

饲料标准回肠可消化缬氨酸水平对育肥猪生长性能、血浆氨基酸和尿素氮含量的影响

易孟霞¹ 易学武² 贺 喜¹ 陈达图¹ 胡官波¹ 张石蕊^{1*}

(1.湖南农业大学饲料安全与高效利用教育部工程研究中心(动物营养研究所),长沙 410128;

2.湖南新发展农牧科技有限公司,衡阳 421001)

摘 要: 通过2个试验探讨饲料中标准回肠可消化缬氨酸(SID Val)水平对育肥猪生长性能、血浆氨基酸和尿素氮含量的影响。试验1、试验2分别选用360头初始体重为(53.75±2.63) kg、(83.67±2.92) kg的杜×长×大三元杂交育肥猪,按体重相近、遗传基础相似的原则,随机分为5个处理,每个处理6个重复,每个重复12头猪。同一试验中,各处理的饲料除缬氨酸外,其余营养水平均参照NRC(2012)推荐标准设计。试验1中各处理试验饲料的SID Val水平分别为0.50%、0.55%、0.60%、0.65%和0.70%,试验期为50~80 kg阶段;试验2中各处理试验饲料的SID Val水平分别为0.43%、0.48%、0.53%、0.58%和0.63%,试验期为80~120 kg阶段。结果表明:试验1中饲料SID Val水平为0.65%和0.70%的处理的平均日增重和料重比差异不显著($P>0.05$),但较饲料SID Val水平为0.50%的处理得到显著改善($P<0.05$);试验2中饲料SID Val水平为0.53%、0.58%和0.63%的处理的平均日增重和料重比差异不显著($P>0.05$),但显著高于饲料SID Val水平为0.43%的处理($P<0.05$);随着饲料SID Val水平的增加,2个试验中试验猪的平均日增重和料重比均呈线性和二次趋势($P<0.01$)。除试验2中血浆谷氨酸和脯氨酸含量外,饲料SID Val水平对试验1和试验2中试验猪血浆尿素氮及所有必需氨基酸和其他非必需氨基酸含量均无显著影响($P>0.05$)。采用折线模型和二次曲线回归模型,综合平均日增重和料重比得出,育肥猪50~80 kg、80~120 kg阶段饲料标准回肠可消化赖氨酸水平分别为0.85%、0.70%时,其SID Val需要量范围值分别为0.61%~0.66%、0.52%~0.56%,最佳需要量分别为0.65%和0.53%。

关键词: 缬氨酸;育肥猪;生长性能;血浆氨基酸;血浆尿素氮

中图分类号: S816

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2015)07-2027-11

在饲料蛋白质水平降低的情况下,缬氨酸是猪常规饲料中的第五限制性氨基酸,开展猪缬氨酸需要量的研究,对于猪氨基酸模型的建立和完善有着十分重要的意义^[1]。但国内外有关育肥猪缬氨酸需要量的研究几乎没有,在最新的NRC(2012)^[2]中总结的氨基酸需要量文献综述里,近10年来没有1篇关于育肥猪缬氨酸需要量的研

究。由于国内外研究学者主要集中在对赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸和苏氨酸的大量试验和论述,少有缬氨酸需要量的合理评估,特别是对于育肥猪缬氨酸的需要量评估需要做更多的研究工作。本研究采用玉米-豆粕型饲料,以育肥猪为研究对象,以NRC(2012)^[2]猪的营养需要推荐值为标准,探讨在我国养殖条件下育肥猪的最佳标准回肠可消

收稿日期:2015-02-01

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(200903006)

作者简介:易孟霞(1980—),女,湖南宁乡人,硕士,从事饲料营养研究。E-mail: 81733743@qq.com

* 通信作者:张石蕊,教授,硕士生导师,E-mail: 163zsr@163.com

化缬氨酸(SID Val)的需要量。

1 材料与方法

1.1 试验动物及饲料

试验采用单因素完全随机设计。试验 1 选用 360 头初始体重为(53.75±2.63) kg 的杜×长×大三元杂交育肥猪,按体重相近、遗传基础相似的原则,随机分为 5 个处理,每个处理 6 个重复,每个重复(圈)12 头猪,公、母各占 1/2,试验期为 50~80 kg 阶段。以饲料标准回肠可消化氨基酸为基础补充赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸满足 NRC

(2012)^[2]推荐值,除缬氨酸外,其余养分满足或超过 NRC(2012)^[2]推荐值。试验配制了 5 种试验饲料,饲料的 SID Val 水平分别为 0.50%、0.55%、0.60%、0.65%和 0.70%。试验 2 选用 360 头初始体重为(83.67±2.92) kg 的杜×长×大三元杂交育肥猪,试验分组方法与试验 1 相同,试验期为 80~120 kg 阶段。试验配制的 5 种试验饲料的 SID Val 水平分别为 0.43%、0.48%、0.53%、0.58%和 0.63%。50~80 kg 和 80~120 kg 阶段育肥猪试验饲料组成及营养水平分别见表 1 和表 2。

表 1 50~80 kg 阶段育肥猪试验饲料组成及营养水平(饲喂基础)
Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets for finisher pigs

