

DOI:10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20161906

包膜丁酸钠等四种常用饲料添加剂对育成猪生长性能、血清生化指标及饲养经济效益的影响

史 焕¹, 严春龙², 李艳娇¹, 朱星光¹, 李 乐¹, 金英海^{*}

(1.延边大学农学院,吉林延吉 133002;2.韩国首尔大学,韩国首尔)

[摘要] 为研究包膜丁酸钠、包膜氧化锌、枯草芽孢杆菌和丁酸梭菌四种常用饲料添加剂对育成猪生长、血清生化指标及饲养经济效益的影响,选取 80 头初始体重为(37.50±1.48)kg 的约克夏×长白×杜洛克三元杂交猪,采用随机完全区组设计、按体重和性别将猪只分为 5 个处理组,即对照组(CON)、包膜丁酸钠组(CSB)、包膜氧化锌组(CZnO)、枯草芽孢杆菌和丁酸梭菌混合制剂组(F10)、枯草芽孢杆菌组(H10),每组 4 个重复,每个重复 4 头,根据 NRC(1998)饲养标准进行为期 6 周的饲养试验。在试验期内测定育成猪的生长性能指标、血清生化指标并分析其经济效益。结果表明:(1)F10 组料重比较对照组低 10.63%($P < 0.05$);(2)CSB 组血清皮质醇含量比对照组降低了 51.84%($P < 0.05$);(3)育成全期对照组和 CSB 组单位增重成本分别比 F10 组高 16.70%和 16.36%($P < 0.01$)。综合各项指标测定结果来看,在育成猪饲料中添加枯草芽孢杆菌和丁酸梭菌混合制剂一定程度上可以改善其生长性能,有效降低生产成本。

[关键词] 育成猪;添加剂;生长性能;血清生化指标;经济效益

[中图分类号] S816.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-3314(2016)19-0022-04

[Abstract] This experiment was conducted to evaluate the effects of several common feed additives on growth performance, immune function and economic benefit of growing pigs. A total of 80 crossbreed pigs (Yorkshire × Landrace × Duroc) with initial body weight of (37.50±1.48)kg was allotted into 5 treatments with 4 replicates of 4 each according to randomized completely block (RCB) design. The formulation of control (CON), coated sodium (CSB), coated zinc oxide (CZnO), mixed *Bacillus subtilis* and *Clostridium butyricum* (F10) and *Bacillus subtilis* (H10) were meet NRC (1998) recommendation. The results showed that: (1) Compared to CON, the feed/gain ratio of F10 group was decreased significantly by 10.63% ($P < 0.05$). (2) The serum cortisol levels of CSB group was decreased significantly by 51.84% ($P < 0.05$). (3) The feed cost per weight gain of CON and CSB groups were extremely 16.70% and 16.36% higher than F10 ($P < 0.01$). In conclusion, adding the mixture of *Bacillus subtilis* and *Clostridium butyricum* to the feed of growing pigs could improve the growth performance, increase immune function, reduce production costs to a certain extent.

[Key words] growing pig; additive; growth performance; blood biochemical indexes; economic benefit

生猪产业是我国农民致富的重要产业之一,生猪产业的发展事关国计民生。生猪生产成本的上涨主要受猪粮价格的上涨以及各种添加剂的滥用等因素的影响,合理适量地应用添加剂对猪场降低生产成本、提高经济效益具有重要意义。研究表明,包膜丁酸钠(陈国顺等,2012;Biagi等,2007)、包膜氧化锌(刘连龙等,2011)、枯草芽孢杆菌(李兴华等,2013)以及枯草芽孢杆菌和丁酸梭

菌的混合制剂(Aquilina等,2011)这四种饲料添加剂对断奶仔猪的生长性能均有一定的促进作用。而目前国内外对于这四种添加剂的研究大都集中于断奶仔猪,对育成猪影响的研究甚少。育成阶段是猪只生长发育的黄金时间,在这个阶段饲喂符合猪营养需求的饲料、合理适量地利用添加剂能有效地促进猪的生长进程、提高饲料利用率、降低饲料成本。本试验将重点置于猪只的育成阶段,对比研究这些添加剂在此阶段的作用及添加效果,分析其经济效益,为养猪生产过程中育成

