

## 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

伊藤香葉・脇 雅之\*

Effects of Nonstarch Polysaccharide Decomposing Enzyme and Pectin  
Xyloglucan Decomposing Enzyme Added to Compound Feed in Laying Hens

Kayo ITO and Masayuki WAKI \*

### 要 約

鶏が利用しにくい成分を分解する酵素剤を配合飼料に添加することで、採卵鶏の産卵性と卵質成績に与える影響と、飼料費低減の可能性について検証した。飼料に非デンプン性多糖類分解酵素を0.01%添加することによって、代謝エネルギーを対照区よりも4.4%低くした低エネルギー飼料でも、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、飼料費の低減が図られることが示唆された。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混合利用では、飼料摂取量が増加したため添加効果は認められなかった。消化試験においては、基礎飼料に酵素剤を添加することにより、エネルギーの代謝率が基礎飼料よりも8.2%上昇し、有意に高い値を示した( $P<0.05$ )。

### 緒 言

養鶏用飼料の主原料であるトウモロコシ、大豆粕のみならず副原料である魚粉についても価格が高騰し、今後も配合飼料価格の高止まりが懸念されている。そのような中、飼料中のリンの利用効率を高める酵素であるフィターゼが養鶏用配合飼料に広く利用されるようになり(池田ら2005、JalalとScheideler2001)、その他にも栄養素の利用効率を高める目的で、様々な酵素剤が市販されている(早川2013)。これら酵素剤の利用方法としては、給与飼料に上乘せする方法と、栄養素の利用効率向上を見込んで低栄養飼料に添加する方法が挙げられる。生産性向上のためには上乘せによる給与、飼料費の低減を図るには安価な低栄養飼料に添加する給与が有効であると考えられる。

飼料原料のうち、蛋白質やエネルギー源となる原料は比較的高価なため、これらの飼料原料の効率的な活用と飼料費の節減を目的として、低蛋白・低エネルギー飼料にその利用率向上が期待される非デンプン性多糖類分解酵素剤およびペクチン・キシログルカン分解酵素剤を添加して採卵鶏に給与し、産卵性や卵質等に及ぼす影響を調査した。

また、キシラナーゼおよび $\beta$ -グルカナーゼ等の添加により飼料の利用効率の改善が報告されており(一色と中広1983、Lazaroら2003、Marronら2001、Mathlouthiら2002、Mathlouthiら2003)、その要因としては小腸の絨毛の表面積の増加等により栄養素の吸収能力が高まるためとの報告がある(畜産生物化学安全研究所2005)。そこで消化試験により酵素剤が飼料のエネルギー利用効率に及ぼす影響を調査し、酵素剤の効果を検証した。

### 材料および方法

#### 1. 給与試験

##### (1) 酵素剤

D社製の酵素剤で、非デンプン性多糖類(NSP)分解酵素である「G2」と、ペクチンおよびキシログルカン分解酵素である「VP」を用いた。

##### (2) 供試鶏

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、448日齢まで調査を実施した。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栄養水準とした「対照区」、一般的な採卵鶏用飼料よりも代謝エネルギー(ME)を95.6%に減じた飼料に酵素剤「G2」を

\* 現千葉県君津農業事務所

添加した「G区」、一般的な採卵鶏用飼料よりも粗蛋白質(CP)を97.7%に、MEを91.7%に減じたうえ酵素剤「VP」と「G2」を添加した「VG区」、「VG区」

の飼料から酵素剤のみを除いた「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、各区13羽4反復の計52羽/区を配置した。

表1 飼料の配合割合 (%)

原料名\試験区分	対照区	G区	VG区	低栄養区
二種混合飼料	50.50	53.00	53.30	53.30
大豆粕ミール	5.60	7.00	11.40	11.40
なたね粕	10.00	10.00	9.70	9.70
コーングルテンフィード	2.00	-	-	-
DDGS	8.10	10.00	10.00	10.00
粒炭酸カルシウム	9.44	9.62	10.23	10.26
コーングルテンミール	5.06	4.20	-	-
脱脂米糠	3.00	3.00	3.00	3.00
イエローグリース	4.27	1.56	0.70	0.70
60%魚粉	0.99	0.94	0.93	0.93
第2リン酸カルシウム	0.57	0.11	0.06	0.06
食塩	0.23	0.23	0.23	0.23
メチオニン	-	-	0.018	0.018
リジン	0.019	-	-	-
プレミックス	0.329	0.329	0.329	0.329
酵素G2	-	0.010	0.010	-
酵素VP	-	-	0.020	-
計	100	100	100	100
CP(%)	17.3	17.3	16.9	16.9
ME(Kcal/kg)	2851	2725	2615	2615
価格(円/t)	42,847	41,089	40,708	40,250

