

# 剩余采食量效应: 评价肉牛营养与饲养过程中 饲料转化率的指标

钟晓琳 高腾云\* 翟磊

(河南农业大学牧医工程学院, 郑州 450002)

**摘要:** 剩余采食量效应(RFI)是评估肉牛饲料转化效率的一个新指标。本文从 RFI 的定义、影响 RFI 的生理基础、RFI 与甲烷排放量的关系、RFI 的经济效益、RFI 的遗传力与遗传相关及 RFI 分子标记研究进展等方面对肉牛净进食效应的相关研究进行了综述。

**关键词:** 剩余采食量效应; 饲料转化效率; 肉牛

**中图分类号:** S823

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2014)03-0591-06

对畜牧业来说, 饲料成本几乎占生产成本的 1/2, 因此在家畜育种过程中培育饲料转化效率 (feed conversation ratio, FCR) 高的品种, 从而节省饲料成本是一项重要而有意义的任务。FCR 是衡量肉牛对饲料利用效率高的一项重要经济技术指标, 传统表示 FCR 的指标是采食量与体增重的比 (feed intake/gain, F/G)。F/G 直观表示为每单位体增重消耗饲料的多少, 比值越大说明 FCR 越低。但是采用 F/G 表示 FCR 有弊端。例如, 当 FCR 相同, 体增重出现负值时, 负增重少的牛 FCR 应好于负增重多的牛 FCR, 但 F/G 不能表现出这个差异。因此需要引进能够更好地表示 FCR 的新指标。本文从剩余采食量效应 (residual feed intake, RFI) 的定义、影响 RFI 的生理基础、RFI 与甲烷排放量的关系、RFI 的经济效益、RFI 的遗传力与遗传相关及 RFI 分子标记研究进展等方面对肉牛净进食效应的相关研究进行了综述。

## 1 RFI 定义及评价

Koch 等<sup>[1]</sup>于 1963 年首次提出 RFI, 作为评定肉牛 FCR 最有效的一个指标, RFI 指的是畜禽实际采食量与预期的根据生产性能 (产奶量、产蛋

数、体增重等) 需要和维持体重需要的标准而计算得出的采食量之间的差额。RFI 的不同反映了畜禽利用饲料资源进行生产性能和维持生长体重效率的不同。根据体重和体增长的变化可以把采食量分为 2 部分: 1) 根据预期的生产性能所需要的采食量; 2) 净效应部分, 其中净效应部分定义为家畜实际采食量与预期采食量的差异。RFI 反映的是肉牛本身由遗传背景决定的代谢差异, 选用 RFI 进行家畜育种, 可使选育出的后代个体采食量减少, 但选育时 RFI 不受体增重和生长速度的影响。RFI 属于中度遗传力, 因此可以作为一种更加准确的评价 FCR 的指标。

## 2 RFI 的测定方法

限制测定 RFI 的最大的因素是成本和技术问题, 一般饲养条件下难以实现, 这也是 RFI 指标不易被广泛采用作为饲料效率指标的一个原因。测定肉牛 RFI 时最佳的饲喂持续时间为 63 ~ 84 d<sup>[2-4]</sup>, 并在饲养期间准确记录每头牛的干物质采食量 (DMI) 和平均日增重 (ADG)。记录个体采食量时用基于无线射频识别 (RFID) 的电子设备, 也可以分组测定采食量。但是, 这 2 种测定方

收稿日期: 2013-10-08

基金项目: 现代奶牛产业技术体系建设专项资金资助 (CARS-37)

作者简介: 钟晓琳 (1988—), 女, 河南驻马店人, 硕士研究生, 从事牛集约化生产研究。E-mail: zhongxiaolinxx@sina.com

\* 通讯作者: 高腾云, 教授, 博士生导师, E-mail: dairycow@163.com

法的采食量结果存在差异。饲养试验结束后,利用肉牛个体或分组的 DMI、试验期中间阶段的代谢体重和 ADG 结果进行线性回归分析,计算出肉牛的预期采食量。根据预期采食量模型,验证其模型方程的截距是否显著,若截距显著,则可根据此模型计算出预期采食量,实际采食量减去预期采食量即为剩余采食量<sup>[5]</sup>。FCR 高的肉牛实际采食量低于其预期采食量,此时 RFI 为负值,反之,FCR 低的肉牛其 RFI 为正值<sup>[5]</sup>。

### 3 影响 RFI 的生理基础

影响 RFI 的生理过程有 5 个:采食量、饲料消化率、新陈代谢(包括合成代谢和分解代谢)、机体活动量和体温调节<sup>[6]</sup>。当采用歧化选择(divergent selection)来研究影响安格斯牛 RFI 时,发现约 73% 的 RFI 变异来自新陈代谢、机体组成和生理活动等过程。而在这 73% 的变异中,蛋白质转化、组织代谢和应激反应占 37%,消化占 10%,热增耗和瘤胃发酵占 9%,生理活动占 9%,机体组成占 5%,还有采食行为占 2%。