* 通讯作者

阶段各种添加剂的合理使用提供理论依据,提高猪场经济效益。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试动物的选择及试验设计 2014年12月至2015年3月于韩国首尔大学教学牧场进行试验。选取80头初始体重为(37.50±1.48)kg的约克夏×长白×杜洛克三元杂交猪。按体重和性别用随机完全区组设计将猪只分为饲喂玉米-豆粕型基础饲料的对照组(CON),基础饲料+0.1%包膜丁酸钠的CSB组,基础饲料+0.07%包膜氧化锌的CZnO组,基础饲料+0.01%枯草芽孢杆菌和丁酸梭菌混合制剂的F10组,基础饲料+0.02%的枯草芽孢杆菌的H10组5个处理组,每组4个重复,每个重复4头,试验期为6周。

1.1.2 饲料配方 根据美国NRC(1998)饲养标准,试验将饲料分为育成前期(0~3周)、育成后期(3~6周)两阶段进行饲养试验,基础日粮配方及营养水平见表1。

1.2 试验方法

1.2.1 饲养管理 试验期共42 d。试验开始前一天,将选好的试验猪全群转入育成猪舍,并逐头空腹称重。在环境条件一致、通风良好的舍内,按照常规方法饲养及管理,自由采食、饮水。每天供料前观察猪只健康状况,记录好每天的耗料量。

1.2.2 生长性能测定 通过处理组各个重复的总采食量、饲养天数和猪只数量计算平均日采食量(ADFI)。在试验第0、21、42 d,空腹称重记录,计算平均日增重(ADG)。并根据试验期平均每头日耗料量和试验期每头平均日增重计算料重比(F/G)。

1.2.3 血清生化指标测定 在试验的第0、21、42 d早晨每个处理组选6头猪,空腹称重3小时后于前腔静脉采血,迅速于4℃、3000 r/min离心15 min,将血清于-20℃保存。根据试剂盒说明书测定血清皮质醇、葡萄糖、促生长因子IGF-1、尿素氮含量。

1.2.4 经济效益分析 试验过程中猪只的饲养环境一致,经济效益方面只分析饲料成本对此试验阶段生产成本的影响。根据饲喂天数、猪只增重、饲料成本及猪价对各处理组经济效益进行分析。

1.3 统计分析 用Excel 2007整合数据后,采用SPSS 17.0进行单因素方差分析和LSD多重比

表1 育成期试验基础日粮组成和营养水平(风干基础)

| 项目 | 0~3周 | | | | | 3~6周 | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CON | CSB | CZnO | F10 | H10 | CON | CSB | CZnO | F10 | H10 |
| 日粮组成 | | | | | | | | | | |
| 玉米/% | 59.23 | 59.45 | 59.38 | 59.25 | 59.27 | 62.46 | 62.70 | 62.63 | 62.50 | 62.53 |
| 45%豆粕/% | 26.66 | 26.76 | 26.73 | 26.67 | 26.68 | 21.79 | 21.89 | 21.86 | 21.81 | 21.81 |
| 豆油/% | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 1.62 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 |
| 棕榈粕/% | 9.97 | 9.55 | 9.68 | 9.93 | 9.89 | 11.88 | 11.43 | 11.56 | 11.80 | 11.76 |
| 磷酸氢钙/% | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 0.87 | 0.88 | 0.88 | 0.88 | 0.88 |
| 石粉/% | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.76 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |
| L-赖氨酸盐酸盐/% | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| 复合维生素/% | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 复合矿物质/% | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 食盐/% | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| β-甘露聚糖酶/% | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 添加剂/% | 0.00 | 0.10 | 0.07 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.10 | -0.07 | 0.01 | 0.02 |
| 营养水平 | | | | | | | | | | |
| 代谢能/(MJ/kg) | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 | 13.67 |
| 粗蛋白质/% | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 16.30 | 16.30 | 16.30 | 16.30 | 16.30 |
| 赖氨酸/% | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 | 0.82 |
| 蛋氨酸/% | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 钙/% | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 | 0.54 |
| 总磷/% | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.47 | 0.47 | 0.47 | 0.48 | 0.47 |