(4) 供試飼料

配合割合は表1に示したとおりであり、いずれの区分も酵素剤の添加量は「G2」が0.01%、「VP」が0.02%とした。CP、アミノ酸、ME含量については、酵素剤製造会社が考える飼料原料に対する各酵素による代謝率の向上割合の期待値を基に、その他の養分要求量を満たすよう設計した(農研機構編2011)。

(5) 試験期間

141日齢から28日間を1期間として、11期まで調査した。調査は2013年9月27日から2014年7月31日まで行った。

(6) 調査項目

ア. 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。

イ. 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。卵重、卵殻強度、

濃厚卵白高、ハウユニットと卵黄色は卵質測定装置((株)ナベルDET-6000)により測定し、卵殻厚は卵殻厚さ計(富士平工業(株))により測定した。

ウ. 糞水分含量および乾物量

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、奇数期の最終週の1日間に排泄された全糞量を採取し重量測定後、60℃48時間乾燥して乾物量を求め、水分含量を算出した。

エ. 飼料費試験を行った2013年度に当センターで調査した飼料原料費から、試験区ごとの飼料単価を算出したところ、対照区42,847円/t、G区41,089円/t、VG区40,708円/t、低栄養区40,250円/tとなった。この飼料単価を基に、各試験区の飼料摂取量から全期間の飼料費を算出した。

(7) 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)。

2. 消化試験

酵素剤による飼料のエネルギー代謝率向上を確認するため、セライトによるインデックス法(古谷ら2001)により消化試験を実施した。

給与試験の供試鶏とは別に供試した432日齢のジュリア18羽を用い、基礎飼料を給与する基礎飼料区、基礎飼料に「G2」を0.01%添加したG区、「VP」0.02%と「G2」0.01%を添加したVG区の3区分とし、各区6羽を配置した。基礎飼料は表2に示したとおりである。

馴致期間として7日間試験飼料を給与した後、個体ごとに4日間糞の採取を行い、60℃で24時間乾燥後、粉碎混合しボンブカロリメーター(吉田製作所H型)により熱量を測定した(石橋2001)。基礎飼料の総エネルギー量から糞のエネルギー量を引き、代謝エネルギー(ME)を算出し、総エネルギーに対する割合から代謝率を求めた。

表2 基礎飼料の配合割合 (%)

原料名	(%)
二種混合飼料	52.52
大豆粕ミール	6.90
なたね粕	9.90
コーングルテンフィード	9.90
DDGS	9.52
粒炭酸カルシウム	4.15
コーングルテンミール	2.97
脱脂米糠	1.54
イエローグリース	0.93
60%魚粉	0.11
第2リン酸カルシウム	0.23
食塩	0.33
プレミックス	0.99
計	100

表3 産卵率の推移 (%)

銘柄	区\期	1期	2期	3期	4期	5期	6期
ジュリア	対照	84.3 ± 2.8	94.6 ± 2.0	95.0 ± 3.9	97.0 ± 2.0	95.9 ± 0.9	96.9 ± 1.3
	G	87.9 ± 3.1	95.2 ± 2.4	96.4 ± 1.5	96.6 ± 1.6	94.9 ± 1.5	96.9 ± 0.7
	VG	84.5 ± 5.2	96.3 ± 1.6	96.4 ± 0.8	97.6 ± 0.7	97.8 ± 1.2	97.6 ± 1.0
	低栄養	85.4 ± 3.8	96.4 ± 1.5	97.9 ± 0.8	98.3 ± 1.6	97.1 ± 2.1	97.8 ± 1.2
ボリス ブラウン	対照	85.9 ± 2.1	95.8 ± 2.4	95.0 ± 4.9	95.1 ± 3.3	94.5 ± 4.4	94.1 ± 4.2
	G	86.7 ± 1.4	96.2 ± 1.9	96.5 ± 2.3	95.5 ± 2.2	95.3 ± 1.9	95.1 ± 3.4
	VG	84.0 ± 4.5	96.0 ± 1.0	95.7 ± 2.5	95.3 ± 2.0	95.4 ± 3.0	93.6 ± 4.1
	低栄養	88.1 ± 2.9	96.8 ± 1.7	97.9 ± 1.4	98.2 ± 0.9	96.0 ± 1.5	94.9 ± 1.2
銘柄	区\期	7期	8期	9期	10期	11期	
ジュリア	対照	97.6 ± 1.2	96.9 ± 2.5	96.2 ± 3.4	94.5 ± 3.3	92.8 ± 2.2	
	G	97.0 ± 1.7	96.2 ± 0.9	95.9 ± 1.8	95.1 ± 1.5	90.1 ± 2.0	
	VG	96.0 ± 2.2	94.1 ± 1.6	91.1 ± 6.2	92.1 ± 7.3	88.8 ± 10.2	
	低栄養	97.1 ± 1.2	96.9 ± 0.4	95.5 ± 0.8	97.0 ± 1.6	93.1 ± 1.2	
ボリス ブラウン	対照	92.1 ± 4.8	91.9 ± 4.0	90.5 ± 4.9	93.5 ± 2.3	87.9 ± 3.0	
	G	91.6 ± 2.9	90.8 ± 3.8	90.3 ± 4.5	91.2 ± 3.8	86.0 ± 4.8	
	VG	92.1 ± 2.8	91.6 ± 3.4	89.7 ± 1.6	90.6 ± 2.5	85.4 ± 3.3	
	低栄養	93.6 ± 0.6	91.2 ± 2.6	89.7 ± 4.3	91.1 ± 4.4	85.9 ± 3.7	

