

ペクチン・キシログルカン分解酵素およびアラビノキシラン等分解酵素が採卵鶏飼料の利用効率に及ぼす効果

伊藤香葉・本多芙友子^{*1}・岡田浩子^{*1}・高橋圭二^{*2}

Effects of Pectin·Xyloglucan, Arabinosyran and Indigestible-starch Degrading Enzyme Agents on the Utilization Efficiency of Feed in Laying Hens

Ito Kayo, Honda Fuyuko^{*1}, Okada Hiroko^{*1} and Takahashi Keiji^{*2}

要 約

採卵鶏飼料への酵素剤添加による栄養利用効率向上について、ジュリアとポリスブラウンの2銘柄を用いて検証した。

対照区よりも割合として粗蛋白質を2.9%、代謝エネルギーを3.0%減じた低蛋白低エネルギー飼料でも、アラビノキシランおよび難消化性デンプン分解酵素剤2種類をそれぞれ0.05%、0.015%添加することで、飼料摂取量の増加を招くことなく対照区と同等の産卵成績と卵質成績が得られた。それにより、飼料価格が上昇した場合でも飼料費の低減が図られることが示唆された。

一方対照区よりも割合として粗蛋白質を1.7%、代謝エネルギーを3.0%減じた低蛋白低エネルギー飼料に、ペクチン・キシログルカン分解酵素剤を0.02%添加した場合は、卵質成績への影響は認められなかったが、飼料摂取量が対照区より有意に増加し、飼料要求率が劣る傾向にあった。しかし、栄養水準を抑えたことで飼料単価が安くなり、飼料費低減が図られることが示唆された。

緒 言

養鶏用飼料において、栄養素の利用効率を高める目的で様々な酵素剤が利用されており、筆者らは飼料原料の効率的な活用と飼料費の節減を目的として、低栄養飼料に酵素剤を添加して給与試験を実施してきた。

伊藤と脇（2017）は、非デンプン性多糖類（NSP）分解酵素剤G2を低エネルギー飼料に単独で添加することで飼料摂取量の増加を招くことなく対照区と同等の産卵性および卵質成績が得られ飼料費削減が期待できることを報告した。さらに、伊藤ら（2018）は、難消化性デンプン分解酵素Aを低エネルギー飼料に単独で添加すると飼料摂取量の増加を招くことなく対照区と同等の産卵性および卵質成績が得られ飼料費削減が期待できるとしたが、G2、Aおよびペクチン・キシログルカン分解酵素VPの3種類の酵素剤混合物の給与については期待した効果は得られず、エネルギーの利用効率改善効果も認められなかったことを報告した。

また、斎藤と山口（2001）、村野と青木（2007）の報告にあるように、フィターゼや繊維分解酵素等様々な酵素剤を用いた試験が行われてきたが、我々の研究とフィターゼに関するもの以外に、日本での採卵鶏における酵素剤の利用に関するものは、雛での一色と中広（1983）の報告以外に見当たらないが、海外ではアラビノキシラン分解酵素やNSP分解酵素を中心に、Lazaroら（2003）、Mirzaieら（2012）、Torikiら（2014）等数多くの研究報告がある。

酵素剤については飼料効率の向上効果だけでなく、近年使用規制が進んでいる抗生物質の代替品として、有機酸、生菌剤とともにその有用性への注目度が高まってきている（畜産生物科学安全研究所2005）。

今回はこれまでの試験で他の酵素剤と組み合わせるその効果を検証してきた酵素剤VP単独での給与と、VP以外に粗蛋白質と代謝エネルギーの利用効率を高める目的で新たに酵素剤2種類を組み合わせさせた飼料を採卵鶏に給与し、産卵性や卵質に及ぼす影響について検証したので報告する。