注:(1)复合维生素为每千克饲料提供:维生素A 16000 IU,维生素D₃ 3200 IU,维生素E 35 IU,维生素K₃ 5 mg,维生素B₂ 6 mg,泛酸钙 16 mg,尼克酸 32 mg,d-生物素 128 μg,维生素B₁₂ 220 μg。(2)复合矿物质为每千克饲料提供:Fe 281 mg,Cu 143 mg,Mn 49 mg,I 0.3 mg,Se 0.3 mg。(3)CTCzyme[®]:即饲用复合酶,含β-甘露聚糖酶(200000 U/kg)、α-淀粉酶(250,000 U/kg)、木聚糖酶(1000000 U/kg)、蛋白酶(125000 U/kg)、植酸酶(200000 U/kg)和β-葡聚糖酶(38000 U/kg)。(4)营养水平为计算值。(5)CSB:包膜丁酸钠含量为30%,韩国 SynerBig 公司提供;CZnO:包膜氧化锌含量≥70%(Zn²⁺≥56%),杭州康德牧饲料有限公司提供;F10:为枯草芽孢杆菌(1.0×10⁹ cfu/g)和丁酸梭菌(1.0×10⁸ cfu/g)的混合制剂,韩国 SynerBig 公司提供;H10:枯草芽孢杆菌(1.0×10⁹ cfu/g),韩国 SynerBig 公司提供。

较, $P < 0.01$ 为差异极显著, $P < 0.05$ 为差异显著, $0.05 < P < 0.10$ 为有差异显著趋势。

2 结果与分析

2.1 不同添加剂对育成猪生长性能的影响 由表2可以看出,育成全期CSB组、CZnO组、F10组平均日增重较对照组分别提高9.44%、9.34%和8.71% ($P > 0.05$)。F10组料重比显著低于对照组10.63% ($P < 0.05$),其他各组料重比与对照组相比均有所下降($P > 0.05$)。从生长性能的整体测定结果来看,包膜丁酸钠等四种添加剂对育成猪生长性能均有一定的促进作用,其中CSB组、CZnO组、H10组无显著效果,F10组对料重比影响效果最好。

2.2 不同添加剂对育成猪血清生化指标的影响 由表3可以看出,6周时,CSB组的血清皮质醇含量

表2 不同添加剂对育成猪生长性能的影响

| 组别 | 体重/kg | | | 平均日增重/g | | | 平均日采食量/g | | | 料重比 | | |
|------|------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------------------|-------------|-----------|-----------|------------------------|
| | 初始 | 3周 | 6周 | 0~3周 | 3~6周 | 0~6周 | 0~3周 | 3~6周 | 0~6周 | 0~3周 | 3~6周 | 0~6周 |
| 对照 | 37.50±4.03 | 52.66±5.83 | 70.76±6.84 | 722.00±87.07 | 862.00±54.30 | 792.25±69.08 | 2082±202.12 | 2670±117.46 ^b | 2376±188.26 | 2.91±0.11 | 3.10±0.08 | 3.01±0.07 ^a |
| CSB | 37.51±4.08 | 54.69±4.63 | 73.94±4.90 | 817.75±36.49 | 916.50±32.96 | 867.00±27.06 | 2196±183.77 | 2820±104.07 ^a | 2508±127.22 | 2.67±0.11 | 3.08±0.35 | 2.89±0.06 ^b |
| CZnO | 37.50±4.17 | 54.43±5.07 | 73.89±6.20 | 806.50±45.93 | 926.25±55.57 | 866.25±48.37 | 2128±272.75 | 2794±230.23 ^a | 2461±205.55 | 2.62±0.22 | 3.02±0.21 | 2.83±0.09 ^b |
| F10 | 37.50±4.16 | 55.18±4.36 | 73.68±4.23 | 841.75±41.06 | 881.00±23.55 | 861.25±26.05 | 2075±164.16 | 2560±86.63 ^b | 2317±117.17 | 2.47±0.17 | 2.91±0.09 | 2.69±0.11 ^b |
| H10 | 37.51±4.03 | 52.93±4.72 | 70.69±5.95 | 734.00±35.87 | 845.75±63.28 | 789.75±48.16 | 2126±69.08 | 2401±140.39 ^b | 2263±104.35 | 2.91±0.10 | 2.85±0.08 | 2.86±0.04 ^b |