平均値±標準偏差

## 結 果

### 1. 給与試験

#### (1) 産卵成績

産卵率、平均卵重、産卵日量、飼料摂取量、飼料要求率の各期の推移を表3から表7に示した。また、全期間の産卵成績を表8に示した。

#### ア. 産卵率(表3、表8)

両銘柄ともに各期の産卵率は試験区間に有意な差はみられなかった。

全期間の平均産卵率は両銘柄各区とも良好な値であり、試験区間に有意差は認められなかった。

#### イ. 平均卵重(表4、表8)

ジュリアでは全期間で試験区間に有意差はみられなかったが、2期に低栄養区が対照区およびG区に比べて有意に高い値を示し( $P<0.05$ )、VG区がG区に比べて有意に高い値を示した( $P<0.05$ )。

ボリスブラウンでは、全期間でVG区および低栄養区が対照区に比べ有意に高い値を示した( $P<0.05$ )。特に、低栄養区は2期を除く各期で対照区よりも有意に高い値を示した( $P<0.05$ )。また、VG区は2、3期を除く各期で対照区よりも有意に高い値を示した( $P<0.05$ )。G区は8期以降で対照区よりも有意に高かった( $P<0.05$ )。

#### ウ. 産卵日量(表5、表8)

ジュリア、ボリスブラウンともに全期間の平均産卵日量には試験区間に有意差はみられなかった。

ただし、ジュリアでは2期に低栄養区およびVG区が対照区に比べ有意に高い値を示し( $P<$

0.05)、5期にVG区が対照区に比べて有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。また、ボリスブラウンでは4期で低栄養区が対照区およびG区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )が、その他の期では有意差はみられなかった。

エ. 飼料摂取量(表6、表8)

ジュリアでは、低栄養区が全期で他の試験区に

比べて有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。また3、4期にVG区が対照区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。全期間の平均飼料摂取量は、低栄養区が他の試験区に比べて有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。

ボリスブラウンでは、低栄養区が1、4期を除く各期で対照区よりも有意に高い値を示した( $P <$

表4 平均卵重の推移

(g/個)

銘柄	区\期	1期	2期	3期	4期	5期	6期
ジュリア	対照	52.0 ± 1.0	56.2 ± 1.1 <sup>ab</sup>	59.2 ± 1.2	61.7 ± 1.0	62.0 ± 1.2	64.1 ± 1.4
	G	52.0 ± 0.4	56.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	59.5 ± 0.4	61.9 ± 0.4	61.9 ± 0.2	64.2 ± 0.5
	VG	52.5 ± 0.7	57.4 ± 1.1 <sup>bc</sup>	59.6 ± 1.2	62.3 ± 0.8	63.2 ± 0.8	64.1 ± 0.8
	低栄養	52.7 ± 0.4	57.7 ± 0.7 <sup>c</sup>	60.8 ± 0.9	62.9 ± 0.8	62.7 ± 0.8	64.4 ± 0.8
ボリス ブラウン	対照	54.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	58.8 ± 0.5	61.1 ± 0.4 <sup>a</sup>	63.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	62.8 ± 0.5 <sup>a</sup>	64.3 ± 0.2 <sup>a</sup>
	G	54.7 ± 0.5 <sup>ab</sup>	59.3 ± 0.6	61.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	63.6 ± 0.8 <sup>ab</sup>	64.2 ± 0.8 <sup>ab</sup>	65.4 ± 0.7 <sup>b</sup>
	VG	55.6 ± 1.0 <sup>bc</sup>	59.9 ± 0.9	62.1 ± 0.8 <sup>ab</sup>	65.0 ± 1.1 <sup>b</sup>	65.0 ± 1.1 <sup>b</sup>	66.1 ± 0.8 <sup>b</sup>
	低栄養	56.0 ± 0.6 <sup>c</sup>	60.0 ± 0.7	63.1 ± 1.2 <sup>b</sup>	65.1 ± 1.5 <sup>b</sup>	65.1 ± 1.5 <sup>b</sup>	66.3 ± 0.8 <sup>b</sup>
銘柄	区\期	7期	8期	9期	10期	11期	
ジュリア	対照	64.0 ± 1.6	64.6 ± 1.2	64.7 ± 1.0	65.4 ± 1.3	64.5 ± 0.6	
	G	63.9 ± 0.5	64.8 ± 0.6	65.0 ± 0.2	65.5 ± 0.7	64.6 ± 0.2	
	VG	63.9 ± 0.9	63.9 ± 0.7	65.3 ± 0.6	65.4 ± 1.3	64.3 ± 0.4	
	低栄養	64.1 ± 0.5	64.0 ± 0.6	64.8 ± 0.6	65.7 ± 0.6	64.8 ± 0.6	
ボリス ブラウン	対照	63.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	63.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	64.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	63.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	62.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	
	G	64.9 ± 0.4 <sup>ab</sup>	65.4 ± 0.5 <sup>b</sup>	65.5 ± 0.6 <sup>b</sup>	65.3 ± 0.3 <sup>b</sup>	64.2 ± 1.0 <sup>b</sup>	
	VG	65.6 ± 1.0 <sup>b</sup>	65.8 ± 1.1 <sup>a</sup>	65.9 ± 0.8 <sup>b</sup>	65.6 ± 0.9 <sup>b</sup>	64.3 ± 1.1 <sup>b</sup>	
	低栄養	65.8 ± 1.3 <sup>b</sup>	65.8 ± 1.3 <sup>b</sup>	66.3 ± 1.2 <sup>b</sup>	66.1 ± 1.3 <sup>b</sup>	64.9 ± 0.9 <sup>b</sup>	