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平 SID Val level/%				
	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
原料 Ingredients					
小麦麸 Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
玉米 Corn	76.12	76.04	75.96	75.88	75.80
豆粕 Soybean meal	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
豆油 Soybean oil	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
石粉 Limestone	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
L-赖氨酸盐酸盐 L-Lys·HCl	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
DL-蛋氨酸 DL-Met	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
L-苏氨酸 L-Thr	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
L-色氨酸 L-Trp	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
L-异亮氨酸 L-Ile	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
L-缬氨酸 L-Val	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32
预混料 Premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels					
实测值 Measured values					
粗蛋白质 CP	13.56	13.43	14.10	13.95	13.39
钙 Ca	0.63	0.65	0.64	0.62	0.64
总磷 TP	0.47	0.49	0.47	0.48	0.48
赖氨酸 Lys	0.91	0.92	0.90	0.89	0.91
苏氨酸 Thr	0.59	0.62	0.59	0.62	0.60
蛋氨酸 Met	0.34	0.35	0.34	0.34	0.33
缬氨酸 Val	0.53	0.57	0.62	0.68	0.72
异亮氨酸 Ile	0.53	0.54	0.52	0.53	0.51
亮氨酸 Leu	1.21	1.22	1.21	1.22	1.19
色氨酸 Trp	0.18	0.17	0.17	0.16	0.17
计算值 Calculated values					
消化能 DE/(MJ/kg)	14.27	14.27	14.27	14.27	14.27

续表 1

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平 SID Val level/%				
	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
标准回肠可消化氨基酸 Standardized ileal digestible amino acids					
赖氨酸 Lys	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
苏氨酸 Thr	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
蛋氨酸 Met	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
缬氨酸 Val	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
异亮氨酸 Ile	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
亮氨酸 Leu	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
色氨酸 Trp	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets: VA 4 031 IU, VD₃ 1 705 IU, VE 49 IU, VK₃ 1.9 mg, VB₁₂ 23.0 μg,核黄素 riboflavin 4.0 mg,*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 10.3 mg,烟酸 niacin 15.0 mg,氯化胆碱 choline chloride 450 mg,Mn 30 mg,Fe 70 mg,Zn 70 mg,Cu 25 mg,I 0.3 mg,Se 0.3 mg。

表 2 80~120 kg 阶段育肥猪试验饲料组成及营养水平 (饲喂基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets for finisher pigs during 80 to 120 kg stage (as-fed basis)

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平 SID Val level/%				
	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63
原料 Ingredients					
小麦麸 Wheat bran	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
玉米 Corn	78.65	78.57	78.49	78.41	78.33
豆粕 Soybean meal	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
豆油 Soybean oil	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
石粉 Limestone	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
<i>L</i> -赖氨酸盐酸盐 <i>L</i> -Lys · HCl	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
<i>DL</i> -蛋氨酸 <i>DL</i> -Met	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<i>L</i> -苏氨酸 <i>L</i> -Thr	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
<i>L</i> -色氨酸 <i>L</i> -Trp	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<i>L</i> -异亮氨酸 <i>L</i> -Ile	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<i>L</i> -缬氨酸 <i>L</i> -Val	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32
预混料 Premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels					
实测值 Measured values					
粗蛋白质 CP	12.28	12.59	12.66	11.98	12.41
钙 Ca	0.62	0.59	0.62	0.60	0.61
总磷 TP	0.44	0.48	0.43	0.43	0.45
赖氨酸 Lys	0.80	0.79	0.82	0.80	0.82
苏氨酸 Thr	0.56	0.55	0.57	0.56	0.57
蛋氨酸 Met	0.28	0.29	0.29	0.30	0.28
缬氨酸 Val	0.50	0.54	0.59	0.66	0.71
异亮氨酸 Ile	0.51	0.50	0.51	0.51	0.51
亮氨酸 Leu	1.02	1.00	1.03	1.03	1.04

续表 2

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平 SID Val level/%				
	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63
色氨酸 Trp	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16
计算值 Calculated values					
消化能 DE/(MJ/kg)	14.27	14.27	14.27	14.27	14.27
标准回肠可消化氨基酸 Standardized ileal digestible amino acids					
赖氨酸 Lys	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
苏氨酸 Thr	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
蛋氨酸 Met	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
缬氨酸 Val	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63
异亮氨酸 Ile	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
亮氨酸 Leu	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
色氨酸 Trp	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of diets:VA 2 512 IU,VD₃ 1 200 IU,VE 34 IU,VK₃ 1.5 mg,VB₁₂ 17.6 μg,核黄素 riboflavin 2.5 mg,氯化胆碱 choline chloride 351 mg,烟酸 niacin 20.3 mg,D-泛酸 D-pantothenic acid 6.8 mg,Mn 10 mg,Zn 50 mg,Fe 50 mg,Cu 10 mg,I 0.3 mg,Se 0.3 mg。

1.2 饲养管理

试验在湖南大有养殖发展有限公司湘乡猪场进行。试验猪饲养在封闭式猪舍内,一半地面为水泥漏缝地面,通风良好。试验期间每天上午和下午各加料 1 次,自由采食和饮水,按猪场常规程序进行消毒、驱虫和免疫。

1.3 检测指标和方法

1.3.1 饲料成分

饲料干物质、粗蛋白质、钙和总磷含量分别参照中华人民共和国国家标准 GB/T 6435—1986、GB/T 6432—1994、GB/T 6436—2002 和 GB/T 6437—2002 推荐的方法测定。

饲料样品在 40 目粉碎后,分别在 110 ℃下 6 mol/L 盐酸水解 24 h 和 0 ℃下过甲酸氧化 16 h 后经盐酸水解 24 h 用氨基酸自动分析仪(日立 L-8800,日本)测定 15 种氨基酸和含硫氨基酸含量。

1.3.2 生长性能

分别于每个试验开始和结束时早晨空腹个体称重,以重复(圈)为单位记录耗料量,计算平均日增重、平均日采食量和料重比。

1.3.3 血液指标

在每个试验结束前 2 天,每圈按耳标固定 2 头猪(每个处理 12 头猪)进行空腹采血,用真空采血管从前腔静脉采血 10 mL,采用肝素钠抗凝管,血液在室温下倾斜放置 30 min,3 500 r/min 离心 10 min,分离血浆,置于-20 ℃冷冻保存。采用全

