

蛋鸡的理想氨基酸比例与代谢能需要量

IDEAL AMINO ACID PROFILE AND METABOLIZABLE ENERGY REQUIREMENTS FOR LAYERS

Craig N. Coon 博士
美国阿肯色州立大学家禽系

引言

蛋鸡对日粮的能量和氨基酸需要量应建立在特定的环境条件、维持需要以及产蛋量的基础上。蛋鸡的维持能量需要量与环境温度和体重的关系非常密切，而且对每日总饲料进食量有极大的影响。蛋鸡的日氨基酸需要量主要受产蛋量的影响，日需要量中仅有很小的比例用于维持。用因子设计法测定代谢能和氨基酸需要量可为饲养当代蛋鸡与未来的新品系提供有用的营养信息。商品蛋鸡的遗传潜力正不断地向满足家禽工业市场需要的方向发展。为生产汤蛋和壳蛋市场的遗传品系正在形成，它们在蛋量和饲料报酬方面有很大的差异。代谢能进食量模式的预测非常重要，因为日粮中其它营养素的浓度取决于蛋鸡代谢能的进食量。能量分配模式的准确性取决于对维持能量 (ME_m) 以及用于生产的能量利用率 (EU) 的估计。已有关于上述估测值，ME_m 和 EU 变异系数显著的报导，这主要由于测定方法不同所致。

本文目的为：

- (1) 报导数个测定维持代谢能 (ME_m) 和产蛋能量利用率 (EU) 主试验；
- (2) 测试饲喂玉米—豆粕—肉骨粉、蛋白水平 14% 并补充合成氨基酸日粮的蛋鸡生产性能是否能与饲喂 16-18% 蛋白水平的玉米—豆粕—肉骨粉日粮的相等；
- (3) 测定商品蛋鸡最佳生产性能的理想氨基酸比例以及可消化氨基酸的日进食量。

代谢能的研究

试验 1: 总数为 50 只 46 周龄的蛋鸡，单笼饲养于 19.7°C 并自由采食。于 1、

4、7 和 10 天给母鸡按每公斤体重 10 毫克肌肉内注射停产药物 TAM(Tamoxifen)。在 9 周试验期间每 3 天记录体重 (W, kg) 和饲料进食量(FI)。每日记录产蛋率(EP)，在第一次注射 TAM 后一周，产蛋率降至零。用产蛋率为零阶段的数据将代谢能进食量(MEI, kcal / 只 / 日)与代谢体重($W^{0.75}$)以及体重变化(ΔW , 克 / 日)进行回归分析，为每只母鸡估测维持代谢能(MEm)以及每单位增重的能量需要量。然后用这些估测值计算蛋鸡在恢复产蛋后的产蛋能量利用率。这样，对每只母鸡的维持代谢能(MEm)和产蛋能量利用率(EU)进行了独立的估测。

试验 2：将总数为 120 只单笼饲养 62 周龄的蛋鸡分配入 6 个鸡舍，每舍 20 只，各舍的温度为 7.5、15.2、21.4、25.8、32.4 和 36.5 °C。本试验采用与试验 1 相同的技术，旨在测定维持代谢能(MEm)受温度和产蛋能量利用率(EU)的影响。

试验 3：总数为 90 只 84 周龄的蛋鸡分为 9 组，每组 10 只。在试验开始时将一组(10 只)鸡宰杀并分析其体成分。其它各组每只 / 日分别喂给 30、40、50、60、70、80、90 克饲料和自由采食，共 16 天；试验结束时全部宰杀并分析体成分。对试验期间所产的蛋进行称重并分析蛋的成分。将代谢能进食量(MEI)与体能量变化(BEC)以及产蛋量能量(EME)进行回归分析。

试验 4：从试验 1-3 的估测值推导出以下两个预测代谢能进食量(MEI)的模式，即：

$$\text{公式 1 } MEI = W^{0.75} (209.4 - 6.5873T + 0.0905T^2) + 5 \Delta W + EM \times EEC / 0.63$$

$$\text{公式 2 } MEI = W^{0.75} (143.7 - 1.612T) + 5 \Delta W + EM \times EEC / 0.63$$

式中 EM=蛋量(克 / 只 / 日)，EEC=蛋能量浓度(千卡 / 克蛋量)

用以下试验资料测试以上两个模式并与文献(2-5)中的模式相比。总数为 480 只 26 周龄单笼饲养的蛋鸡随机分配至 4 × 4 (温度 × 品系：10.0, 18.3, 26.7, 35.0°C；A, B, C, D) 的因子设计试验方案中。根据两周适应期的饲料进食量为每个温度配制一日粮，并让母鸡在以 4 周为一期的三期试验中自由采食。记录个体生产性能(饲料进食量、体重和蛋量)。

结果与讨论

试验 1 结果：估测的平均日维持代谢能(MEm)为 117.3 ± 2.0 千卡 / 代谢体重($W^{0.75}$)。产蛋的能量利用率(EU)为 $60.4 \pm 17.8\%$ (表 1)。

试验 2 结果：在 7.5、15.2、21.4、25.8、32.4 和 36.5℃时产蛋能量利用率的估测值分别为 112.8、81.4、61.4、66.7、63.0 及 69.8% (表 2)。

表 1 维持代谢能 ME_m(a) 的估测值与单位体重变化的能量需要(c 与 c')

—用试验 1 中的两个回归模式 1 与估测的产蛋能量利用率

	模式 1			模式 2		产蛋能量利用率
	a	c	调整的 R	C ²	调整的 R	%
试验鸡数 n	46	46	46	46	46	38
平均数 Mean	117.3	3.764	0.977	3.742	0.768	60.45
标准误 SE	2.03	0.101	0.003	0.098	0.023	1.776

回归模式 1 Model 1: $MEI = aW^{0.75} + cWC$, where WC=weight change (g / d);