注:同列数据无字母或肩标相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$);下同。

比对照组降低了51.84%($P < 0.05$);CZnO组血清皮质醇含量极显著高于CSB组($P < 0.01$),且显著高于H10组($P < 0.05$);F10组血清皮质醇显著高于CSB组($P < 0.05$)。各组血清尿素氮含量均低于对照组,F10组与对照组相比呈显著下降趋势($0.05 < P < 0.10$)。对照组和F10组血清葡萄糖含量显著低于CZnO组($P < 0.05$),极显著低于H10组($P < 0.01$)。与对照组相比CZnO组血清IGF-1的含量有显著上升趋势($0.05 < P < 0.10$);其他各组IGF-1含量虽高于对照组,但与对照组及各试验组之间差异均不显著($P > 0.05$)。

表3 不同添加剂对育成猪两个生长阶段血清生化指标的影响

| 组别 | 皮质醇/($\mu\text{g}/\text{dL}$) | | 尿素氮/(mg/dL) | | 葡萄糖/(mg/dL) | | IGF/(ng/mL) | |
|------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------|
| | 3周 | 6周 | 3周 | 6周 | 3周 | 6周 | 3周 | 6周 |
| 对照 | 3.73±1.02 | 2.45±0.65 ^b | 13.20±0.86 | 16.05±0.93 | 88.00±1.68 | 84.00±3.44 ^b | 200.37±4.66 | 171.13±24.47 |
| CSB | 4.58±1.29 | 1.18±0.16 ^b | 12.90±0.77 | 14.20±1.83 | 92.00±2.52 | 89.00±2.61 ^b | 225.78±15.06 | 202.73±8.41 |
| CZnO | 3.90±0.98 | 3.18±0.43 ^b | 13.10±0.85 | 15.00±1.33 | 93.25±1.49 | 90.40±1.17 ^a | 254.85±21.49 | 213.50±21.27 |
| F10 | 5.05±0.93 | 2.30±0.42 ^b | 13.56±0.89 | 12.96±0.92 | 92.25±2.43 | 82.75±0.48 ^b | 224.95±21.92 | 195.25±8.06 |
| H10 | 3.38±0.34 | 1.93±0.18 ^b | 12.03±0.38 | 14.45±0.56 | 89.17±2.24 | 93.50±2.10 ^b | 203.08±12.95 | 196.63±10.62 |

2.3 不同添加剂对育成猪饲养经济效益的影响
相同的饲养环境下,由于各试验组的耗料量和增重效果不同,单位增重所耗的饲料成本也产生了差异。由表4可见,整个试验期每头猪消耗的饲料成本在各试验组及对照组间无显著差异($P > 0.05$)。从单位增重耗料成本来看,育成全期F10组单位增重耗料成本分别比对照组和CSB组极显著低14.31%和14.06。从经济效益的角度来讲,添加F10的试验组效果最好。

3 讨论

3.1 生长性能 丁酸钠作为酸化剂、调味剂具有独特奶酪芳香气味,能够增进动物食欲,抑制有害菌增殖,提高蛋白酶和淀粉酶等消化酶的活性以及平均日增重和平均日采食量,降低料重比(陈国

表4 不同添加剂对育成猪饲养经济效益的影响

| 组别 | 饲料成本/(元/头) | | | 单位增重耗料成本/(元/kg) | | |
|------|--------------|---------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 0~3周 | 3~6周 | 0~6周 | 0~3周 | 3~6周 | 0~6周 |
| 对照 | 104.50±10.14 | 128.00±8.46 ^b | 232.75±18.52 | 6.77±0.38 ^a | 7.08±0.19 ^a | 6.92±0.18 ^{ab} |
| CSB | 113.00±9.44 | 138.25±5.14 ^a | 251.75±12.74 | 6.54±0.28 ^{ab} | 7.17±0.85 ^a | 6.90±0.15 ^{ab} |
| CZnO | 107.50±13.81 | 134.50±11.21 ^b | 243.00±20.47 | 6.31±0.53 ^{ab} | 6.93±0.49 ^{ab} | 6.65±0.21 ^{ab} |
| F10 | 104.50±8.31 | 122.25±4.19 ^b | 227.75±11.43 | 5.45±0.40 ^b | 6.36±0.14 ^{ab} | 5.93±0.27 ^b |
| H10 | 107.50±3.57 | 115.25±6.71 ^b | 222.75±10.22 | 6.23±0.29 ^b | 6.14±0.39 ^b | 6.17±0.27 ^b |