自动生化分析仪(拜耳 TECHNICON RA-1000,美国)及试剂盒(中生北控生物科技股份有限公司)方法测定血浆尿素氮含量。

采用经典的茚三酮柱后衍生法原理应用氨基酸分析仪(Sykam S-433D,德国)锂柱系统测定血浆氨基酸含量。取 1 mL 血浆于高速离心机专用离心试管中,加入 3 mL 磺基水杨酸(10%)的锂缓冲溶液,充分振荡摇匀,置于 4 ℃冰箱中存放 5 min,取出后离心,4 ℃下 50 000 r/min 离心 15 min,取上清液,通过锂离子交换色谱柱并与茚三酮在 130 ℃下进行衍生反应,测定血浆游离氨基酸含量^[3]。

1.4 统计分析

试验数据用 Excel 软件进行初步处理后,采用 SAS 8.2 的 GLM 模型统计分析。在所有处理的方差分析中,采用 ANOVA 程序对饲料 SID Val 水平进行分析,P<0.05 作为差异显著性标准;同时采用线性模型和二次曲线模型对饲料 SID Val 水平的影响进行评定,并用折线模型求得生长猪饲料中最佳 SID Val 需要量。

2 结果与分析

2.1 饲料 SID Val 水平对育肥猪生长性能的影响
整个试验期间,猪群健康状况良好。

试验 1:饲料 SID Val 水平最低处理(饲料 SID Val 水平为 0.50%)的平均日增重最低,仅为

882 g/d,随着饲料 SID Val 水平的增加,试验猪的平均日增重先升高后降低,且呈线性和二次趋势 ($P<0.01$),在饲料 SID Val 水平为 0.65%时试验猪的平均日增重最高,达到 931 g/d;饲料 SID Val 水平为 0.60%、0.65% 和 0.70% 的处理料重比相当,但均显著低于饲料 SID Val 水平为 0.50% 的处理 ($P<0.05$),且随着饲料 SID Val 水平的增加呈线性和二次趋势 ($P<0.01$),在饲料 SID Val 水平为 0.65% 时试验猪的料重比最佳,仅为 2.44 (表 3)。

试验 2:饲料 SID Val 水平最低处理(饲料 SID

Val 水平为 0.43%) 的平均日增重最低,仅为 917 g/d,随着饲料 SID Val 水平的增加,试验猪的平均日增重先升高后降低,且呈线性和二次趋势 ($P<0.01$),在饲料 SID Val 水平为 0.53%时试验猪的平均日增重最高,达到 960 g/d;饲料 SID Val 水平为 0.53%、0.58% 和 0.63% 的处理料重比相当,但均显著低于饲料 SID Val 水平为 0.43% 和 0.48% 的处理 ($P<0.05$),且饲料 SID Val 水平的增加呈线性和二次趋势 ($P<0.01$),在饲料 SID Val 水平为 0.53% 时试验猪的料重比最佳,仅为 2.96 (表 4)。

表 3 饲料 SID Val 水平对育肥猪(50~80 kg 阶段) 生长性能的影响(试验 1)

Table 3 Effects of dietary SID Val level on growth performance of finisher pigs (50 to 80 kg stage) (experiment 1)

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平					SEM	P 值 P-value		
	SID Val level/%						处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70				
初始体重 IBW/kg	53.81	53.57	53.59	53.64	54.14	1.15	0.99	0.83	0.92
终末体重 FBW/kg	77.62	77.59	78.08	78.79	79.18	1.24	0.86	0.26	0.51
平均日增重 ADG/(g/d)	882 ^b	889 ^b	907 ^{ab}	931 ^a	927 ^a	12.0	0.03	<0.01	<0.01
平均日采食量 ADFI/(g/d)	2 243	2 214	2 232	2 269	2 268	31.0	0.69	0.28	0.46
料重比 F/G	2.54 ^a	2.49 ^{ab}	2.46 ^b	2.44 ^b	2.45 ^b	0.02	0.02	<0.01	<0.01

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下表同。
Values in the same row with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

表 4 饲料 SID Val 水平对育肥猪(80~120 kg 阶段) 生长性能的影响(试验 2)

Table 4 Effects of dietary SID Val level on growth performance of finisher pigs (80 to 120 kg stage) (experiment 2)

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平					SEM	P 值 P-value		
	SID Val level/%						处理 Treatment	线性 Linear	二次 Quadratic
	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63				
初始体重 IBW/kg	83.84	84.02	83.33	83.75	83.43	1.28	0.99	0.78	0.96
终末体重 FBW/kg	113.18	114.17	114.16	114.48	114.01	1.30	0.97	0.62	0.76
平均日增重 ADG/(g/d)	917 ^b	942 ^a	964 ^a	960 ^a	956 ^a	8.0	<0.01	<0.01	<0.01
平均日采食量 ADFI/(g/d)	2 868	2 890	2 855	2 879	2 863	33.0	0.95	0.83	0.96
料重比 F/G	3.13 ^a	3.07 ^a	2.96 ^b	3.00 ^b	2.99 ^b	0.02	<0.01	<0.01	<0.01

2.2 饲料 SID Val 水平对育肥猪血浆氨基酸和尿素氮含量的影响

饲料 SID Val 水平对育肥猪血浆氨基酸和尿素氮含量的影响见表 5 和表 6。

试验 1:饲料 SID Val 水平对血浆尿素氮含量无显著影响 ($P>0.05$)。不同处理间血浆中各氨基酸含量方差分析均不显著 ($P>0.05$),但苯丙氨酸含量随饲料 SID Val 水平的增加呈现先降低后升

