1,676 ^a
10%区	1,399	1,505 ^a	1,543	1,605 ^b	1,647 ^A	1,659	1,683 ^b	1,714 ^a	1,746 ^a	1,746 ^a	1,665 ^b	1,729 ^a	1,637 ^a
15%区	1,397	1,494 ^b	1,497	1,586 ^B	1,603 ^B	1,634	1,647 ^B	1,687 ^b	1,725 ^b	1,713 ^b	1,737 ^a	1,722 ^b	1,620 ^b

注) * 異符号間に有意差あり 大文字 (p < 0.01)、小文字 (p < 0.05)

表12 飼料、排せつふん量および体重成績 (21 ~ 64 週齢)

区分	飼料摂取量 (g / 日 / 羽)	飼料要求率	体重			生存率 (%)	排せつふん量		
			20 週齢体重 (g)	64 週齢体重 (g)	増体量 (g)		生ふん (g / 日 / 羽)	乾物 (g / 日 / 羽)	乾物消化率 (%)
無添加区	106.6 ± 6.1	1.85 ± 0.11	1,400 ± 130	1,768 ± 180 ^a	368	97.4	103.5 ± 15.2 ^A	25.3 ± 3.4 ^A	76.3 ± 2.7 ^{Aa}
5%区	107.9 ± 6.2	1.89 ± 0.09	1,397 ± 132	1,757 ± 186 ^a	360	97.4	99.3 ± 14.1 ^A	24.0 ± 3.3 ^A	77.8 ± 2.4 ^b
10%区	104.9 ± 6.8	1.84 ± 0.09	1,399 ± 137	1,729 ± 162 ^a	330	94.9	93.1 ± 13.5 ^B	21.9 ± 3.2 ^B	79.2 ± 2.4 ^b
15%区	104.0 ± 6.6	1.85 ± 0.08	1,397 ± 134	1,722 ± 190 ^b	325	94.9	93.1 ± 13.7 ^B	22.1 ± 3.1 ^B	78.8 ± 2.5 ^B

注) * 平均値 ± 標準偏差 ** 異符号間に有意差あり 大文字 (p < 0.01)、小文字 (p < 0.05)

体重の変動、生存率の成績を表12に示した。

試験開始時から終了時までの増体量は、配合量が増すにつれて減少した。有意な差はみられなかった。また、試験期間中の死亡数は、無添加区、5%区が39羽中1羽、10%区、15%区が39羽中2羽で生存率にも配合による差はみられなかった。健康状態にも異常は観察されなかった。

5. 産卵および卵質検査成績

産卵および卵質検査成績を表13、14に示した。

産卵率は全期間を通じ、配合による有意な差はみられなかったが、10%区、15%区が他の区と比べてやや低い値を示す傾向にあった。

全期間の平均卵重は、無添加区に比べて5%区、10%区ではやや小さい傾向にあったが、15%区では有意に小さい値になった (p < 0.05)。

産卵日量の全期間の平均は、配合量が増すにつれて減少する傾向があったが、有意な差はみられなかった。

卵質検査の成績は、全期間の平均において各区に差はみられなかった。

今回、エキスパンダー加工飼料を5%、10%、15%飼料に配合したところ、10%および15%配合区において、排せつふん量、排せつふん中の窒素、リン含有量が明らかに低減した。

鶏卵の生産性に及ぼす影響は、5%および10%配合区ではみられなかったが、15%配合区では若干の低下がみられた。

これらのことにより、エキスパンダー加工飼料の配

徳丸ら：エキスパンダー加工飼料の給与による採卵鶏の排せつふん量低減化

表 13 産卵率 (%)

週齢	21 ~ 24	25 ~ 28	29 ~ 32	33 ~ 36	37 ~ 40	41 ~ 44	45 ~ 48	49 ~ 52	53 ~ 56	57 ~ 60	61 ~ 64	全期
無添加区	86.4	86.3	90.7	90.7	90.4	93.3	93.8	95.7	94.4	90.4	89.5	91.1
5%区	93.1	91.8	91.7	91.9	92.6	92.2	95.1	95.8	93.3	88.0	84.9	91.9
10%区	91.0	91.2	89.2	91.8	91.3	92.6	93.2	95.3	92.2	82.0	86.4	90.6
15%区	90.9	83.3	90.0	91.7	93.0	92.1	93.1	92.3	90.6	90.9	88.8	90.6

表 14 産卵成績 (21 ~ 64 週齢)

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g / 個)	産卵日量 (g / 日 / 羽)	ハウユニット	卵殻強度 (kg / cm ²)	卵殻厚 (mm)	卵黄色
無添加区	91.1 ± 4.1	63.5 ± 3.0 ^a	57.9 ± 4.6	90.7 ± 4.7	4.1 ± 0.4	0.37 ± 0.02	10.2 ± 0.6
5%区	91.9 ± 4.3	62.4 ± 3.0 ^a	57.3 ± 3.7	90.9 ± 4.9	4.0 ± 0.4	0.37 ± 0.02	10.2 ± 0.6
10%区	90.6 ± 4.7	62.9 ± 2.8 ^a	57.0 ± 3.9	92.0 ± 4.5	3.9 ± 0.4	0.36 ± 0.02	10.1 ± 0.6
15%区	90.6 ± 3.2	62.1 ± 2.8 ^b	56.3 ± 3.7	92.2 ± 3.9	4.1 ± 0.4	0.37 ± 0.01	9.9 ± 0.5

注) * 平均値 ± 標準偏差 ** 異符号間に有意差あり (p<0.05)

合は 10% が適当と思われた。エキスパンダー加工飼料の利用は、環境負荷の軽減化を進めることに寄与すると考えられる。

引用文献

- 1) 宮本紀子・小倉幸二・倉重昭昌・東郷佳代子 (1992) 全農中研研究レポート 第 21 号、31-34
- 2) 長友雄飛・倉重昭昌・桜井勝枝・宮本紀子・米倉浩司 (1992) 全農中研研究レポート 第 21 号、56-65
- 3) 押田敏雄 (1997) 養豚界 32 - 3 (通巻 381 号) 85 - 90
- 4) 押田敏雄 (1996) 養豚の友 通巻 330 号、51 - 60
- 5) R.S.Beyer (2001) Feedstuffs 第 73 巻 第 6 号、11 - 18