令和元年8月31日受付

^{*1} 現千葉県中央家畜保健衛生所

^{*2} 元千葉県畜産総合研究センター

材料および方法

1. 酵素剤

試験に用いた酵素剤は、市販の酵素剤でペクチン・キシログルカン分解酵素「VP」、アラビノキシラン分解酵素「AVI」および難消化性デンプン分解酵素「P」である。

2. 供試鶏、飼養方法

141日齢の白玉卵産出鶏ジュリア208羽および赤玉卵産出鶏ボリスブラウン208羽を用いた。これらの鶏は開放鶏舎に単飼飼養し、不断給餌、自由飲水とした。

3. 試験区分

一般的な採卵鶏用飼料と同様の粗蛋白質 (CP) 17.2%、代謝エネルギー (ME) 2,850Kcal/kgの栄養水準とした飼料給与の対照区、一般的な採卵鶏用飼料より

も割合として粗蛋白質 (CP) を1.7%、代謝エネルギー (ME) を3.0%減じた飼料に酵素剤VPを添加した飼料給与のVP区、一般的な採卵鶏用飼料よりもCPを割合として2.9%、MEを3.0%減じた飼料に酵素剤AVIとPを添加した飼料給与のAVIP区、VP区と同様の栄養水準のCP16.9%、ME2,765Kcal/kgの飼料に酵素剤を添加しない低栄養区の計4区とした。ジュリアとボリスブラウンの両銘柄について、それぞれ4処理区を設定し、各区13羽4反復の計52羽/区を配置した。

4. 供試飼料

配合割合は表1に示したとおりであり、酵素剤の添加量はVPが0.02%、AVIが0.05%、Pが0.015%とした。CP、アミノ酸、ME含量については、酵素剤製造会社が想定する飼料原料に対する各酵素の利用率向上効果の期待値を基に、その他の養分要求量を満たすよう設計した (農業・食品産業技術総合研究機構2011)。

表1 飼料の配合割合

原料名\試験区分	対照区	VP区	AVIP区	低栄養区
とうもろこし	58.80	58.80	58.76	58.80
大豆粕ミール	12.01	13.36	12.34	13.36
ツブ炭酸カルシウム	8.42	9.62	9.53	9.62
なたね油粕	5.00	5.00	5.00	5.00
コーングルテンミール	5.00	4.28	3.94	4.30
脱脂糠	5.00	5.00	5.01	5.00
イエローグリース	2.69	1.45	2.02	1.45
60%魚粉	2.20	1.20	2.20	1.20
第2リン酸カルシウム	0.43	0.54	0.43	0.54
食塩	0.26	0.49	0.47	0.49
DL-メチオニン	0.02	0.03	0.03	0.03
ビタミン・ミネラルプレミックス ¹⁾	0.09	0.09	0.09	0.09
パプリカ抽出物 ²⁾	0.07	0.11	0.13	0.11
フィターゼ ³⁾	0.01	0.01	0.01	0.01
酵素VP	-	0.02	-	-
酵素AVI	-	-	0.05	-
酵素P	-	-	0.015	-
計	100	100	100	100
CP (%)	17.2	16.9	16.7	16.9
ME (kcal/kg)	2,850	2,765	2,765	2,765
価格 (円/t)	39,847	38,297	39,201	38,116

1) ビタミン・ミネラルプレミックス1kg当りの含有量は以下の通り: ビタミンA:1600万IU/kg、ビタミンD3:400万IU/kg、酢酸dl- α -トコフェロール:10g、メナジオン亜硫酸水素ナトリウム:2.85g、塩酸チアミン:1.4g、リボフラビン:12g、D-パントテン酸カルシウム:16g、ニコチン酸:50g、塩酸ピリドキシン:2g、シアノコバラミン:40mg、d-ビオチン:100mg、葉酸:500mg、硫酸鉄:60g、硫酸銅:12g、硫酸亜鉛:70g、硫酸マンガン:60g、ヨウ素酸カルシウム:1.2g

2) パプリカ抽出物はキサントフィル5g以上/kgを含む。

3) フィターゼは、5,000フィチン酸分解力単位/g以上のものを用いた。

5. 試験期間

141日齢から28日間を1期間として、ジュリアは7期まで、ボリスブラウンは11期まで調査した。調査は2015年9月25日から開始し、ジュリアは2016年4月7日までの196日間、ボリスブラウンは2016年7月28日までの308日間行った。