回归模式 2 Model 2: $MEI = a' + c'WC$ 。

表 2 试验 2 的生产指标与计算的利用率

温度(℃)	7.5	15.2	21.4	25.8	32.4	36.5
样本数	18	14	19	14	14	9
产蛋量(克 / 只 / 日)	48.15	48.08	48.48	52.29	49.57	31.85
蛋总能(千卡 / 克蛋量)	1.65	1.61	1.64	1.66	1.65	1.60
体重(千克)	1.64	1.73	1.66	1.91	1.63	1.53
体重变化(克 / 只 / 日)	-0.19	-1.71	0.91	-0.06	-4.76	-4.05
饲料进食量(克 / 只 / 日)	108.1	94.3	103.0	97.3	83.8	59.3
产蛋能量利用率 (%)	112.8	81.4	61.4	66.7	63.0	69.8
维持代谢能(千卡 / W ^{0.75} / 日)	167.2	124.2	114.5	97.8	94.6	86.9
校正的维持代谢能	134.2	108.5	118.9	92.4	98.2	83.1

1 饲料含代谢能 2954 千卡 / 公斤;

2 校正的维持代谢能是以产蛋能量利用率 63%、每克增重或减重增加或降低 5 千卡能量需要而计算所得。

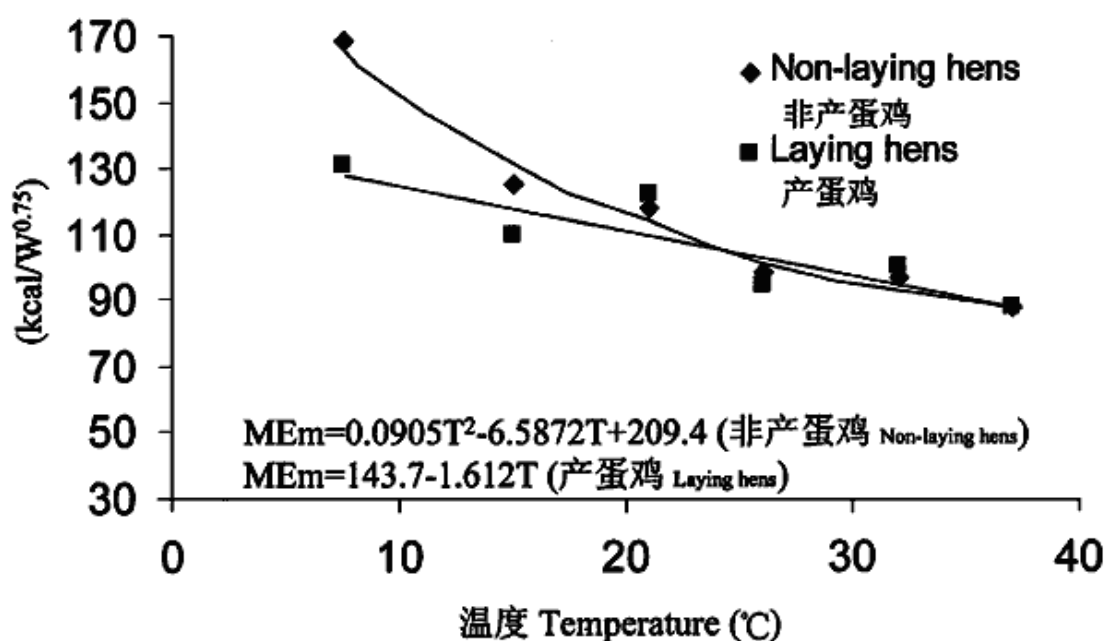


图 1 温度对维持能量需要量的影响

非产蛋期间维持代谢能 (ME_m) 与温度间的相互关系如下:

$ME_m(kcal / W^{0.75}) = 0.0905T^2 - 6.5873T + 209.4$ ($R^2=0.985$, $P<0.005$, $MSR=28.4$)。非产蛋期测得的维持代谢能 (ME_m) 似乎是对产蛋期 ME_m 的过高估计, 这点可由低温下 (7.5 和 15.2°C) 产蛋能量利用率估计过高所证明。假定在各温度下产蛋期的产蛋能量利用率恒定为 63%, 则维持代谢能 (ME_m) 与温度的相互关系可由直线回归表示如下:

$ME_m(kcal / W^{0.75}) = 143.7 - 1.612T$ ($R^2=0.78$)。图 1 所示为用以上两个公式对 6 个温度所预测的 ME_m 的差异。

试验 3 结果: 从试验 3 的数据可得到三个回归公式。

公式 1 $MEI = 161.6 + 1.026BEC + 1.4623EME$ ($R^2=91.51$)

公式 2 $MEI = 120.1W^{0.75} + 0.968BEC + 1.397EME$ ($R^2=0.9905$)

使用体重下降母鸡的数据得到:

公式 3 $MEI = 123.5W^{0.75} + 0.986BEC + 1.397EME$ ($R^2=0.989$)

$W^{0.75}$ = 代谢体重;

B E C = 体能量变化；

E M E = 产蛋量能量。

以上数据表明：体能与日粮能量以等价值使用。在 19.7℃ 时公式 1-3 的产蛋能量利用率 (EUEP) 分别为 0.684、0.716 和 0.725；公式 1 和公式 2 的维持代谢能 (ME_m) 利用率分别为 120 与 123 kcal / kg W^{0.75}。

试验 4 结果：公式 2 对实际代谢能的预测最接近。NRC (2) 公式在所有的模式中居第二位，但似乎对寒冷条件下的进食量估计过高。用经验模式 (5) 的预测可靠性最差 (表 3)。

表 3 实际代谢能进食量 (MEI；千卡 / 日) 与
试验 4 中估测的代谢能进食量 (千卡 / 日)