高的二次趋势 ($P<0.05$)。
试验 2:饲料 SID Val 水平对血浆尿素氮含量无显著影响 ($P>0.05$)。除血浆谷氨酸和脯氨酸含量外,随饲料 SID Val 水平的增加,血浆中所有必需氨基酸和其他非必需氨基酸含量均无显著变化 ($P>0.05$)。血浆谷氨酸和脯氨酸含量均以饲料 SID Val 水平为 0.48% 时最高,其中谷氨酸含量显著高于除饲料 SID Val 水平为 0.58% 的其余处理

($P<0.05$), 脯氨酸含量显著高于其他处理($P<0.05$)。

表 5 饲料 SID Val 水平对育肥猪 (50~80 kg 阶段) 血浆氨基酸和尿素氮含量的影响 (试验 1)

Table 5 Effects of dietary SID Val level on plasma amino acid and urea nitrogen contents of finisher pigs (50 to 80 kg stage) (experiment 1) %

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平					SEM	P 值 P-value		
	SID Val level/%						处理	线性	二次
	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70		Treatment	Linear	Quadratic
异亮氨酸 Ile	0.29	0.25	0.26	0.26	0.28	0.01	0.20	0.80	0.11
亮氨酸 Leu	0.71	0.62	0.63	0.63	0.65	0.03	0.22	0.26	0.09
赖氨酸 Lys	0.66	0.58	0.59	0.59	0.62	0.02	0.20	0.44	0.08
蛋氨酸 Met	0.31	0.30	0.30	0.31	0.31	0.01	0.17	0.34	0.30
苯丙氨酸 Phe	0.56	0.51	0.46	0.51	0.57	0.03	0.13	0.92	0.03
苏氨酸 Thr	0.46	0.41	0.42	0.41	0.44	0.02	0.53	0.75	0.24
缬氨酸 Val	0.43	0.40	0.40	0.40	0.42	0.02	0.45	0.60	0.20
丙氨酸 Ala	0.42	0.37	0.38	0.37	0.38	0.02	0.36	0.18	0.13
精氨酸 Arg	0.44	0.39	0.40	0.38	0.40	0.02	0.49	0.36	0.25
天冬氨酸 Asp	0.72	0.64	0.65	0.64	0.67	0.03	0.53	0.41	0.26
组氨酸 His	0.30	0.25	0.25	0.27	0.28	0.02	0.14	0.71	0.09
谷氨酸 Glu	1.18	1.06	1.07	1.05	1.08	0.05	0.48	0.26	0.22
甘氨酸 Gly	0.29	0.26	0.26	0.26	0.28	0.02	0.53	0.84	0.25
脯氨酸 Pro	0.82	0.75	0.75	0.74	0.76	0.04	0.46	0.19	0.19
丝氨酸 Ser	0.46	0.41	0.41	0.41	0.44	0.03	0.62	0.70	0.27
尿素氮 UN	3.46	2.15	2.81	3.13	2.78	0.38	0.20	0.77	0.56

表 6 饲料 SID Val 水平对育肥猪 (80~120 kg 阶段) 血浆氨基酸和尿素氮含量的影响 (试验 2)

Table 6 Effects of dietary SID Val level on plasma amino acid and urea nitrogen contents of finisher pigs (80 to 120 kg stage) (experiment 2) %

项目 Items	标准回肠可消化缬氨酸水平					SEM	P 值 P-value		
	SID Val level/%						处理	线性	二次
	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63		Treatment	Linear	Quadratic
异亮氨酸 Ile	0.27	0.27	0.27	0.29	0.28	0.01	0.75	0.36	0.66
亮氨酸 Leu	0.56	0.62	0.56	0.59	0.56	0.02	0.11	0.67	0.44
赖氨酸 Lys	0.52	0.59	0.53	0.55	0.53	0.02	0.27	0.67	0.49
蛋氨酸 Met	0.33	0.31	0.34	0.33	0.35	0.01	0.21	0.11	0.15
苯丙氨酸 Phe	0.40	0.43	0.38	0.42	0.39	0.02	0.47	0.77	0.92
苏氨酸 Thr	0.43	0.55	0.48	0.51	0.50	0.04	0.26	0.40	0.34
缬氨酸 Val	0.41	0.41	0.39	0.42	0.40	0.01	0.54	0.82	0.97
丙氨酸 Ala	0.34	0.36	0.32	0.35	0.32	0.01	0.09	0.30	0.49
精氨酸 Arg	0.37	0.39	0.35	0.38	0.35	0.01	0.17	0.30	0.48
天冬氨酸 Asp	0.60	0.65	0.57	0.63	0.57	0.03	0.10	0.41	0.53
组氨酸 His	0.23	0.26	0.23	0.23	0.23	0.01	0.21	0.60	0.80
谷氨酸 Glu	0.93 ^b	1.05 ^a	0.87 ^b	0.96 ^{ab}	0.88 ^b	0.03	<0.01	0.18	0.30
甘氨酸 Gly	0.24	0.27	0.23	0.26	0.24	0.01	0.31	0.56	0.73
脯氨酸 Pro	0.67 ^b	0.74 ^a	0.62 ^b	0.68 ^b	0.63 ^b	0.02	<0.01	0.12	0.24
丝氨酸 Ser	0.39	0.43	0.38	0.42	0.39	0.02	0.55	0.85	0.94
尿素氮 UN	2.31	1.62	1.83	2.68	1.99	0.35	0.27	0.73	0.85