注:原料价格为韩国2014年12月至2015年1月原料的平均市场价格。

顺等,2012);丁酸钠还能够促进促生长因子IGF-1的激活(Hathaway等,1999),促进饲料中营养物质的利用,从而提高动物的生长性能。本试验中,利用包膜丁酸钠(CSB)饲喂育成猪,结果表明,育成猪的采食量、平均日增重与对照组相比虽然有一定程度的升高,料重比有所降低,但并无显著差异,这与Biagi等(2007)对断奶仔猪的研究结果一致。对育成猪只无显著影响的原因可能在于其自身消化能力的增强,弱化了丁酸钠对胃肠道消化吸收的促进作用。

刘连龙等(2011)试验表明,饲料中添加包膜氧化锌(CZnO)可显著提高断奶仔猪的采食量、平均日增重,降低料重比等。本试验中,CZnO组育成猪的采食量、平均日增重均高于对照组,料重比均低于对照组,说明CZnO对育成猪的生长性能有一定的促进作用,但作用效果不显著。这与Jang等(2014)给断奶仔猪饲喂不同水平的包膜氧化锌与普通氧化锌的试验结果一致。

枯草芽孢杆菌是可直接饲喂动物的一种需氧型益生菌,可通过竞争抑制调节畜禽胃肠道中有益菌和有害菌菌群的平衡,并通过该饲用菌产生的消化酶和维生素、挥发性脂肪酸等营养物质在胃肠道内发挥作用,从而提高生产性能(李兴华,2013)。黄雪泉等(2010)在断奶仔猪饲料中添加枯草芽孢杆菌的试验结果表明,枯草芽孢杆菌能够

明显提高试验仔猪的生长性能。本试验中,枯草芽孢杆菌(H10)对育成猪生长性能有一定的促进作用,但差异不显著,可能是由于处于育成阶段的猪只胃肠道对菌群的调节功能较强,故作用效果并不明显。

丁酸梭菌与丁酸钠的作用相似,能够产生丁酸等短链挥发性脂肪酸,促进肠道有益菌的生存和繁殖,抑制有害菌的产生,并能在肠道内产生淀粉酶等,从而提高饲料的利用率,促进畜禽生长(Aquilina等,2011)。此外,还能与乳酸菌、枯草芽孢杆菌等益生菌配合使用,增强其使用功效。本试验中将枯草芽孢杆菌与丁酸梭菌混合制剂(F10)饲喂育成猪,结果表明,F10能够有效降低育成阶段的料重比,进而改善其生长性能。枯草芽孢杆菌和丁酸梭菌混合制剂的协同作用效果可能是由于需氧的芽孢杆菌和厌氧的丁酸梭菌在对肠道内有害菌的竞争抑制过程中的互补,使得无论在有氧或无氧的环境下均能达到对有害菌群的抑制,从而有效维持肠内菌群平衡。

3.2 血清生化指标 本试验结果表明,6周时添加CSB、F10、H10这三种添加剂后育成猪血清皮质醇含量与对照组相比有所下降,说明几种添加剂具有一定的抗应激效果,且CSB组的抗应激效果最好,CZnO组皮质醇水平高于对照组及其他各组,可能是由于包膜氧化锌能够在肠道内释放,且锌是细胞膜的组成部分并能够促进蛋白质在体内的生物合成作用(陈艳珍等,2001)。四个试验组血清尿素氮含量均不同程度低于对照组,说明饲料中添加包膜丁酸钠等四种添加剂对育成猪体内氨基酸的平衡、氮的沉积和消化等方面有促进作用,但对育成猪的作用效果不明显,可能是由于此阶段猪只的生长发育及肠道功能趋于完善,自身的生长代谢加快,促进蛋白质的代谢,蛋白质的利用率提高所致。CSB组、F10组、H10组在一定程度上能够增加血清中葡萄糖及生长介素IGF-1的含量,从而促进葡萄糖、脂肪的代谢进程,CSB组和F10组对血清葡萄糖含量的影响主要是由于其在肠道代谢产生的丁酸的作用。