温度	品系	代谢能	模式 1	模式 2	Emmans	NRC	Presti	Peguri
		进食量			1974	1994	1992	and Coon
10		324	361	324	357	338	364	354
18.3		297	319	311	333	322	333	342
26.7		282	290	294	305	301	301	324
35		223	219	215	214	210	328	227
	B	277	288	278	290	286	338	296
	CV	296	314	302	326	313	335	341
	DD	291	305	293	309	302	293	321
	HW	264	284	273	287	282	362	292

氨基酸需要量的研究

1. 蛋鸡品系与管理

试验 1：360 只 46 周龄的迪卡-XL 蛋鸡随机分配入 (25.4×45.7 厘米) 的蛋鸡笼，每笼 3 只鸡。将母鸡分成 15 组，每组 8 个重复。每笼 3 只为一重复。光照程序为：16 小时光照，8 小时黑暗，鸡舍环境温度为 21.3℃。自由采食与饮水。蛋鸡饲喂试验日粮 16 周或 4 个 28 天。

试验 2: 1400 只 33 周龄的海兰鸡随机接受 40 个处理，每处理 7 个重复，每重复 5 只鸡。母鸡饲养于(49.9 厘米深×48.9 厘米宽)蛋鸡笼中。光照程序为：16 小时光照，8 小时黑暗，鸡舍环境温度为 21.3℃。蛋鸡饲喂试验日粮 16 周或 4 个 28 天。

试验 3: 1160 只 35 周龄的海兰 W-36 蛋鸡随机接受 29 个处理，每处理 10 个重复。母鸡饲养于商品蛋鸡笼中(49.9 厘米深×48.9 厘米宽)，每笼 4 只母鸡。光照程序为：16 小时光照，8 小时黑暗，鸡舍环境温度为 21.3℃。蛋鸡饲喂试验日粮 12 周或 3 个 28 天。

试验 4: 1120 只 38 周龄的迪卡-Delta 蛋鸡随机接受 28 个处理，每处理 10 个重复，每重复 4 只母鸡。饲养于深 49.9 厘米、宽 48.9 厘米的蛋鸡笼中。光照程序为：16 小时光照，8 小时黑暗，鸡舍环境温度维持在 21.3℃。蛋鸡饲喂试验日粮 12 周或 3 个 28 天。

试验 5: 640 只 60 周龄的海兰 W-36 商品蛋鸡随机接受 16 种处理，每处理 1 个重复，每重复 10 只母鸡。光照程序为：16 小时光照，8 小时黑暗，鸡舍环境温度维持在 21.3℃。蛋鸡饲喂试验日粮 12 周或 3 个 28 天。

试验 6: 336 只 29 与 35 周龄的迪卡-XL 商品蛋鸡随机接受 21 种日粮处理，每处理 4 个重复，每重复 4 只母鸡。母鸡饲养于商品蛋鸡笼中(49.9 厘米深×48.9 厘米宽)，在 6 周内自由采食试验饲料与饮水。29 周龄的蛋鸡在试验开始时接受 11 种日粮处理，35 周龄的蛋鸡在试验开始时接受 10 种日粮处理。在 6 周试验的第一周给 29 周龄蛋鸡提供 15 小时光照和 9 小时黑暗的光照制度，然后每周增加 15 分钟光照直至试验第 5 周达到 16 小时光照。给 35 周龄母鸡在整个 6 周试验期内提供 16 小时光照和 8 小时黑暗。

试验 7: 850 只四个不同品系的 36 周龄商品蛋鸡随机接受 25 种日粮处理，每处理 8 个重复。每组母鸡饲养在与试验 2 和 3 相同的鸡笼中，接受相同的光照制度。试验日粮饲喂 16 周或 4 个 28 天的阶段，每个品系的商品蛋鸡饲喂 5 种试验日粮。一个商品系的另外两个重复在 16 周试验期间也饲喂 5 个试验日粮。用这另外两组鸡在 16 周试验期结束前进行一个为期 2 周的氮平衡试验。

2. 日粮

试验 1 中采用含蛋白质 14%、16%、18%和 19.5%的日粮。为了测定需要补充那几种氨基酸才能达到与饲喂 18%蛋白相等的产蛋性能，在 14%和 16%蛋白水平的日粮中都添加了必需氨基酸与非必需氨基酸的组合。

试验2和3中采用前面代谢能需要量试验中已报导过的玉米—豆粕—肉骨粉日粮(6)。在试验2和3中在14%蛋白的日粮中都添加了结晶的蛋氨酸、赖氨酸、精氨酸、苏氨酸、色氨酸、异亮氨酸以及缬氨酸使之与18%蛋白日粮的总氨基酸水平相等(试验2)或与可消化氨基酸水平相等(试验3)。蛋鸡对蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、精氨酸、苏氨酸、缬氨酸以及异亮氨酸增量的反应是通过在基础日粮中对每个测试氨基酸增加四个水平而进行评估,即每种测试氨基酸5个水平。与试验2不同的是试验3未对蛋氨酸和色氨酸进行测定。

试验4的日粮由两部分组成。一种是以玉米、豆粕、芝麻粕、玉米蛋白粉、双低菜粕(Canola)以及肉骨粉配制的含可消化赖氨酸0.931%、粗蛋白25%的极高蛋白日粮。然后用由淀粉、一水葡萄糖、维生素与矿物质组成的日粮进行稀释。通过对极度高蛋白日粮的稀释得到一系列可消化赖氨酸含量从0.3%至0.93%的日粮,这样使各处理间保持着相同的蛋白质和氨基酸比例。同时,另外配制一组蛋白水平为14%、15%和16%的日粮;日粮由玉米、芝麻粕、玉米蛋白粉、双低菜粕(Canola)和肉骨粉组成,用添加合成氨基酸的方法使日粮中可消化蛋氨酸、精氨酸、色氨酸、缬氨酸、苏氨酸与异亮氨酸的水平保持一致。三个以玉米、豆粕和肉骨粉组成的传统日粮提供16%蛋白水平,添加或不加赖氨酸,还有一个18%蛋白的日粮。