2.3 育肥猪缬氨酸需要量的折线模型和回归分析

对试验 1 数据进行整理,分别以平均日增重和料重比数据作折线模型和二次回归分析,得出图 1 和图 2。图 1 中显示平均日增重的折点在饲料 SID Val 水平为 0.65%时(平台值为 927 g/d, $R^2=0.96$),平均日增重(Y)二次曲线最大值出现

在饲料 SID Val 水平(X)为 0.66%时($Y=-457.1X^2+812.6X+586.5, R^2=0.91$)。图 2 中显示料重比的折点在饲料 SID Val 水平为 0.61%时(平台值为 2.46, $R^2=0.98$),料重比(Y)二次曲线最小值出现在饲料 SID Val 水平(X)为 0.66%($Y=3.73X^2-4.92X+4.07, R^2=0.99$)。

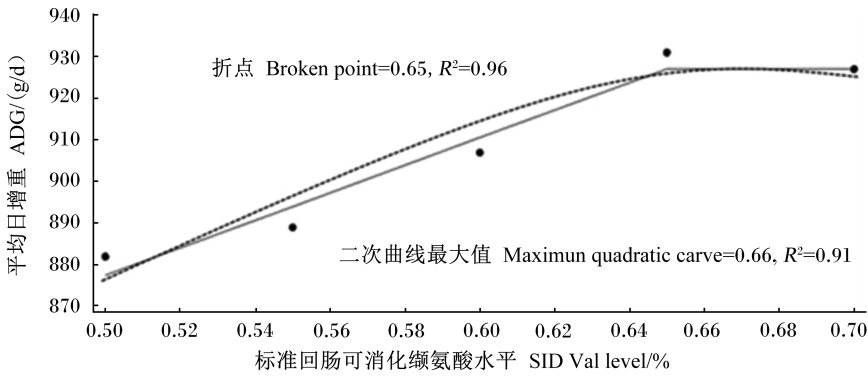


图 1 饲料 SID Val 水平与育肥猪(50 to 80 kg 阶段)平均日增重的折线和二次回归趋势
Fig.1 Broken-line and quadratic regression trends of between dietary SID Val level and ADG of finisher pigs (50 to 80 kg stage)

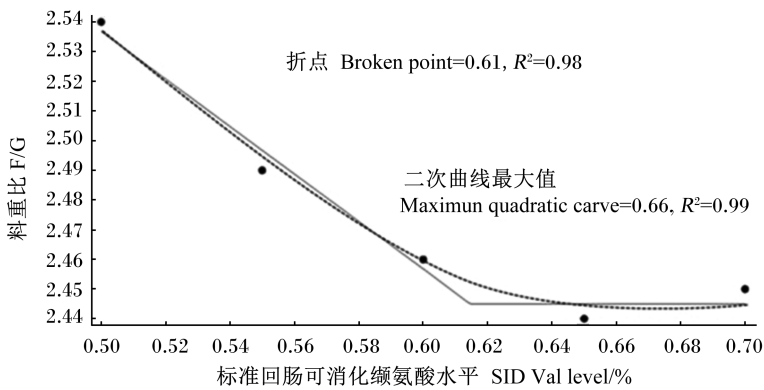


图 2 饲料 SID Val 水平与育肥猪(50 to 80 kg 阶段)料重比的折线和二次回归趋势
Fig.2 Broken-line and quadratic regression trends of between dietary SID Val level and F/G of finisher pigs (50 to 80 kg stage)

对试验 2 数据进行整理,分别以平均日增重和料重比数据作折线模型和二次回归分析,得出图 3 和图 4。图 3 显示平均日增重的折点在饲料 SID Val 水平为 0.52%时(平台值为 960 g/d, $R^2=0.98$),平均日增重(Y)二次曲线最大值出现在饲料 SID Val 水平(X)为 0.55%时($Y=-3071.7X^2+3372.3X+33.86, R^2=0.96$)。图 4 显示料重比的折点在饲料 SID Val 水平为 0.53%时(平台值为 2.99, $R^2=0.93$),料重比(Y)二次曲线最小值出现在饲料 SID Val 水平(X)为 0.56%时($Y=9.19X^2-$

$10.24X+5.83, R^2=0.88$)。

3 讨论

3.1 饲料 SID Val 水平对育肥猪前期生长性能的影响

自 1995 年以来对于缬氨酸需要量的研究主要集中在仔猪^[4]和生长猪^[5]上,育肥猪前期缬氨酸需要量的文献研究仅有 Lewis 等^[6]和 Liu 等^[7]2 篇文献。Lewis 等^[6]给 67~80 kg 育肥猪饲喂由玉米+玉米淀粉+明胶配制的半纯合饲料,其研究发

现 67~80 kg 育肥猪饲粮中赖氨酸含量为 0.64%，代谢能为 14.80 MJ/kg 时，饲粮缬氨酸需要量为 0.45%，SID Val 需要量为 0.38%，育肥猪采食 11.25 g/d 缬氨酸即可满足生长需要。之后，Liu 等^[7]研究发现，给初始体重为 59.8 kg 的育肥猪饲喂玉米豆粕型饲粮后，在真可消化赖氨酸水平为 0.70% 时，真可消化缬氨酸需要量为 0.37%，且育肥猪采食 11.4 g/d 缬氨酸即可满足生长需要，这

与 Lewis 等^[6]报道的结果相近，也与 NRC(1998)^[8]推荐的育肥猪前期缬氨酸需要量为 11.6 g/d 相近。在最新版的 NRC(2012)^[2]中，50~75 kg 阶段的育肥猪 SID Val 的推荐量为 0.55%，远远高于 Lewis 等^[6]和 NRC(1998)^[8]的 0.45% 及 Liu 等^[7]的 0.37%，但 NRC(2012)^[2]的 SID Val: 赖氨酸的推荐值为 65%，与 NRC(1998)^[8]推荐的 68% 相近，远远高于 Liu 等^[7]报道的 52%。