6. 調査項目

(1) 産卵性

産卵個数と卵重は毎日測定し、期ごとに産卵率、平均卵重、産卵日量を調査した。また、飼料摂取量は各期の最終日に残飼量を測定し、期ごとに1羽当たりの飼料摂取量と飼料要求率を算出した。

(2) 卵質

卵質は各期の最終週の1日に産出されたすべての卵 (破卵は除く) について産卵翌日に検査した。検査項目は卵重、卵殻強度、卵殻厚、濃厚卵白高、ハ

ウユニット、卵黄色とした。卵殻厚は卵殻厚さ計（富士平工業（株））により測定し、その他の項目については卵質測定装置（（株）ナベルDET-6000）により測定した。

(3) 体重の推移

50%産卵時、200日齢、250日齢、300日齢に体重を全羽測定し、各区の平均値を算出した。ボリスブラウンは、加えて350日齢、400日齢にも測定した。

(4) 糞水分含量および乾物重量

調査に用いた鶏は各区から3羽ずつ任意に選び3反復とし、偶数期の任意に指定した1日間に排泄された全糞量を採取し重量測定後、60℃ 48時間乾燥して乾物重量を求め、水分含量を算出した。

(5) 飼料費

試験を行った2015年の当センターの飼料原料購入単価を基に、各試験区の飼料摂取量から全期間の飼料費を算出した。

(6) 統計処理

一元配置分散分析法による有意差検定を実施し、差のみられた項目については最小有意差法による多重検定を実施した（吉田と阿部1982）。

で他の区より低くなる傾向を示したが、水準としては92.2%と良好であった。酵素添加2区は対照区と同等の値であった。

(2) 平均卵重

試験区間に有意差は認められず、ジュリアでは59.8～60.3gで、各区とも同等の値を示した。

ボリスブラウンでも61.9～62.7gで、ほぼ同等の値を示した。

(3) 産卵日量

試験区間に有意差は認められなかったが、ジュリアでは産卵率と同様に、酵素剤を添加した2区で高くなる傾向がみられた。低栄養区は53.5gで他の区より低い傾向であった。

ボリスブラウンでは57.6～58.7gで各区とも同等の値を示した。

(4) 飼料摂取量

ジュリアではVP区が117.2gで、対照区の114.0gおよび低栄養区の114.6gより有意に多い値を示した（ $P<0.05$ ）。VP区はAVIP区より高い値だが、有意差は認められなかった。

ボリスブラウンでもVP区は123.6gで、対照区120.3gとAVIP区118.6gに比べて有意に多い値を示した（ $P<0.01$ ）。低栄養区123.5gでも同様に対照区およびAVIP区よりも有意に多い値を示した（ $P<0.01$ ）。

両銘柄ともに、対照区とAVIP区との間に有意差は認められなかった。

(5) 飼料要求率

ジュリアでは、有意差は認められなかったが、低栄養区が2.14と、他の3区の2.08～2.09に比べて高くなる傾向がみられた。

ボリスブラウンでは、有意差は認められなかったが、対照区とAVIP区の2.05～2.06に比べてVP区と低栄養区が2.13～2.14で高くなる傾向がみられた。

結 果

1. 産卵成績

全期間の平均産卵成績を表2（ジュリア）、表3（ボリスブラウン）に示した。

(1) 産卵率

試験区間に有意差は認められなかったが、ジュリアでは、対照区の91.0%に対して、VP区93.0%、AVIP区92.6%となり、酵素剤添加区で高くなる傾向を示した。また、低栄養区では89.4%と他の区より低くなる傾向が見られた。

ボリスブラウンでは、ジュリアと同様に低栄養区

表2 全期間の平均産卵成績（ジュリア）

区	産卵率 (%)	平均卵重 (g/個)	産卵日量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽/日)	飼料要求率
対照	91.0 ± 1.9	60.3 ± 0.3	54.9 ± 1.4	114.0 ± 0.2 ^b	2.08 ± 0.05
VP	93.0 ± 4.9	60.3 ± 1.1	56.1 ± 2.2	117.2 ± 1.6 ^a	2.09 ± 0.11
AVIP	92.6 ± 3.0	60.3 ± 0.8	55.8 ± 2.5	115.9 ± 1.9 ^{ab}	2.08 ± 0.06
低栄養	89.4 ± 1.6	59.8 ± 0.5	53.5 ± 1.1	114.6 ± 0.3 ^b	2.14 ± 0.04