试验5由3个14%蛋白的基础日粮和一个18%蛋白含玉米—豆粕—肉骨粉的对照日粮组成。一个14%蛋白、色氨酸缺乏由玉米、肉骨粉、玉米蛋白粉和双低菜粕(Canola)组成的日粮,用以提供五个色氨酸水平,范围为0.09%~0.155%可消化色氨酸。一个14%蛋白、蛋氨酸与总含硫氨基酸缺乏的基础日粮由玉米—豆粕—肉骨粉组成。这两个含硫氨基酸缺乏的基础日粮是相同的,只是总含硫氨基酸缺乏的基础日粮不加胱氨酸,而蛋氨酸缺乏的基础日粮通过添加0.147%结晶胱氨酸含有0.5%的可消化胱氨酸。在这两个含硫氨基酸缺乏的基础日粮中增加4个水平的蛋氨酸添加量,共配成10个日粮,从0.209%可消化蛋氨酸/.415%可消化总含硫氨基酸至0.478%可消化蛋氨酸/0.684%可消化总含硫氨基酸。高胱氨酸基础日粮中的蛋氨酸水平的范围相同,但可消化总含硫氨基酸的范围为0.562%至0.831%。

试验6的日粮是用由玉米—豆粕组成的8%蛋白水平的基础日粮,补充必需氨基酸和非必需氨基酸使除蛋氨酸和胱氨酸外的氨基酸水平高于NRC(1994)的推

荐水平。试验日粮的配制首先是通过添加日粮胱氨酸以评估蛋氨酸的需要量；然后用已测得的蛋氨酸需要量通过饲喂同一基础配方而不添加胱氨酸以测定胱氨酸的需要量。

试验 7 中的日粮由玉米—豆粕—肉骨粉组成，提供 14%、16%和 18%蛋白水平。各处理组的日粮为：18%蛋白+蛋氨酸；16%蛋白+蛋氨酸；16%蛋白+蛋氨酸+赖氨酸；14%蛋白+蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸和精氨酸以及 14%蛋白+蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、精氨酸、异亮氨酸和缬氨酸。日粮以试验 2 和 3 中测得的可消化氨基酸需要量配制。

3. 数据收集

●在 6 周、12 周和 16 周的试验中每日收集蛋以测定母鸡日产蛋率；每周一天从一个重复测定蛋重。蛋量的测定为产蛋率×蛋重 / 100。

●在所有的试验中测定试验起始和结束时的母鸡体重，但试验 6 除外，这是一个 6 周的试验，每两周测一次体重。数据以试验时体重变化的克数表示。

●对 12 周和 16 周的试验，采食量通过对每 28 天(一期)剩料的称重而测定，对于试验 6 则每 2 周测定一次。

●鸡蛋成分(蛋白%、蛋黄%、壳与壳膜%)在第 5 周和第 6 周(6 周试验)之间和第 11 周和 12 周(12 周试验)之间测定，对 16 周的试验，蛋成分在第 16 周测定。

●日粮的氨基酸消化率用 Sibbald 的方法测定，即分析从强饲成年公鸡收集的粪样与饲料中的氨基酸成分计算而得。

●在试验 7 中用 10 只单笼饲养的母鸡饲喂每个五种测试日粮，进行一完整的氮平衡试验。两周内所产的全部鸡蛋留作氮的分析。

●胴体的氮平衡变化是通过宰杀 10 头同品系、饲喂同上 5 种测试日粮的母鸡先获得起始的氮值，然后在两周的氮平衡试验后再宰杀全部 50 只母鸡。在每个 5 种测试配方中加入 0.8%的次乙酰塑料(Celite)作为不溶于酸的标记。14 天氮平衡试验的最后两天收集排泄物样本作定氮分析。胴体去毛并在定氮前全部粉碎并搅均。

4. 结果与讨论

试验 1: 饲喂 14%蛋白日粮母鸡的生产性能与饲喂 16%和 18%蛋白日粮的相同。产蛋率和产蛋量最高的是饲喂 14%蛋白日粮补充蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、

异亮氨酸和缬氨酸以及饲喂 16%蛋白日粮补充蛋氨酸、赖氨酸与非必需氨基酸的蛋鸡。而饲喂 14%蛋白日粮只添加蛋氨酸但不加其它氨基酸的蛋鸡，产蛋率最低。

在饲喂添加非必需氨基酸的一些组别中观察到有趣的现象：饲喂 16%蛋白基础日粮添加赖氨酸和非必需氨基酸以及饲喂 14%蛋白基础日粮添加赖氨酸、色氨酸和非必需氨基酸的母鸡在 16 周试验期内采食的饲料量最高。可能对于缺乏其它氨基酸或非必需氨基酸含量也许充足的 16%蛋白日粮，非必需氨基酸可能没有额外的价值；过量氮可能需要母鸡采食额外的能量以便将氮转换成尿酸或排出体外。饲喂 14%蛋白添加非必需氨基酸的母鸡效率很高，但低蛋白处理组的蛋量不是最高。各处理间的体重差异不显著，但是饲喂只加蛋氨酸不加其它氨基酸的 14%蛋白日粮以及只加蛋氨酸和赖氨酸日粮的母鸡体重最轻。试验鸡中鸡蛋蛋黄百分比最高的是饲喂 14%蛋白并添加蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、苏氨酸、精氨酸以及非必需氨基酸的母鸡。在试验中，这些饲喂 14%蛋白并添加所有氨基酸的母鸡也是效率最高的蛋鸡(1.93 克饲料 / 克蛋量)。最高的蛋白百分数，占鸡蛋的 57.0%来自饲喂 19%蛋白对照日粮的母鸡。饲喂 14%蛋白添加蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、异亮氨酸、缬氨酸与非必需氨基酸的母鸡鸡蛋蛋白为 56.8%，与饲喂 19%蛋白的母鸡的蛋白百分比差异不显著。