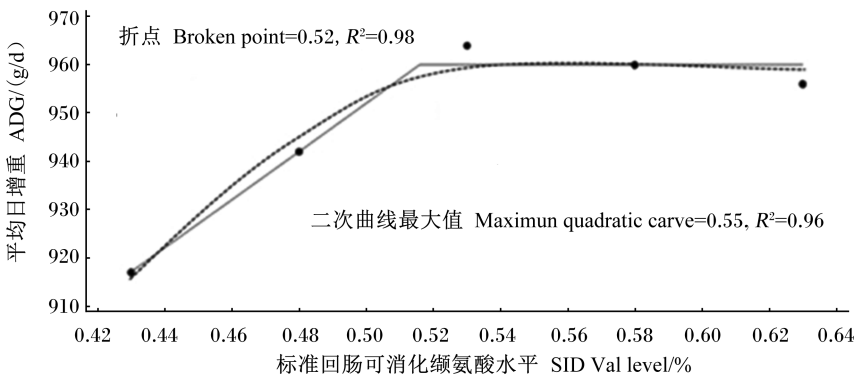


图 3 饲粮 SID Val 水平与育肥猪(80 to 120 kg 阶段)平均日增重的折线和二次回归趋势
Fig.3 Broken-line and quadratic regression trends of between dietary SID Val level and ADG of finisher pigs (80 to 120 kg stage)

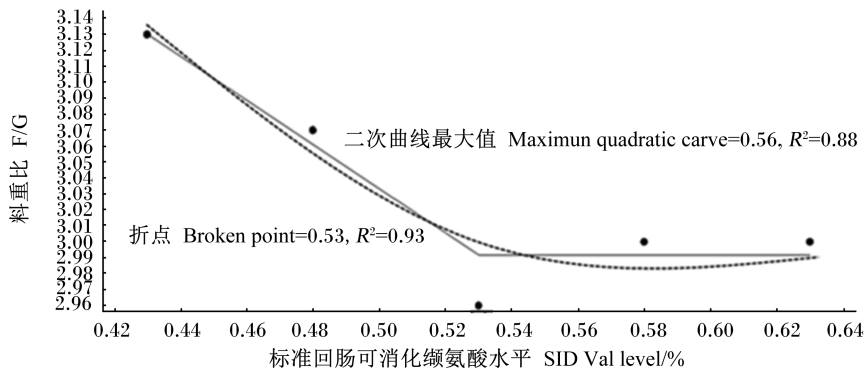


图 4 饲粮 SID Val 水平与育肥猪(80 to 120 kg 阶段)料重比的折线和二次回归趋势
Fig.4 Broken-line and quadratic regression trends of between dietary SID Val level and F/G of finisher pigs (80 to 120 kg stage)

在试验 1 中，当饲粮中标准回肠可消化赖氨酸(SID Lys)水平为 0.85% 时，以平均日增重和料重比作为评价指标时，得到育肥猪前期(50~80 kg 阶段)饲粮 SID Val 需要量范围值为 0.61%~0.66%，考虑到 50~80 kg 阶段的育肥猪在实际养殖中和生长猪一样，一般均以生长速度作为最佳评判指标，且综合表 3 的方差分析数据，即饲粮 SID Val 水平超过 0.61% 时料重比依然没有出现

显著增加，反而在饲粮 SID Val 水平达到 0.65% 时料重比最佳，仅为 2.44，这与平均日增重的数据分析中的折点 0.65% 一致。因此，以满足生长性能的最低饲粮 SID Val 水平 0.65% 作为育肥猪前期(50~80 kg 阶段)SID Val 的最低需要量更为适宜。

本试验得到育肥猪前期(50~80 kg 阶段)SID Val 需要量为 0.65%，远远高于 NRC(1998)^[8]推

荐的 0.45% 和 NRC(2012)^[2] 推荐的 0.55%。由于 NRC(1998,2012)^[2,8] 的营养需要量主要是依据前人研究文献总结或推算得出,如前所述,对于育肥猪前期缬氨酸需要量的相关研究仅 2 篇,且研究年份均已超过 10 年之久,随着养殖饲养水平的提高,品种、环境、饲养方式的改变,之前所述的 2 篇研究估测值可能偏低。这从最近 2 版 NRC 推荐数值的改变就可以看出,NRC(1998)^[8] 推荐的育肥猪前期 SID Val 为 0.45%,但 NRC(2012)^[2] 则提高到了 0.55%,日采食量也从 11.6 g/d 增加到 12.3 g/d。这表明 NRC 的编写者已经考虑之前的研究数值存在偏低的问题。此外,NSNG(2010)^[9] 中推荐的高生长速度瘦肉型猪(25~120 kg 平均日增重为 800 g/d 左右)的 SID Val 需要量为 0.60%(公猪)和 0.63%(母猪),与本研究得到的 0.65% 相近,这表明本次试验结果是符合当前饲养条件下育肥猪的 SID Val 需要的。

同时,在当前养殖条件下,按照 NRC(2012)^[2] 推荐的氨基酸需要量配制的饲料并不能满足当前的育肥猪前期生产需要(表 3 中的饲料 SID Val 水平为 0.55% 的处理与最佳处理相比,平均日增重显著降低),这表明 NRC(2012)^[2] 推荐的氨基酸含量并不一定可以满足我国当前生产条件下的育肥猪前期(50~80 kg 阶段)的最佳生产效益需求。