平均値 ± 標準偏差
異符号間に有意差あり（ $P<0.05$ ）

表3 全期間の平均産卵成績（ボリスブラウン）

区	産卵率 (%)	平均卵重 (g/個)	産卵日量 (g/羽)	飼料摂取量 (g/羽/日)	飼料要求率
対照	94.1 ± 1.0	62.4 ± 0.6	58.7 ± 0.8	120.3 ± 1.7 ^B	2.05 ± 0.05
VP	93.4 ± 1.9	62.3 ± 0.4	58.1 ± 1.0	123.6 ± 1.0 ^A	2.13 ± 0.03
AVIP	93.1 ± 2.1	61.9 ± 0.3	57.6 ± 1.4	118.6 ± 2.0 ^B	2.06 ± 0.06
低栄養	92.2 ± 0.6	62.7 ± 1.2	57.8 ± 0.9	123.5 ± 1.1 ^A	2.14 ± 0.02

平均値 ± 標準偏差
異符号間に有意差あり（ $P<0.01$ ）

2. 卵質成績

全期間の平均卵質を表4 (ジュリア) と表5 (ボリスブラウン) に示した。

(1) 卵重

ジュリアで60.9 ~ 61.6g、ボリスブラウンで62.4 ~ 63.4gで、両銘柄とも試験区間に有意差は認められなかった。

(2) 卵殻強度

ジュリアで3.7 ~ 3.9kg/cm²、ボリスブラウンで3.6 ~ 3.7kg/cm²で、両銘柄とも試験区間に有意差は認められなかった。

(3) 卵殻厚

ジュリアで0.353 ~ 0.363mmボリスブラウンで0.353 ~ 0.361mmで、両銘柄とも試験区間に有意差は認められなかった。

(4) ハウユニット

両銘柄とも、90以上の良好な値を示し、試験区間に有意差は認められなかった。

(5) 卵黄色

ジュリアで9.9 ~ 10.7、ボリスブラウンで10.4 ~ 11.2で、両銘柄とも試験区間に有意差は認められなかった。

3. 体重の推移

ジュリアの50%産卵時、200日齢、250日齢、300日齢の体重を表6、ボリスブラウンの50%産卵時、200日齢、250日齢、300日齢、350日齢、400日齢の体重を表7に示した。どちらの銘柄も、すべての日齢において有意差は認められなかったが、ジュリアでは低栄養区で低めに推移する傾向がみられた。

ボリスブラウンでは、VP区で300日齢より体重の減少がみられた。低栄養区には、飼料摂取量の増加による体重の増加や低栄養による減少は認められなかった。

表4 全期間の平均卵質成績 (ジュリア)

区	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm ²)	卵殻厚 (mm)	ハウユニット	卵黄色
対照	61.3 ± 3.6	3.8 ± 0.21	0.354 ± 0.007	93.3 ± 1.6	10.0 ± 1.1
VP	61.4 ± 3.6	3.9 ± 0.23	0.363 ± 0.011	91.9 ± 1.8	10.7 ± 1.0
AVIP	61.6 ± 3.7	3.7 ± 0.24	0.353 ± 0.009	92.3 ± 2.0	10.0 ± 0.92
低栄養	60.9 ± 3.7	3.8 ± 0.30	0.360 ± 0.007	90.6 ± 1.7	9.9 ± 0.98

平均値 ± 標準偏差

表5 全期間の平均卵質成績 (ボリスブラウン)

区	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm ²)	卵殻厚 (mm)	ハウユニット	卵黄色
対照	62.8 ± 2.5	3.6 ± 0.4	0.353 ± 0.008	90.9 ± 3.8	10.4 ± 1.0
VP	62.7 ± 2.6	3.6 ± 0.38	0.356 ± 0.008	91.9 ± 3.9	11.2 ± 0.84
AVIP	62.4 ± 2.6	3.6 ± 0.4	0.356 ± 0.009	90.7 ± 4.9	10.5 ± 0.75
低栄養	63.4 ± 2.6	3.7 ± 0.34	0.361 ± 0.006	90.5 ± 4.1	10.4 ± 0.75