试验 2：饲喂 14%蛋白并添加各种氨基酸组合日粮的母鸡与饲喂 16%和 18%蛋白日粮的母鸡在产蛋数、蛋重、蛋量、饲料转换率和体重方面相等。在 14%蛋白基础日粮中增加四个水平蛋氨酸使产蛋率、蛋重、蛋量和饲料转换率得到显著提高。在日粮蛋氨酸和总含硫氨基酸浓度最高时，即每日进食 354 毫克可消化蛋氨酸和 551 毫克可消化总含硫氨基酸时日蛋量为 50 克，饲料转换率(克饲料 / 克蛋量)为 1.93。16%和 18%蛋白的蛋鸡日粮分别含有 0.338%可消化蛋氨酸和 0.571%可消化总含硫氨基酸以及 0.336%可消化蛋氨和 0.595%可消化总含硫氨基酸。最高的可消化蛋氨酸和可消化总含硫氨基酸进食量表明每产 1 克蛋量需要 7.04 毫克蛋氨酸和 10.96 毫克总含硫氨基酸。Cao 等(7)报导日产蛋量 54 克并维持体重的母鸡每日需要 350 毫克可消化蛋氨酸和 245 毫克可消化胱氨酸(595 毫克总含硫氨基酸)。每克蛋量所需的可消化蛋氨酸和可消化含硫氨基酸分别为 6.48 和 11.02 毫克。试验 2 中蛋氨酸和总含硫氨基酸需要量的数据与 Cao 等(7)的报导很接近。

为生产最大蛋量每日可消化赖氨酸($p=0.07$)、可消化精氨酸($p=0.01$)、可消化缬氨酸($p=0.09$)以及可消化苏氨酸($p=0.12$)的需要量为：705 毫克可消化赖氨酸或 14.07 毫克 / 克蛋量， 1070 毫克可消化精氨酸或 20.97 毫克 / 克蛋量，

731 毫克可消化缬氨酸或 14.19 毫克 / 克蛋量以及 560 毫克可消化苏氨酸或 11.1 毫克 / 克蛋量。

日粮中添加异亮氨酸对蛋重 ($p=0.02$) 和体增重 ($p=0.02$) 产生显著的效应。为获得最大蛋重和正体增重的异亮氨酸需要量为 603 毫克可消化异亮氨酸或 12.07 毫克 / 克蛋量。缬氨酸是除异亮氨酸外唯一对体重产生显著效应的氨基酸 ($p=0.03$)。缬氨酸也使鸡蛋蛋清得到显著的增加。

在 14%蛋白的基础日粮中添加色氨酸并没有使蛋鸡的生产性能产生显著的效应。可消化色氨酸的每日最低进食量为 122 毫克 / 日或 2.46 毫克 / 克蛋量。

试验 3: 本试验中测定的各种必需氨基酸的需要量低于试验 2 中的观察值, 而母鸡的产蛋量稍高。生产性能与氨基酸的利用率有所提高是由于在 14%日粮中添加的结晶氨基酸总量比试验 2 中少。将 14%蛋白测试日粮的可消化氨基酸配制成与 18%蛋白日粮的可消化氨基酸相等。而不是与总氨基酸相等。

最大蛋量的可消化赖氨酸需要量 ($p=0.10$) 为 636 毫克 / 日或 12.27 毫克 / 克产蛋量。最大蛋量的缬氨酸需要量 ($p=0.01$) 为 646 毫克 / 日或 12.32 毫克 / 克产蛋量。与试验 2 相似的是缬氨酸对体增重产生很显著的效应 ($p=0.001$)。最大蛋量的每日异亮氨酸需要量 ($p=0.06$) 为 555 毫克或 10.72 毫克 / 克产蛋量。体增重对异亮氨酸的反应 ($p=0.05$) 仅次于缬氨酸。这两个支链氨基酸在试验 2 和试验 3 中始终表现出对蛋鸡的体增重有最明显的影响。

日粮缬氨酸是唯一使蛋清百分比增加的氨基酸。在试验 2 和试验 3 都出现由增加日粮缬氨酸引起的蛋清%的提高, 缬氨酸是引起这种反应的唯一氨基酸。在试验 3 中产蛋量并不由于苏氨酸或精氨酸日进食量的增加而增加。

饲喂 14%蛋白日粮的母鸡最高蛋量为 52.45 克 / 日, 而饲喂 16%和 18.5%蛋白日粮的分别为 51.94 与 52.69 克 / 日。研究证明: 如果在低蛋白日粮中补充足够的蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、缬氨酸和异亮氨酸, 则饲喂 14%蛋白的玉米—豆粕—肉骨粉日粮的蛋鸡生产性能与饲喂 16%和 18%蛋白日粮蛋鸡的相等。

试验 4: 可消化赖氨酸的测定是通过传统的方法, 即采用三个氨基酸平衡的蛋白水平使用极高蛋白稀释的方法。饲喂极高蛋白稀释日粮的蛋鸡生产性能表明: 母鸡需要 676 毫克赖氨酸 / 日或 11.82 毫克 / 克产蛋量。最佳日粮含 18.68%蛋白质和 0.694%可消化赖氨酸。饲喂传统的 14%蛋白并补充全部氨基酸的蛋鸡试验表明赖氨酸的需要量为 742 毫克 / 日; 而饲喂 1.5%和 16%蛋白日粮的母鸡分别需要 662 毫克 / 日和 651 毫克 / 日。所有试验处理的平均赖氨酸需要量为 683 毫克 / 日或 12.23