平均値±標準偏差  
異符号間に有意差あり( $P < 0.05$ )

表5 産卵日量の推移

(g/羽)

銘柄	区\期	1期	2期	3期	4期	5期	6期
ジュリア	対照	43.8 ± 2.1	53.2 ± 2.1 <sup>a</sup>	56.3 ± 3.4	59.8 ± 1.2	59.4 ± 1.1 <sup>ab</sup>	62.1 ± 1.4
	G	45.7 ± 1.5	53.4 ± 1.2 <sup>ab</sup>	57.3 ± 0.6	59.8 ± 1.3	58.8 ± 1.1 <sup>a</sup>	62.2 ± 0.8
	VG	44.9 ± 2.4	55.3 ± 1.0 <sup>bc</sup>	57.5 ± 1.3	60.8 ± 1.4	61.8 ± 1.1 <sup>c</sup>	62.6 ± 0.2
	低栄養	45.0 ± 1.9	55.7 ± 0.3 <sup>c</sup>	59.5 ± 0.7	61.8 ± 1.7	60.9 ± 1.4 <sup>bc</sup>	63.0 ± 1.1
ボリス ブラウン	対照	46.8 ± 1.4	56.3 ± 1.0	58.1 ± 3.3	60.1 ± 1.9 <sup>a</sup>	59.4 ± 3.1	60.5 ± 2.8
	G	47.4 ± 1.0	57.0 ± 1.1	59.3 ± 1.2	60.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	61.1 ± 1.5	62.1 ± 2.6
	VG	46.7 ± 2.2	57.5 ± 0.7	59.4 ± 1.6	61.9 ± 1.3 <sup>ab</sup>	62.5 ± 1.8	61.8 ± 2.5
	低栄養	49.3 ± 2.1	58.1 ± 1.6	61.8 ± 1.9	64.0 ± 1.8 <sup>b</sup>	62.9 ± 1.6	62.9 ± 1.1
銘柄	区\期	7期	8期	9期	10期	11期	
ジュリア	対照	62.4 ± 2.3	62.6 ± 2.4	62.2 ± 2.9	61.8 ± 3.0	59.8 ± 1.3	
	G	61.9 ± 1.4	62.3 ± 0.8	62.3 ± 1.4	62.3 ± 1.3	58.2 ± 1.5	
	VG	61.4 ± 1.7	60.1 ± 1.1	59.4 ± 3.9	60.3 ± 5.4	57.2 ± 6.9	
	低栄養	62.2 ± 0.8	62.1 ± 1.2	61.9 ± 0.9	63.8 ± 0.8	60.3 ± 1.0	
ボリス ブラウン	対照	58.8 ± 3.1	58.4 ± 2.0	57.9 ± 3.0	59.5 ± 1.2	55.1 ± 1.5	
	G	59.4 ± 1.8	59.4 ± 2.4	59.2 ± 3.1	59.5 ± 2.4	55.2 ± 3.6	
	VG	60.4 ± 1.7	60.2 ± 2.0	59.1 ± 0.6	59.4 ± 1.0	54.9 ± 1.7	
	低栄養	61.6 ± 0.7	60.0 ± 2.4	59.5 ± 3.5	60.2 ± 3.9	55.7 ± 2.3	