平均値 ± 標準偏差

表6 体重の推移 (ジュリア)

区	50%産卵時	200日齢	250日齢	300日齢	(g)
対照	1504.2 ± 113.8	1614.6 ± 142.6	1698.7 ± 178.0	1743.7 ± 182.5	
VP	1501.7 ± 111.2	1652.1 ± 130.0	1685.8 ± 164.4	1756.7 ± 137.3	
AVIP	1487.7 ± 114.2	1593.7 ± 188.3	1663.3 ± 158.5	1717.5 ± 156.0	
低栄養	1462.9 ± 119.3	1610.4 ± 112.7	1624.4 ± 124.2	1695.4 ± 130.8	

平均値 ± 標準偏差

表7 体重の推移 (ボリスブラウン)

区	50%産卵時	200日齢	250日齢	300日齢	350日齢	400日齢	(g)
対照	1857.9 ± 110.8	2210.8 ± 197.6	2325.2 ± 200.8	2354.2 ± 212.3	2392.9 ± 214.3	2376.3 ± 260.5	
VP	1863.5 ± 133.9	2173.1 ± 176.1	2330.0 ± 156.6	2313.3 ± 193.3	2258.8 ± 348.4	2270.0 ± 365.9	
AVIP	1863.5 ± 122.2	2219.2 ± 173.1	2332.5 ± 169.9	2360.8 ± 179.8	2349.2 ± 178.9	2356.2 ± 214.1	
低栄養	1868.3 ± 97.9	2204.0 ± 155.9	2315.2 ± 171.8	2386.5 ± 150.4	2371.5 ± 157.0	2349.2 ± 220.0	

平均値 ± 標準偏差

4. 糞水分含量および乾物量

糞水分含量および1羽当たりの乾物重量を表8(ジュリア)、表9(ボリスブラウン)に示した。両銘柄とも試験区間に有意差は認められなかったが、VP区において水分含量が高く、1羽当たりの乾物重量が多くなる傾向がみられた。

表8 全期間の平均糞水分含量・乾物量(ジュリア)

区	水分含量 (%)	乾物量 (g/羽/日)
対照	74.1±2.0	28.4±3.3
VP	76.8±0.8	30.3±0.9
AVIP	74.0±1.7	26.1±4.1
低栄養	73.8±2.6	28.7±3.1

平均値±標準偏差
2、4、6期に測定

表9 全期間の平均糞水分含量・乾物量(ボリスブラウン)

区	水分含量 (%)	乾物量 (g/羽/日)
対照	75.1±3.1	27.4±5.6
VP	76.6±3.0	29.5±3.6
AVIP	74.5±2.6	26.2±3.0
低栄養	74.5±3.8	26.5±3.6

平均値±標準偏差
2、4、6、8、10期に測定

5. 飼料費

試験に用いた各飼料の単価は対照区39,847円/t、VP区38,297円/t、AVIP区39,201円/t、低栄養区38,116円/tとなった。この飼料単価と試験期間中の飼料摂取量から飼料費を算出し、表10(ジュリア)および表11(ボリスブラウン)に示した。

1羽当たりの飼料費は、両銘柄ともに低栄養区が最も安価であった。

表10 飼料費(ジュリア)

区	飼料摂取量		飼料費 (円/羽)
	(g/羽/日)	(kg/羽)	
対照	114.0	22.3	890
VP	117.2	23.0	880
AVIP	115.9	22.7	891
低栄養	114.6	22.5	856

表11 飼料費(ボリスブラウン)

区	飼料摂取量		飼料費 (円/羽)
	(g/羽/日)	(kg/羽)	
対照	120.3	37.1	1,476
VP	123.6	38.1	1,458
AVIP	118.6	36.5	1,432
低栄養	121.1	37.3	1,422