毫克 / 克产蛋量。

试验 5: 本试验中测得蛋鸡最佳生产性能的可消化色氨酸需要量为 143 毫克 / 日。在试验 2 中测得的可消化色氨酸需要量仅为 122 毫克 / 日。本试验中给母鸡饲喂由玉米、芝麻粕、双低菜粕 (Canola) 和肉骨粉组成的日粮, 而不是玉米—豆粕—肉骨粉日粮; 但两个试验中都采用可消化色氨酸值。在试验 5 中的母鸡为 62 周龄, 而前面试验 2 中的母鸡小于 62 周龄。饲喂低胱氨酸基础日粮的蛋鸡仅需要蛋氨酸 283 毫克 / 日或总含硫氨基酸 496 毫克 / 日。蛋氨酸进食量为 283 毫克 / 日的母鸡的生产性能很好, 产蛋量为 51 克 / 日, 饲料转换率为 2.04; 这些指标与饲喂 18% 蛋白对照日粮母鸡的相等。饲喂测试蛋氨酸水平但高胱氨酸基础日粮母鸡的蛋量比用同等蛋氨酸水平但低胱氨酸基础日粮母鸡的蛋量有降低的趋势。但是, 饲喂

表 4 商品白壳蛋鸡的可消化氨基酸日需要量

氨基酸	NRC		试验 2		试验 3		试验 4		试验 5		试验 6		平均	
	总氮	可消化												
	基酸 ¹	氨基酸 ²												
氨基酸	300	258	354	7.04	-	-	-	-	283	5.57	350 ⁵	6.48	329	6.36
蛋氨酸	580	499	551	11.02	-	-	-	-	496	9.76	595 ⁵	11.00	547	10.59
总含硫氨基酸	690	593	705	14.07	636	12.27	683 ⁴	12.23	-	-	-	-	675	13.17
赖氨酸	700	602	968	19.52	791	15.29	-	-	-	-	-	-	880	17.41
精氨酸	650	559	603	12.07	555	10.72	-	-	-	-	-	-	579	11.4
异亮氨酸	470	404	560	11.10	430	8.43	-	-	-	-	-	-	495	9.77
苏氨酸	700	602	968	19.52	791	15.29	-	-	-	-	-	-	880	17.41
色氨酸	160	138	122	2.46	-	-	-	-	143	2.89	-	-	132	2.68
缬氨酸	700	602	731	14.19	646	12.32	-	-	-	-	-	-	689	13.26

1 每日以 100 克饲料进食量计;

2 NRC 的可消化氨基酸以总氨基酸×86%计;

3 氨基酸需要量以蛋量(带蛋壳)生产为基础。将氨基酸的毫克数除以蛋量并乘以 0.911 便得每日蛋内容物的氨基酸需要量;

4 平均赖氨酸需要量来自饲喂 14、15 和 16%粗蛋白的玉米—豆粕基础日粮以及另一个在英国进行的极高蛋白日粮: 稀释体系的试验结果;

5 Cao 等, 1995。

最高蛋氨酸水平和最高胱氨酸基础日粮母鸡的产蛋量最高，51.3 克 / 日。用低胱氨酸进行的研究表明：蛋鸡的胱氨酸需要量可能不高于 213 毫克 / 日。

试验 6：蛋鸡的蛋氨酸与胱氨酸需要量在一个由两部分组成的试验中进行。给蛋鸡饲喂含 0.42 可消化胱氨酸或含 0.15 可消化胱氨酸的基础日粮。饲喂高胱氨酸基础日粮的蛋鸡需要蛋氨酸 325 毫克 / 日以生产 54 克蛋量 / 日。测得的胱氨酸需要量为 244 毫克 / 日以生产 54 克蛋量 / 日。与试验 5 的数据相比试验 6 中较高的蛋氨酸和胱氨酸需要量可能一部分与多产的 4 克蛋量有关。如果我们将试验 5 中胱氨酸需要量 213 毫克 / 日换算成每克蛋量的需要量，则母鸡需要胱氨酸 4.2 毫克 / 克蛋量，而在试验 6 中母鸡需要胱氨酸 4.5 毫克 / 克蛋量。由全部 6 个试验所得氨基酸需要量以及试验的平均数见表 4。

试验 7：四个商品蛋鸡品系饲喂 5 个试验日粮的蛋鸡生产性能见表 5。在 16 周和饲养试验中饲喂 18%蛋白日粮、16%蛋白添加与不加赖氨酸以及 14%蛋白日粮添加精氨酸、色氨酸、缬氨酸和异亮氨酸的蛋鸡，它们的蛋量、母鸡日产蛋量、蛋重、体增重、饲料转换率以及鸡蛋成分都相同。全部日粮配制时都添加了蛋氨酸。饲喂 14%蛋白日粮添加赖氨酸、精氨酸和色氨酸的母鸡与其它各组相比蛋量显著