平均値±標準偏差  
異符号間に有意差あり( $P < 0.05$ )

0.05)。またVG区は1、2、4期を除く各期で対照区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。全期間の平均飼料摂取量は、VG区および低栄養区は他の2区よりも有意に高い値を示し( $P < 0.05$ )、また、低栄養区はVG区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。

両銘柄ともに、全期間では対照区とG区との間

に有意差はみられなかった。

オ. 飼料要求率(表7、表8)

ジュリアでは、低栄養区が高い値で推移し、4~9期の各期で対照区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。またVG区は8、9期で対照区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。全期間の平均飼料要求率は、低栄養区が他の試験区に比べて有

表6 飼料摂取量の推移

(g/羽/日)

銘柄	区\期	1期	2期	3期	4期	5期	6期
ジュリア	対照	101.8 ± 4.0 <sup>a</sup>	116.0 ± 1.2 <sup>a</sup>	114.2 ± 2.6 <sup>a</sup>	115.9 ± 2.7 <sup>a</sup>	124.2 ± 4.1 <sup>ab</sup>	124.8 ± 4.6 <sup>a</sup>
	G	100.0 ± 2.7 <sup>a</sup>	115.0 ± 2.1 <sup>a</sup>	119.0 ± 1.8 <sup>ab</sup>	117.2 ± 2.4 <sup>ab</sup>	122.4 ± 2.7 <sup>a</sup>	125.7 ± 6.2 <sup>a</sup>
	VG	103.6 ± 5.0 <sup>a</sup>	115.7 ± 4.4 <sup>a</sup>	120.5 ± 5.9 <sup>b</sup>	121.1 ± 2.9 <sup>b</sup>	128.9 ± 3.6 <sup>b</sup>	130.2 ± 3.2 <sup>a</sup>
	低栄養	110.0 ± 2.9 <sup>b</sup>	122.9 ± 2.9 <sup>b</sup>	128.0 ± 2.1 <sup>c</sup>	130.6 ± 4.5 <sup>c</sup>	137.4 ± 2.3 <sup>c</sup>	138.3 ± 2.7 <sup>b</sup>
ボリス ブラウン	対照	114.6 ± 4.7	125.7 ± 3.5 <sup>a</sup>	115.5 ± 4.0 <sup>a</sup>	124.7 ± 8.8 <sup>ab</sup>	119.6 ± 4.1 <sup>a</sup>	122.0 ± 2.9 <sup>a</sup>
	G	115.7 ± 4.4	121.2 ± 9.3 <sup>a</sup>	117.3 ± 6.0 <sup>a</sup>	122.2 ± 3.0 <sup>a</sup>	124.7 ± 3.2 <sup>ab</sup>	129.6 ± 6.6 <sup>ab</sup>
	VG	114.9 ± 2.9	129.9 ± 2.9 <sup>ab</sup>	124.3 ± 1.4 <sup>b</sup>	130.8 ± 1.8 <sup>b</sup>	130.3 ± 7.7 <sup>bc</sup>	132.6 ± 8.3 <sup>b</sup>
	低栄養	119.5 ± 3.7	134.8 ± 5.6 <sup>b</sup>	131.0 ± 4.3 <sup>b</sup>	131.0 ± 4.3 <sup>b</sup>	136.2 ± 3.7 <sup>c</sup>	137.7 ± 3.7 <sup>b</sup>
銘柄	区\期	7期	8期	9期	10期	11期	
ジュリア	対照	132.5 ± 1.8 <sup>b</sup>	125.6 ± 6.0 <sup>a</sup>	125.3 ± 5.4 <sup>a</sup>	121.2 ± 3.6 <sup>a</sup>	119.6 ± 4.1 <sup>b</sup>	
	G	127.3 ± 0.9 <sup>a</sup>	125.8 ± 2.5 <sup>a</sup>	129.9 ± 3.6 <sup>ab</sup>	124.9 ± 2.9 <sup>a</sup>	115.0 ± 5.8 <sup>b</sup>	
	VG	133.8 ± 3.5 <sup>b</sup>	130.8 ± 3.5 <sup>ab</sup>	129.8 ± 5.3 <sup>ab</sup>	121.2 ± 6.5 <sup>a</sup>	105.2 ± 9.9 <sup>a</sup>	
	低栄養	143.5 ± 1.7 <sup>c</sup>	137.0 ± 3.6 <sup>b</sup>	135.6 ± 3.2 <sup>b</sup>	133.6 ± 1.8 <sup>b</sup>	129.6 ± 2.7 <sup>c</sup>	
ボリス ブラウン	対照	124.1 ± 2.1 <sup>a</sup>	123.3 ± 4.2 <sup>a</sup>	123.4 ± 3.1 <sup>a</sup>	115.2 ± 5.4 <sup>a</sup>	104.2 ± 7.9 <sup>a</sup>	
	G	129.7 ± 5.1 <sup>b</sup>	127.1 ± 3.8 <sup>ab</sup>	125.4 ± 2.9 <sup>ab</sup>	114.7 ± 2.3 <sup>a</sup>	105.2 ± 3.2 <sup>a</sup>	
	VG	136.3 ± 2.9 <sup>c</sup>	133.2 ± 5.7 <sup>bc</sup>	132.4 ± 3.9 <sup>bc</sup>	132.6 ± 3.4 <sup>b</sup>	122.3 ± 5.4 <sup>b</sup>	
	低栄養	141.1 ± 3.0 <sup>c</sup>	137.6 ± 3.0 <sup>c</sup>	138.0 ± 8.1 <sup>c</sup>	137.0 ± 6.6 <sup>b</sup>	123.4 ± 0.9 <sup>b</sup>	