考 察

酵素剤VPは、植物の細胞壁中のペクチンやキシログルカンの分解を促進し、飼料中の粗蛋白質およびエネルギー利用効率を向上させることを期待して、対照区よりも割合として粗蛋白質を1.7%、代謝エネルギーを3.0%減じた低蛋白低エネルギー飼料に、0.02%添加した。また、酵素剤AVIおよびPは、とうもろこし等のイネ科植物のヘミセルロースの主成分であるアラビノキシラン(石井1985)や難消化性デンプンの分解を促進し、VPよりさらなる粗蛋白質の利用効率を向上させることを期待して、対照区よりも割合として粗蛋白質を2.9%、代謝エネルギーを3.0%減じた低蛋白低エネルギー飼料に、AVI0.05%、P0.015%それぞれ添加した。ジュリア、ボリスブラウンの2銘柄について給与試験を行った。

VP区では、いずれの銘柄においても産卵率、平均卵重、産卵日量に対照区との間に有意差は認められず、飼料摂取量は対照区に比べ有意に高かった。また、ボリスブラウンの飼料要求率は低栄養区と同様に対照区より劣る傾向であった。これらのことからVP区では、期待したほどの利用効率の改善がみられなかったものと推察された。また、飼料費については単価が安いため両銘柄とも対照区よりも低く抑えられ、飼料費削減の可能性が示された。

一方、AVIP区では、いずれの銘柄においても、産卵成績における全ての調査項目、卵質成績における全ての調査項目で対照区との間に有意差はみられなかった。このことからAVIPの添加は低エネルギーによる飼料摂取量の増加を招くことなく、産卵成績、卵質成績を維持することができると考えられた。また飼料費についても、AVIP区ではジュリアにおいては対照区と同等、ボリスブラウンにおいては対照区よりも低く抑えられ、飼料費削減の可能性が示された。

今回の試験で使用した原料のうち、酵素剤製造会社が想定する栄養素の利用向上割合が示されているのはとうもろこし、大豆粕ミール、とうもろこし蒸留粕、コーングルテンミール、なたね油粕で、ごく一部に限られる。様々な原料が配合飼料に利用され需給関係で変動も想定される中、酵素剤の更なる有効利用のために、それぞれの原料に対する栄養素の利用効率向上効果を検証していくことが今後必要であると考えられる。

引 用 文 献

(財)畜産生物科学安全研究所、2005、抗菌剤非依存型畜産のガイドライン:1-15
石井茂孝、1985、細胞壁とその溶解酵素、日本醸造協会誌80(3):154-161
伊藤香葉・本多美友子・岡田浩子・高橋圭二、2018、3種類の酵素剤が採卵鶏飼料の利用効率に及ぼす効果、千葉

- 畜七研報18:7-14
- 伊藤香葉・脇雅之、2017、採卵鶏飼料への非デンプン性多糖類分解酵素とペクチン・キシログルカン分解酵素の添加効果、千葉畜七研報17:25-32
- 一色泰・中広義雄、1983、ペクチナーゼ、キシラナーゼおよびセルラーゼの添加給与による鶏ひなの飼料利用性向上、日本家禽学会誌20(4):237-243
- Lazaro R, Garcia M, Aranibar MJ and Mateos GG、2003、Effect of enzyme addition to wheat,barley and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens、British Poultry Science44:256-265
- Mirzaie S, Zaghari M, Aminzadeh M and Mateos GG、2012、Effects of wheat inclusion and xylanase supplementation of the diet on productive performance, nutrient retention, and endogenous intestinal enzyme activity of laying hens、Poultry Science91:413-425
- 村野多可・青木大輔、2007、2種類の飼料添加物と2種類の混合飼料添加給与が採卵鶏の卵殻質に及ぼす影響、千葉畜七研報7:23-30
- (独)農業・食品産業技術総合研究機構編、2011、日本飼養標準・家禽(2011年版)、中央畜産会:12-15
- 斎藤健一・山口岑雄、2001、産卵鶏飼料へのフィターゼの適正添加水準、千葉畜七研報1:19-24
- Torki M, Zangiabadi H and Ghasemi HA、2014、Effect of Enzyme Supplementation on Productive Performance and Egg Quality of Laying Hens fed Diets Containing Graded Levels of Date Waste、Poultry Science Journal2014, 2(2):139-151
- 吉田実・阿部猛夫、1982、畜産における統計的方法、中央畜産会:26-137