表 5 饲喂氨基酸试验日粮的四个商品品系蛋鸡的生产性能

日粮	饲养日 产蛋率	蛋重	产蛋量	采蛋量/ 只/日	饲养 报酬	体重 变化	蛋白 %	蛋黄 %
18%粗蛋白	81.4 ^a	62 ^a	50.4 ^a	94.5 ^a	1.90 ^a	51.1 ^a	59.5 ^a	27.8 ^{ab}
16%粗蛋白	80.5 ^a	61.3 ^a	49.4 ^a	94 ^a	1.91 ^a	-1.5 ^b	58.9 ^{ab}	28.8 ^a
16%粗蛋白+赖	82.9 ^a	61.6 ^a	51 ^a	96.6 ^a	1.88 ^a	2.8 ^{ab}	59.6 ^a	27.4 ^b
14%+赖+色	76.8 ^b	60.1 ^b	46.2 ^b	95.4 ^a	2.07 ^b	62.5 ^c	58.5 ^b	28.1 ^{ab}
日粮+异亮+缬	80.2 ^a	61.3 ^a	49.2 ^a	96.3 ^a	1.96 ^a	2.0 ^{ab}	59.5 ^a	28 ^{ab}
平均数	80.3	61.3	49.2	95.4	1.94	-1.64	59.2	28.03
标准差	6.86	2.43	4.91	10.8	0.224	109.6	2.71	3.16
标准误	0.54	0.19	0.39	0.86	0.018	8.67	0.158	0.183
量小显著差 数法 0.05	3.05	0.81	1.91	NA	0.104	50.5	0.89	1.12
P 值	0.003	0.0002	0.0001	0.82	0.002	0.0009	0.06	0.14

地少，失去大量体重，而且饲料转换率最差。在试验最后进行的氮平衡试验表明：饲喂添加适宜氨基酸水平的低蛋白日粮有提高氮存留的潜力(表 6)。饲喂补充蛋氨酸、赖氨酸、色氨酸、精氨酸、异亮氨酸和缬氨酸的 14%蛋白日粮的蛋鸡，日粮的氮存留率约为 46%，而饲喂 18%蛋白日粮的蛋鸡，日粮的氮存留率仅 38.9%，饲喂由玉米—豆粕—肉骨粉组成的 14%蛋白日粮造成异亮氨酸和缬氨酸的日进食量不足。目前在商品蛋鸡的低蛋白日粮中添加支链氨基酸是太昂贵了。

5. 理想氨基酸比例

在表 7 中将白壳蛋鸡可消化氨基酸相对于赖氨酸的需要量与 NRC 推荐量(1994)以及荷兰科学家的建议量(8)(CVB, 1996)进行比较。与明尼苏达(即 Dr. Coon)和 NRC 的氨基酸比例相比较时，荷兰建议量的主要的差别在于它有较高的蛋氨酸和总含硫氨基酸，但支链氨基酸水平较低，尤其是缬氨酸。明尼苏达和

表 6 蛋鸡 14 天氮平衡试验

日粮	氮进食量 (G)	鸡蛋氮 (G)	胴体氮 (G)	氮损失 (G)	氮存留 (%)
18 粗蛋白	38.4 ^a	14.57 ^a	0.205 ^a	23.37 ^a	38.89 ^b
16 粗蛋白	34.33 ^b	13.60 ^{ab}	-0.216 ^a	19.86 ^{bc}	42.37 ^{ab}
16 粗蛋白+赖	34.40 ^b	14.18 ^a	0.019 ^a	20.20 ^b	41.48 ^b
14 粗蛋白+色+精	30.25 ^c	12.43 ^b	-0.652 ^a	18.33 ^{bc}	39.56 ^b
日粮 4+异亮+缬	30.74 ^c	13.73 ^a	0.59 ^a	17.17 ^c	45.94 ^a
平均数	33.54	13.70	-0.01	19.87	41.57
标准差	4.29	1.47	1.55	3.57	5.16
标准误	0.62	0.21	0.22	0.53	0.76
最小显著差数法 0.05	2.94	1.19	A. N.	2.69	4.26
P 值	0.0001	0.011	0.53	0.0007	0.022

表 7 蛋鸡的理想氨基酸比例

Amino Acid	N R C (1994)	M N (1998)	C V B (1996)
赖氨酸	1.00	1.00	1.00
氨基酸	0.434	0.487	0.50
总含硫氨基酸	0.84	0.81	0.93
精氨酸	1.01	1.30	—
异亮氨酸	0.942	0.857	0.79
苏氨酸	0.681	0.730	0.66
色氨酸	0.231	0.196	0.19
缬氨酸	1.014	1.021	0.86

NRC 的氨基酸比例非常相似，但明尼苏达建议的可消化氨基酸日需要量略高于 NRC 推荐量。明尼苏达氨基酸需要量中精氨酸和苏氨酸对赖氨酸的比例稍高，因为在试验 2 中测得的需要量较高。试验 3 的结果表明精氨酸与苏氨酸的需要量低于试验 2 中测定的。由玉米-豆粕-肉骨粉组成的 14%蛋白日粮可提供适宜的精氨酸和苏氨酸量，不需补充另外的氨基酸。明尼苏达氨基酸需要量中色氨酸对赖氨酸的比例与荷兰科学家建议的色氨酸与赖氨酸比例相似，二者都低于 NRC 推荐的色氨酸比例。

6. 结论

试验目的在于研究维持代谢能 (ME_m) 受温度 (T, °C) 的影响以及利用新技术——用 TAM(一种停产药)或限饲技术测定鸡蛋合成的能量利用率 (EUEP)。估测的维持代谢能为：ME_m = 117.3 ± 2.0 千卡 / W^{0.75} 公斤；19.7°C 时使用 TAM 的产蛋能量利用率为：EUEP = 60.4 ± 2.0%。在另一个试验中在 7.5、15.2、21.4、25.8、32.4 与 36.5°C 下使用 TAM 技术，测得的 ME_m 与温度的关系由以下公式表示：在非产蛋期 ME_m(kcal / BW^{0.75}) = 0.905T² - 6.5873T + 209.4；在产蛋期 ME_m(kcal / BW^{0.75}) = 143.7 - 1.612T，假设产蛋能量利用率恒定为 63%。母鸡在非产蛋期测定的维持代谢能 (ME_m) 好像是对饲养在 7.5 和 15.2°C 下母鸡产蛋期维持代谢能 (ME_m) 过高估计。数据表明：在鸡蛋形成时不能存留的日粮能量