3.2 饲料 SID Val 水平对育肥猪后期生长性能的影响

目前暂未见育肥猪后期(80~120 kg 阶段)饲料 SID Val 需要量的相关报道。这其中的原因可能是 2 个方面:一方面是在 20 世纪末,一般条件下生长育肥猪的上市体重推荐为 90~100 kg,这样才能获得生产效益的最大化^[10],因此很少有关于育肥猪后期的相关试验研究;另一方面是在 2000 年以前,单一氨基酸的添加成本昂贵,尤其是蛋氨酸、色氨酸、缬氨酸等价格居高不下,对于利用氨基酸平衡来降低饲料蛋白质水平的研究仅停留在理论研究阶段,很少有规模养殖生产上的应用。上述这 2 个方面在近 10 年来均有了极大的改变,育肥猪的上市体重已经从 100 kg 增加到了 116 kg 甚至 130 kg 都不会影响到生产效益,相反还会有利于改善肉的品质^[11-12];单一氨基酸的商业化生产工艺技术得到提高,不仅使蛋氨酸、色氨酸等添加成本显著降低,甚至缬氨酸、精氨酸和异亮氨酸

等添加成本也在大幅度下降^[13]。因此,有必要利用合成氨基酸进行育肥猪后期的氨基酸需要量的研究,以期为养猪生产提供更多的参考数据和降低饲料配制成本。

在试验 2 中,当饲料 SID Lys 水平为 0.74% 时,以平均日增重和料重比作为评价指标时,得到育肥猪后期(80~120 kg 阶段)饲料 SID Val 需要量范围值为 0.52%~0.56%,考虑到 80~120 kg 阶段的育肥猪在实际养殖条件下一般以料重比作为最佳评判指标,且综合表 4 的方差分析数据,即饲料 SID Val 水平超过 0.52% 时,平均日增重依然没有出现下降,反而在饲料 SID Val 水平达到 0.53% 时,平均日增重最佳,达到 964 g/d,这与料重比的数据分析中的折点 0.53% 一致。因此,满足饲料最佳报酬的最低饲料 SID Val 水平 0.53% 作为育肥猪后期(80~120 kg 阶段)SID Val 的最低需要量更为适宜。

同育肥猪前期一样,国内外对于育肥猪后期缬氨酸需要量的相关研究缺乏,而 NRC(1998)^[8] 引用的文献研究年份已超过 15 年,随着饲养水平的提高,品种、环境、饲养方式的改变,其推荐值(0.35%)可能偏低。NRC(2012)^[2] 对 75~100 kg 阶段育肥猪 SID Val 的推荐量为 0.48%,100~135 kg 阶段育肥猪的推荐量为 0.41%,与 NSNG(2010)^[9] 分别推荐的 0.51%(母猪)、0.47%(阉公猪)和 0.45%(母猪)、0.41%(阉公猪)相近,本次研究得到育肥猪后期(80~120 kg 阶段)的 SID Val 需要量为 0.53%,与 NSNG(2010)^[9] 推荐的 80~100 kg 母猪 SID Val 需要量(0.51%)比较接近,略高于 NRC(2012)^[2] 对 75~100 kg 育肥猪的推荐值(0.48%)。

由于本试验为 80~120 kg 阶段的育肥猪,参考的营养标准为 NRC(2012)^[2] 推荐的 75~100 kg 阶段的需要量数据,没有在 100 kg 体重的时候再分阶段重新设计试验饲料,导致 100~120 kg 的 SID Lys 与 80~100 kg 阶段的含量一样,提高了 100~120 kg 阶段育肥猪饲料 SID Lys 的含量,可能引起了该阶段育肥猪 SID Val 需要量的相应增加,从而可能高估了整个阶段育肥猪 SID Val 的需要量。如果进一步细分育肥猪的试验阶段,是否会得到与 NRC(2012)^[2] 推荐量相一致的数据,这需要进行进一步的研究。

同时按照 NRC(2012)^[2] 推荐的氨基酸需要

量配制的饲料并不能满足当前的养猪生产需要[表4中的饲料 SID Val 水平为 0.48% 的处理与最佳处理相比,平均日增重相近(942 g/d vs. 964 g/d),料重比则显著增加],这表明 NRC (2012)^[2]推荐的氨基酸含量可以满足当前养殖条件下的育肥猪后期(80~120 kg 阶段)的生长需求,但并不一定达到最佳生产效益。当然,正如上所述,由于试验过程体重阶段划分的差异性可能影响到猪的饲料效益计算,因此需要进一步的研究才能确定。

3.3 饲料 SID Val 水平对育肥猪血浆氨基酸和尿素氮含量的影响

血浆尿素氮和游离氨基酸已确定是氨基酸需要量的重要衡量指标并且已广泛应用^[14-15]。Coma 等^[14]报道指出,瘦肉组织的生长与血浆尿素氮、游离氨基酸的含量呈负相关,但大多数研究表明饲料中蛋白质的质量和水平影响血液中的尿素氮和游离氨基酸的含量。试验1和试验2中饲料 SID Val 水平的增加对血浆尿素氮和游离必需氨基酸含量的影响几乎均不显著,试验中参考的氨基酸模型是依据 NRC (2012)^[2]推荐的理想蛋白质模型,这说明本试验中饲料 SID Val 的水平设置比较合理,并没有因为过高或过低而对育肥猪体内氨基酸利用率产生不良影响。

4 结 论

在 50~80 kg、80~120 kg 阶段的育肥猪生产中,当饲料中 SID Lys 水平分别为 0.85% 和 0.74% 时,以平均日增重及料重比作为评价指标,采用折线和二次回归模型分析,得到 2 个阶段育肥猪的饲料 SID Val 需要量范围值为 0.52%~0.56%,最佳需要量分别为 0.65% 和 0.53%。同时,在本试验条件下,参照 NRC (2012) 推荐的氨基酸需要量模型配制的饲料并不能较好的满足当前的育肥猪生产需要。

参考文献:

[1] FIGUEROA J L, LEWIS A J, MILLER P S, et al. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine[J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 81(6): 1529-1537.