Robinson 等<sup>[7]</sup> 研究报道,育成肉牛的采食行为存在遗传上的差异,采食行为属于中度遗传力且与 RFI 呈正相关。Richardson 等<sup>[8]</sup> 研究了不同 RFI 安格斯牛的采食时间。结果表明,与 RFI 低的牛相比,RFI 高的牛采食时间更长,RFI 高的牛只日增重降低显著( $P < 0.05$ )。Huntington 等<sup>[9]</sup> 认为,肉牛耗氧量对采食量有直接影响,而采食量又与 RFI 有关,因此 RFI 较低的牛的组织耗氧量也较低。机体活动量也会对 RFI 产生影响。Richardson 等<sup>[10]</sup> 报道,肉牛 RFI 与活动量的表型相关系数为 0.32,RFI 变异的 10% 由活动量的差异所决定,这些活动包括采食、反刍以及物理性运动。另外,还有研究发现,RFI 低的牛能更快地进入规律性采食状态。

生产中,根据采食量的不同对 RFI 进行选择,选择相同生产性能水平下采食量较低且热增耗也较低的动物。目前,关于影响 RFI 的生理机制的研究中所选动物群体数量比较少,因此,研究结果的准确性有待进一步验证。另外,生理过程变化的遗传基础也未确定,因此需要做更多的研究来揭示目标群体中影响 RFI 变化的相关机理。

### 4 RFI 与甲烷排放量的关系

选择低 RFI 的反刍动物可以减少甲烷排放量。

Muro-Reyes 等<sup>[11]</sup> 研究了不同 RFI 的山羊品系甲烷排放量情况。选取 24 只母羊和 16 只公羊,试验动物被分为低 RFI、中 RFI 和高 RFI 组。试验动物单独饲养,根据总能量摄入和干物质质量摄入估测甲烷排放量。试验结果显示:高 RFI 组山羊的甲烷排放量比低 RFI 组多 19%,同时得出了 RFI 与预期甲烷排放量的正相关系数( $r = 0.58, P = 0.001$ )。

Hegarty 等<sup>[12]</sup> 报道了低 RFI 牛能够降低甲烷排放量。试验选用 10 头高 RFI 和 10 头低 RFI 组安格斯牛,饲喂 15 d,记录采食量、甲烷排放量,最后通过测定各性状指标得出:与高 RFI 组各性状相比,低 RFI 组每天少排放 25% 甲烷,每天的采食量少 41%,FCR 极显著提高( $P = 0.001$ )。但是 2 组间 ADG 差异并不显著( $P > 0.05$ ),该试验还得出饲养 15 d 后每天甲烷排放速率(MPR)与 RFI 的关系: $MPR(g/d) = (13.30 \pm 4.04) RFI_{15d} + 179.5$  ( $r^2 = 0.12, P = 0.002$ )。

由此可以得知:选育肉牛品种时,通过选择低 RFI 不仅可以提高饲料转化效率,而且可在不影响动物生长速率的情况下降低甲烷排放量。Alford 等<sup>[13]</sup> 指出,在澳大利亚的肉牛群中,现在利用 RFI 选育肉牛的速率将会使累积的甲烷排放量从 2002 年到 2025 年减少 568 000 t。到 2025 年预计澳大利亚牛群平均甲烷排放量会比 2002 年少 3.1%。

### 5 RFI 的经济效益

试验表明,通过提高动物 FCR 而降低的生产成本是比较可观的。Tedeschi 等<sup>[14]</sup> 和 Williams 等<sup>[15]</sup> 的试验结果表明,群体饲料转化效率结果可用来估测个体的 FCR。Meyer 等<sup>[16]</sup> 选用 42 头海福特牛测定高、低 RFI 组的饲料采食量。结果显示,试验结束后,2 组的体重变化不显著( $P > 0.05$ ),但是低 RFI 组比高 RFI 组平均日采食量少 21% (分别为 12.4 和 15.6 kg/d,  $P = 0.23$ )。在整个试验期间,低 RFI 组比高 RFI 组采食量共少 161 kg (分别为 4 215 和 4 376 kg,  $P = 0.06$ )。还有研究表明,从母牛群体中选择 FCR 高的个体进行饲喂,可以缩小 9% ~ 10% 的维持需要成本,减

少 10% ~ 12% 的采食量, 降低 25% ~ 30% 的甲烷排放量<sup>[12,17]</sup>, 减少 15% ~ 20% 的粪污排放量, 同时并不影响 ADG 及成母牛的体重<sup>[18]</sup>。在 150 d 的试验期中, 饲喂 1 头 FCR 高的牛比饲喂 1 头 FCR 低的牛需要的成本少 38 美元<sup>[19]</sup>。