表 8 37-65 周龄母鸡在不同温度下的生产性能

	温度 °C		
	18.3	23.9	29.9
母鸡日产蛋率(%)	83.0	84.7	84.5
蛋重(克)	58.7	58.3	58.5
蛋量(克)	48.7	49.4	49.4
饲料采食量			
-磅 / 100 只 / 日	25.2	23.4	21.5
-克/只/日	112.8	106.9	97.9
饲料转换率			
-磅 / 饲料 / 磅蛋	3.64	3.31	3.05
-克 饲料 / 克 蛋量	2.32	2.17	1.98
65 周体重(磅)	3.49	3.47	3.39

来源 Source:Peguri and Coon, 1991。

可能用于维持饲养在较冷鸡舍条件下蛋鸡的体温。用限饲试验测定的产蛋能量利用率为 0.684 和 0.716，从两个回归公式所得维持代谢能为 120 和 123 千卡 / 公斤代谢体重。从用 TAM 方法测得的系数，产生了两个预测代谢能进食量的模式并与文献中的模式相比较。模式 2 的估测值最接近 $[MEI = W^{0.75}(143.7 - 1.612T) + 5\Delta W + EM \times EEC / 0.63]$ ，式中 W = 体重(公斤)， ΔW = 体重变化(克 / 只 / 日)， EM = 蛋量(克 / 只 / 日)， EEC = 蛋能量浓度(千卡 / 克蛋量)]。

蛋鸡氨基酸试验的主要目的在于测定饲喂低蛋白日粮但补充必需与非必需氨基酸母鸡的生产性能能否与饲喂添加蛋氨酸的 18% 蛋白日粮母鸡的相等。由四个品系组成的 5866 只蛋鸡在七个不同的试验中饲喂试验日粮 8-16 周。试验日粮都等能，含能量 2900 千卡 / 公斤，并测定测试日粮的可消化氨基酸含量。在 7 个试验中的 2 个采用在 14% 蛋白日粮中补充 4 个氨基酸水平的方法对每个

欲测氨基酸的效果分别评定。除欲测氨基酸外，14%蛋白饲料补充全部必需氨基酸使氨基酸水平的含量与18%蛋白对照日粮相等。异亮氨酸和缬氨酸加入14%蛋白日粮能显著提高体增重，而且对蛋清和蛋黄比例的影响也比其它氨基酸大。在低蛋白的玉米—豆粕—肉骨粉日粮中添加色氨酸对蛋鸡的生产性能无影响。在14%蛋白的日粮中加入非必需氨基酸不能提高生产性能，而实际上有提高饲料采食量和降低饲料转换率的倾向。饲喂14%蛋白、添加蛋氨酸、赖氨酸、异亮氨酸和缬氨酸日粮的蛋鸡生产性能和蛋成分与饲喂18%蛋白对照日粮的母鸡的相等。研究表明：给四个不同商品蛋鸡品系饲喂14%蛋白并添加合成氨基酸的理想蛋白日粮时，它们的生产性能与饲喂较高蛋白日粮的蛋鸡相等。饲喂14%蛋白并添加氨基酸日粮的蛋鸡，排泄物中氮损失比饲喂18%蛋白日粮的蛋鸡低15%，明尼苏达大学所测定的理想氨基酸比例见表7。与NRC的比例比较明尼苏达蛋鸡的精氨酸、苏氨酸、缬氨酸和蛋氨酸对赖氨酸的比例较高，而总含硫氨基酸、异亮氨酸和色氨酸稍低。总体看来，明尼苏达建议的日可消化氨基酸需要量高于NRC(1994)的。当代白壳蛋鸡的氨基酸需要量应稍高些，因为与过去的遗传品系相比它们的日产蛋量在持续不断地提高。在14%蛋白的玉米—豆粕—肉粉和骨粉的日粮中限制性氨基酸的次序为：蛋氨酸、总含硫氨基酸，异亮氨酸、缬氨酸、赖氨酸、精氨酸、苏氨酸和色氨酸。对于日采食量为100克的母鸡大致需要配制16%蛋白、由玉米—豆粕—肉粉和骨粉组成的日粮才能给蛋鸡提供恰好的可消化异亮氨酸与缬氨酸水平。目前在家禽日粮中使用合成的异亮氨酸与缬氨酸是不经济的。

致谢

作者谨向 Nutri-Quest 公司, Degussa 公司, Purina 饲料公司, Omnis 公司, 依阿华石粉公司, 迪卡家禽研究所以及海兰国际公司对本研究项目的资助、提供合成氨基酸、石粉或小母鸡表示感谢。

(沈慧乐 翻译)

参考文献

Chwalibog, A., 1991, Energetics of Animal Production. Acta Agric. Scand. 41:147-160.

National Research Council, 1994. 9th ed., National Acad. Press, Washington, DC.

Emmans, G. C. , 1974. Energy requirements of poultry, Morris, T. R. & Freeman, B. M. Eds. (Br. Poult. Sci. Ltd. Edinburgh, Scotland), p79-90.

Peguri, A. and C. N. Coon, 1988. Proc. MN Nutr. Conf., p199-211, Bloomington, Minnesota.

Pesti, G. M. , J. H. Dorfman, and M. J. , Gonzalez-A, 1992. Br. Poult. Sci. 33:543-552.

W. Zollitsch, Z. Cao, A. Peguri, B. Zhang, T. Cheng, and C. Coon, 1996. Int ' 1 Symposium on Nutritional Requirements of Poultry and Swine, p109-159, Department de Zootecnia, Universidade Federal de Vicosa, Vicosa-MG-Brazil.

Cao, Z. , H. Cai, and C. Coon, 1995. Proc. MN Nutr. Conf., p257-289, Bloomington, Minnesota.

Schutte, J. B. , 1998. Proc. AR Nutr. Conf., p33-39, Fayetteville, Arkansas.