[2] NRC. Nutrient requirements of swine[S]. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012.

[3] JONES B N, GILLIGAN J P. *O*-phthalaldehyde pre-column derivatization and reversed-phase high-performance liquid chromatography of polypeptide hydrolysates and physiological fluids[J]. *Journal of Chromatography A*, 1983, 266: 471-482.

[4] 易孟霞, 易学武, 贺喜, 等. 仔猪缬氨酸需要量的研究进展[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(3): 578-584.

[5] 易孟霞, 易学武, 贺喜, 等. 标准回肠可消化缬氨酸水平对生长猪生长性能、血浆氨基酸和尿素氮含量的影响[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(8): 2085-2092.

[6] LEWIS A J, NISHIMURA N. Valine requirement of the finishing pig[J]. *Journal of Animal Science*, 1995, 73(8): 2315-2318.

[7] LIU H, ALLEE G L, TOUCHETTE K J, et al. Effect of reducing protein and adding amino acids on performance, carcass characteristics, and nitrogen excretion, and the valine requirement of early-finishing barrows[J]. *Journal of Animal Science*, 2000, 78(Suppl. 2): 66.

[8] NRC. Nutrient requirements of swine[S]. Washington, D.C.: National Academies Press, 1998.

[9] NSNG. National swine nutrition guide[S]. Ames, U.S. Pork Center of Excellence, 2010.

[10] ELLIS M, WEBB A J, AVERY P J, et al. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughter-house on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork[J]. *Animal Science*, 1996, 62(3): 521-530.

[11] LATORRE M A, RIPOLL G, GARCÍA-BELENQUER E, et al. The effect of gender and slaughter weight on loin and fat characteristics of pigs intended for Teruel dry-cured ham production[J]. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2009, 7(2): 407-416.

[12] LATORRE M A, LÁZARO R, VALENCIA D G, et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82(2): 526-533.

[13] 易学武. 生长育肥猪低蛋白日粮净能需要量的研究[D]. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2009.

[14] COMA J, ZIMMERMAN D R, CARRION D. Relationship of rate of lean tissue growth and other factors to concentration of urea in plasma of pigs[J]. *Journal of Animal Science*, 1995, 73(12): 3649-3656.

[15] GUZIK A C, SOUTHERN L L, BIDNER T D, et al.
The tryptophan requirement of nursery pigs[J]. Jour-

nal of Animal Science, 2002, 80(10): 2646-2655.

Effects of Dietary Standardized Ileal Digestible Valine Level on Growth Performance, Plasma Amino Acid and Urea Nitrogen Contents of Finishing Pigs

YI Mengxia¹ YI Xuewu² HE Xi¹ CHEN Datu¹ HU Guanbo¹ ZHANG Shirui^{1*}

(1. Engineering Research Center for Feed Safety and Efficient Utilization of Ministry of Education (Institute of Animal Nutrition), Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Hunan Xinfazhan Agriculture and Animal Husbandry Technology Co., Ltd., Hengyang 421001, China)

Abstract: Two experiments were conducted to investigate the effects of dietary standardized ileal digestible (SID) valine (Val) level on growth performance, plasma amino acid and urea nitrogen contents of finishing pigs. Each experiment contained 360 barrows (Duroc×Landrace×Yorkshire) which were allotted to five treatments with six replicates per treatment and 12 pigs per replicate according to the similar body weight and genetic foundation. Average initial body weight of pigs in experiment 1 was (53.75±2.63) kg and in experiment 2 was (83.67±2.92) kg. In the same experiment, except dietary Val, the nutrient levels of experimental diets were referred to recommend the nutrient requirements of swine in NRC (2012). Dietary SID Val level was 0.50%, 0.55%, 0.60%, 0.65% and 0.70% in experiment 1, respectively, and the experiment lasted from 50 to 80 kg of body weight; dietary SID Val level was 0.43%, 0.48%, 0.53%, 0.58% and 0.63% in experiment 2, respectively, and the experiment lasted from 80 to 120 kg of body weight. The results showed as follows: in experiment 1, the average daily gain and feed/gain of treatments with the dietary SID Val level at 0.65% and 0.70% were not significantly different ($P>0.05$), but were significantly improved when compared with the treatment with the dietary SID Val level at 0.50% ($P<0.05$). In experiment 2, the average daily gain and feed/gain of treatments with the dietary SID Val level at 0.53%, 0.58% and 0.63% were not significantly different ($P>0.05$), but were significantly improved when compared with the treatment with the dietary SID Val level at 0.43% ($P<0.05$). With the dietary SID Val level increasing, the average daily gain and feed/gain had linear and quadratic trends in both experiments ($P<0.01$). In addition to plasma glutamate and proline contents of finishing pigs in experiment 2, plasma urea nitrogen, essential and non-essential amino acid contents of finishing pigs in both experiments were not significantly affected by dietary SID Val level ($P>0.05$). With broken-line model and quadratic regression model of the data from average daily gain and feed/gain, the dietary SID Val requirement is 0.61% to 0.66% when the dietary SID lysine level is 0.85% and the optimum SID Val level is 0.65% for 50 to 80 kg finishing pigs, and the dietary SID Val requirement is 0.52% to 0.56% when the dietary SID lysine level is 0.70% and the optimum SID Val level is 0.53% for 80 to 120 kg finishing pigs. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(7): 2027-2037]

Key words: valine; finishing pig; growth performance; plasma amino acids; plasma urea nitrogen