平均値±標準偏差  
異符号間に有意差あり( $P < 0.05$ )

表7 飼料要求率の推移

銘柄	区\期	1期	2期	3期	4期	5期	6期
ジュリア	対照	2.33 ± 0.11	2.18 ± 0.08	2.03 ± 0.10	1.94 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.01 ± 0.09 <sup>a</sup>
	G	2.19 ± 0.02	2.16 ± 0.07	2.08 ± 0.05	1.96 ± 0.02 <sup>a</sup>	2.08 ± 0.08 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.08 <sup>a</sup>
	VG	2.32 ± 0.21	2.10 ± 0.11	2.10 ± 0.12	1.99 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.07 <sup>a</sup>	2.08 ± 0.05 <sup>a</sup>
	低栄養	2.47 ± 0.14	2.21 ± 0.05	2.15 ± 0.05	2.11 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.26 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.20 ± 0.07 <sup>b</sup>
ボリス ブラウン	対照	2.45 ± 0.06	2.23 ± 0.10	1.99 ± 0.12	2.08 ± 0.14	2.02 ± 0.15	2.02 ± 0.12
	G	2.44 ± 0.11	2.12 ± 0.15	1.98 ± 0.09	2.01 ± 0.04	2.04 ± 0.10	2.09 ± 0.10
	VG	2.46 ± 0.07	2.26 ± 0.04	2.09 ± 0.07	2.11 ± 0.05	2.09 ± 0.13	2.15 ± 0.12
	低栄養	2.43 ± 0.18	2.32 ± 0.11	2.13 ± 0.08	2.05 ± 0.12	2.17 ± 0.11	2.19 ± 0.06
銘柄	区\期	7期	8期	9期	10期	11期	
ジュリア	対照	2.12 ± 0.07 <sup>ab</sup>	2.01 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.01 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.96 ± 0.07	2.00 ± 0.05 <sup>ab</sup>	
	G	2.06 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.02 ± 0.01 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.06 <sup>ab</sup>	2.01 ± 0.01	1.98 ± 0.09 <sup>ab</sup>	
	VG	2.18 ± 0.07 <sup>b</sup>	2.18 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.09	1.85 ± 0.21 <sup>a</sup>	
	低栄養	2.31 ± 0.05 <sup>c</sup>	2.21 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.10 ± 0.02	2.15 ± 0.07 <sup>b</sup>	
ボリス ブラウン	対照	2.12 ± 0.12	2.11 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.14 ± 0.11	1.94 ± 0.13 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.18 <sup>a</sup>	
	G	2.19 ± 0.11	2.14 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.13 ± 0.16	1.93 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.91 ± 0.10 <sup>a</sup>	
	VG	2.26 ± 0.11	2.21 ± 0.09 <sup>ab</sup>	2.24 ± 0.08	2.23 ± 0.07 <sup>b</sup>	2.23 ± 0.04 <sup>b</sup>	
	低栄養	2.29 ± 0.07	2.30 ± 0.09 <sup>b</sup>	2.32 ± 0.05	2.28 ± 0.08 <sup>b</sup>	2.22 ± 0.09 <sup>b</sup>	

平均値±標準偏差  
異符号間に有意差あり( $P < 0.05$ )

意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。

ボリスブラウンでは、低栄養区が8、10、11期で対照区およびG区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。またVG区は10、11期で対照区およびG区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。全期間の平均飼料要求率は、VG区および低栄養区で他の2区よりも有意に高い値を示した( $P < 0.05$ )。