4 结论

综合各项指标来看,育成猪饲料中添加枯草芽孢杆菌和丁酸梭菌混合制剂效果较好,可一定程度上改善育成猪生长性能、降低饲料成本。

参考文献

- [1] 陈国顺,余荣,冯光或.饲料中添加包膜丁酸钠对香猪生产性能和血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2012,39(6):98~100.
- [2] 陈艳珍,李其凤,肖翠红等.氧化锌对仔猪生长、生化指标和消化的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2001,13(4):66~70.
- [3] 黄雪泉.添加枯草芽孢杆菌制剂对仔猪生产性能的影响[J].中国畜牧兽医,2010,37(7):212~214.
- [4] 李兴华.枯草芽孢杆菌和酵母细胞壁多糖对哺乳和断奶仔猪生产性能的影响研究:[硕士学位论文][D].南宁:广西大学,2013.
- [5] 刘连龙,李浙烽,陈强,卢建军等.包膜氧化锌体外稳定性试验及其对断奶仔猪生长性能的影响[J].营养饲料,2011,47(23):54~58.
- [6] Aquilina G, Bories G, Brantom P, et al. Scientific opinion on Miya-Gold (*Clostridium butyricum*) as a feed additive for weaned piglets, minor weaned porcine species and minor avian species [J]. European Food Safety Authority Journal, 2011, 9(1): 1951.
- [7] Biagi G, Piva A, Moschini M, et al. Performance, intestinal microflora, and wall morphology of weanling pigs fed sodium butyrate [J]. American Society of Animal Science, 2007, 85: 1184~1191.
- [8] Hathaway M R, Dayton W R, White M E, et al. Effect of feed intake on antimicrobially induced increases in porcine serum insulin-like growth factor I [J]. Journal of Animal Science, 1999, 77: 3208~3214.
- [9] Jang I, Kwon C H, Ha D M, et al. Effects of a lipid-encapsulated zinc oxide supplement on growth performance and intestinal morphology and digestive enzyme activities in weanling pigs. Journal of Animal Science and Technology, 2014, 56: 29. ■

(上接第11页)

- [2] 王泽明,董晓芳,佟建明.高温对蛋鸡的负面影响及其应对技术措施[J].动物营养学报,2013,25(5):932~942.
- [3] 张菁菁,沈根明,华国浩,等.高温应激下添加维生素E对蛋鸡血液生化指标和产蛋性能的影响[J].浙江农业学报,2016,28(2):228~233.
- [4] Balnave D, Muheereza S K. Improving Eggshell Quality at High Temperatures with Dietary Sodium Bicarbonate [J]. Poultry Science, 1997, 76: 588~593.
- [5] Cerci I H, That P, Azman M A, et al. The effect of restricted feed on feed intake, egg production and feed conversion in pullets [J]. Indian Veterinary Journal, 2003, 80(11): 1153~1157.
- [6] Galobart J, Barroeta A C, Baucells M D, et al. Lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids during storage as affected by dietary vitamins E and canthaxanthin supplementation [J]. Poultry Science, 2001, 80: 327~337.
- [7] Marsden A, Morris T R. Quantitative review of the effects of environmental temperature on food intake, egg output and energy balance in laying pullets [J]. British Poultry Science, 1987, 28(4): 693~704.
- [8] Mashaly M M, Hendricks G L, Kalama M A. Effect of heat stress on Production Parameters and immune responses of commercial laying hens [J]. Poultry Science, 2004, 83: 889~894.
- [9] Radwan N L, Hassan R A, Qota E M, et al. Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens [J]. Int J Poultry Sci, 2008, 7(2): 134~150.
- [10] Sahina N M, Tuzcub C, Orhana M, et al. The effects of vitamin C and E supplementation on heat shock protein 70 response of ovary and brain in heat-stressed quail [J]. British Poultry science, 2009, 50(2): 259~265. ■