(2) 卵質成績

全期間の卵質成績の平均値を表9に示した。卵重、

卵殻強度、卵殻厚、ハウユニット、卵黄色について、両銘柄とも各試験区間に有意差はみられなかった。

(3) 糞水分含量および乾物量

平均糞水分含量および乾物量を表10に示した。両銘柄とも各試験区間に有意差はみられなかった。

(4) 飼料費

試験期間中に摂取した飼料費を表11に示した。1羽当たりの飼料費は両銘柄ともG区が最も安価であった。ボリスブラウンでは、VG区が対照区よりも高い値となった。

表8 平均産卵成績

銘柄	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
ジュリア	対照	94.7 ± 1.2	61.7 ± 1.0	58.5 ± 0.6	120.1 ± 1.8 <sup>a</sup>	2.06 ± 0.05 <sup>a</sup>
	G	94.7 ± 0.9	61.7 ± 0.2	58.6 ± 0.7	120.2 ± 1.6 <sup>a</sup>	2.06 ± 0.02 <sup>a</sup>
	VG	93.9 ± 2.6	62.0 ± 0.8	58.3 ± 1.8	121.9 ± 2.1 <sup>a</sup>	2.10 ± 0.05 <sup>a</sup>
	低栄養	95.7 ± 0.7	62.2 ± 0.6	59.6 ± 0.6	131.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.02 <sup>b</sup>
ボリス ブラウン	対照	92.4 ± 3.3	62.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	57.4 ± 1.9	119.3 ± 1.7 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.09 <sup>a</sup>
	G	92.3 ± 2.2	63.1 ± 0.5 <sup>ab</sup>	58.2 ± 1.4	121.2 ± 2.9 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.05 <sup>a</sup>
	VG	91.8 ± 2.0	63.7 ± 0.8 <sup>b</sup>	58.5 ± 0.8	129.1 ± 2.7 <sup>b</sup>	2.21 ± 0.06 <sup>b</sup>
	低栄養	93.0 ± 1.7	64.1 ± 1.0 <sup>b</sup>	59.6 ± 1.8	133.5 ± 0.3 <sup>c</sup>	2.24 ± 0.08 <sup>b</sup>

平均値±標準偏差  
異符号間に有意差あり ( $P < 0.05$ )

表9 全期間の平均卵質成績

銘柄	区	卵重 (g)	卵殻強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	卵殻厚 (mm)	ハウユニット	卵黄色
ジュリア	対照	62.1 ± 1.1	3.79 ± 0.03	0.342 ± 0.006	89.5 ± 1.4	11.3 ± 0.09
	G	62.3 ± 0.4	3.85 ± 0.01	0.346 ± 0.004	88.3 ± 0.9	11.2 ± 0.11
	VG	62.5 ± 0.9	3.91 ± 0.11	0.348 ± 0.005	87.7 ± 0.5	11.3 ± 0.10
	低栄養	62.4 ± 0.7	3.91 ± 0.14	0.348 ± 0.008	87.8 ± 0.5	11.2 ± 0.15
ボリス ブラウン	対照	62.2 ± 0.2	3.88 ± 0.10	0.347 ± 0.003	89.3 ± 1.7	11.7 ± 0.19
	G	63.4 ± 0.4	3.89 ± 0.05	0.354 ± 0.002	88.0 ± 1.4	11.6 ± 0.05
	VG	64.4 ± 1.3	3.83 ± 0.07	0.353 ± 0.008	88.5 ± 3.0	11.7 ± 0.18
	低栄養	64.1 ± 1.8	3.90 ± 0.20	0.353 ± 0.009	88.3 ± 1.0	11.8 ± 0.15

平均値±標準偏差

表10 平均糞水分含量および乾物量

銘柄	区	水分含量 (%)	乾物量 (g/羽/日)
ジュリア	対照	74.8 ± 0.86	28.6 ± 3.34
	G	74.5 ± 0.37	32.6 ± 0.86
	VG	74.2 ± 2.07	33.7 ± 4.06
	低栄養	76.1 ± 3.67	32.7 ± 1.64
ボリス ブラウン	対照	75.0 ± 2.98	28.2 ± 1.09
	G	72.8 ± 0.86	30.2 ± 1.70
	VG	72.7 ± 0.99	32.6 ± 2.34
	低栄養	74.2 ± 2.79	34.0 ± 5.38

平均値±標準偏差



表 11 試験期間中の飼料費

銘柄	区	飼料摂取量		単価 (円/kg)	飼料費 (円/羽)
		(g/羽/日)	(kg/羽)		
ジュリア	対照	120.1	37.0	42.847	1585
	G	120.2	37.0	41.089	1521
	VG	121.9	37.5	40.078	1528
	低栄養	131.6	40.5	40.250	1631
ボリス ブラウン	対照	119.3	36.7	42.847	1574
	G	121.2	37.3	41.089	1533
	VG	129.1	39.8	40.708	1618
	低栄養	133.5	41.1	40.250	1655

## 2. 消化試験

消化試験から求めた代謝率を表12に示した。基礎飼料に酵素剤を添加することにより、エネルギー代謝率は基礎飼料よりも有意に高い値を示した ( $P < 0.05$ )。酵素剤添加による向上率は、G区、VG区ともに8.2%であった。

表 12 消化試験による代謝率 (%)

区	代謝率	向上率
基礎飼料	68.0 ± 3.6a	-
G	73.6 ± 1.4b	8.2
VG	73.6 ± 1.0b	8.2

平均値±標準偏差  
向上率は基礎飼料との比較による

## 考 察

酵素剤G2については、飼料中のエネルギー利用効率向上を期待して、代謝エネルギーを対照区よりも4.4%低くした低エネルギー飼料に0.01%添加した。G2を添加したG区はジュリア、ボリスブラウン両銘柄ともに給与エネルギーの低下による飼料摂取量の増加はみられず対照区と同等の値であった。このため飼料費は両銘柄ともに試験区中最も安価であった。また、G区は産卵性および卵質成績ともに対照区と同等の成績であり、鶏卵販売額も同等であることから飼料費の低減が期待できる。

VG区は、G区よりも、さらなるエネルギー利用効率の向上と蛋白質の利用効率向上を期待して、代謝エネルギーを対照区よりも8.3%低くし、粗蛋白質を2.3%低くした低エネルギー、低蛋白飼料に添加した。VG区はボリスブラウンでエネルギー不足による飼料摂取量の増加が認められ、全期間の飼料摂取量は対照区に比べて有意に高い値を示し ( $P < 0.05$ )、飼料単価は40,708円/tでG区の41,089円/tよりも安価であるものの、摂取した飼料費はG区よりも高い値であった。これは、摂取エネルギーの不足を防ぐために飼料摂取量が増えたと考えられ、当初期待しただけのエネルギー利用効率向上はみられなかったものと考えられる。

消化試験を行うにあたって、基礎飼料の配合割合から試算した代謝率の向上割合は、G区が2.9%、VG区が6.8%であったが、消化試験の結果から今回得られた向上割合はG区、VG区ともに8.2%であり、いずれも試算を上回った。

基礎飼料原料のうち酵素剤製品に代謝率の向上割合が示されている原料は、G2についてはトウモロコシ、DDGS、コーングルテンミール、VPについてはトウモロコシ、大豆粕ミール、なたね粕だけであったが、その他の原料についても代謝率が向上した可能性がある。しかし、VG区は、エネルギー代謝率がG区と同じであり、給与試験ではジュリアは対照区とほぼ同等の産卵成績が得られたものの、ボリスブラウンでは対照区やG区に比べて劣った。これは、期待値ほどは粗蛋白質代謝率改善効果が得られなかった可能性に加え、体重の重いボリスブラウンへの低栄養飼料の給与の影響も考えられた。

以上の結果から、酵素剤G2は飼料単価の低減に効果があることが明らかとなった。ただし、酵素剤の効率的な利用のためには、各種飼料原料に対する効果と、酵素剤の混合利用についての効果をさらに確認する必要がある。

## 引用文献

- (財)畜産生物化学安全研究所、2005、抗菌剤非依存型畜産のガイドライン:5-6
- 古谷修・山本朱美・伊藤稔・青木幸尚、2001、豚の消化試験における指標物質としてのセライト添加酸不溶性灰分の利用、日本養豚学会誌38:171-176
- 早川岳彦、2013、養鶏用飼料における酵素、養鶏の友2013年10月号:25-27
- 池田加江・福原絵里子・西尾祐介・田口清實、2005、フィターゼ添加による採卵鶏の植物性飼料中のリン利用率向上技術、福岡県農業総合試験場24:94-98
- 石橋晃監修、2001、新編動物栄養試験法、養賢堂:175-178
- 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

- Jalal MA and Scheideler SE、2001、Effect of supplementation of two different sources of phytase on egg production parameters in laying hens and nutrient digestibility、Poult. Sci. 80:1463-1471
- Lazaro R, Latorre MA, Medel P, Gracia M and Msteos GG、2003、Influence of enzymes on performance and digestive parameters of broilers fed rye-based diets、Poult. Sci. 82:132-140
- Marron L, Bedford MR and McCracken KJ、2001、The Effect of adding xylanase, vitamin C and copper sulphate to wheat-based diets on broiler performance、Br. Poult. Sci. 42:493-500
- Mathlouthi N, Lalles JP, Lepercq JP, Juste C and Larbier M、2002、Xylanase and  $\beta$ -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler 16 17 chickens fed a rye-based diet、J. Anim. Sci. 80:2773-2779
- Mathlouthi N, Mohamed MA and Larbier M、2003、Effect of enzyme preparation containing xylanase and  $\beta$ -glucanase on performance of laying hens fed wheat/barley- or maize/soybean meal-based diets、Br. Poult. Sci. 44:60-66
- (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
- 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