## 6 RFI 的遗传力与遗传相关

Koch 等<sup>[1]</sup>和 Crews 等<sup>[20]</sup>报道, RFI 的遗传力为 0.28 ~ 0.58, 属于中度遗传力。RFI 与生产性状的遗传相关的报道见表 1。Arthur 等<sup>[21]</sup>对 1 180 头澳大利亚安格斯青年公母牛进行了性能测定, 测定性状包括采食量、RFI、FCR 等性状。结果表明, RFI 的遗传力为  $0.39 \pm 0.03$ , 与 FCR 性状的遗传相关系数为 0.66, 表型相关系数为 0.53; 与采食量的遗传相关系数为 0.69, 表型相关系数为 0.72; 与 ADG 的遗传相关系数为 -0.04, 表型相关系数为 -0.06。

Baker 等<sup>[22]</sup>选用 54 头美国纯种安格斯阉牛, 根据测定的 RFI 的高、中、低分为 3 组, 测定 RFI 性状与 FCR、ADG、每千克体增重时干物质采食量和肉质性状等性状之间的相关性。结果显示, RFI 与 DMI 相关系数为 0.54 ( $P = 0.001$ ), 与 FCR 的相关系数为 0.42 ( $P = 0.002$ ), 但与 ADG 的相关系

数为 0.00 ( $P = 1.000$ ), 可见二者表现为互相独立; 但 RFI 与 FCR 性状之间呈显著相关 ( $P = 0.002$ ), 相关系数为 0.42。

以上结果说明, RFI 性状与重要的经济性状 (FCR、DMI) 呈显著相关, 说明 RFI 可以作为能量利用效率的候选性状。但是 RFI 与 ADG 没有相关性, 因此 RFI 独立于体增重性状, 在对 RFI 进行选择时, 不会影响生长速度和体增重。

Baker 等<sup>[22]</sup>研究结果还显示, 3 个组间安格斯牛的胴体重、眼肌面积、大理石纹评分、肉质评分、胴体品质等级性状之间均无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。这说明选择低 RFI 纯种安格斯牛并不影响肉质性状的选择。

Archer 等<sup>[3]</sup>、Basarab 等<sup>[18]</sup>和 Herd 等<sup>[23]</sup>的研究结果都表明, 在同一品种和不同品种牛的群体中, RFI 具有大量的遗传变异, 证明对 RFI 进行育种选择是可行的。Schenkel 等<sup>[24]</sup>研究采食量的遗传力为 0.44, 属于中度遗传力, 因此在对 RFI 选择育种中, 采食量性状是可以遗传的。Arthur 等<sup>[21]</sup>也报道了与 RFI 有显著遗传相关的性状: 如 FCR 和饲料采食量, 同时报道了与 RFI 有弱遗传相关的性状: 如皮下脂肪/大理石纹评分。该研究结果表明, 用 RFI 对肉牛进行选育是可行的。

表 1 RFI 与生产性状的遗传相关

Table 1 The genetic correlation between RFI and production performance

性状 Traits	遗传力 Heritability	参考文献 References
背膘厚 Backfat thickness	0.16 ~ 0.17	Arthur 等 <sup>[21]</sup> 、Schenkel 等 <sup>[24]</sup>
饲料转化效率 FCR	0.66 ~ 0.85	Herd 等 <sup>[23]</sup> 、Arthur 等 <sup>[21]</sup> 、Schenkel 等 <sup>[24]</sup>
采食量 Feed intake	0.64 ~ 0.81	Herd 等 <sup>[23]</sup> 、Arthur 等 <sup>[21]</sup> 、Schenkel 等 <sup>[24]</sup>
皮下脂肪/大理石纹评分 Subcutaneous fat/marbling score	-0.44	Crews 等 <sup>[20]</sup>
眼肌面积 Loin muscle area	-0.17	Schenkel 等 <sup>[24]</sup>
甲烷排放量 Methane production	0.44	Nkrumah 等 <sup>[17]</sup>
采食时间 Feeding duration	0.43	Lancaster 等 <sup>[25]</sup>
产热性能 Heat performance	0.68	Nkrumah 等 <sup>[17]</sup>

## 7 RFI 分子标记研究进展

测定 RFI 需要的成本高, 而且在技术上也有困难, 因此找到与 RFI 相关的分子标记成为了首要任务。有研究表明, 作用于 FCR 性状的基因有数百个, 表现为多基因效应。目前已检测出多个基因多态性与 FCR 有关, 但是关于影响 RFI

这一性状的主效基因还没有被确定。

Sherman 等<sup>[26]</sup>研究出了与 RFI 相关的基因, 这些基因包括胃饥饿素 (ghrelin)、神经肽 Y (neuropeptide-Y)、解偶联蛋白 2 (UCP2) 和解偶联蛋白 3 (UCP3)、类胰岛素生长因子 1 (IGF1)、类胰岛素生长因子 2 (IGF2)、生长激素 (GH) 等<sup>[27]</sup>。由于这些基因可能会对采食量、生长发育和能量在动

物体内的分配等生理调节产生作用,因此被选为候选基因。虽然从以上基因中检测到 24 个核苷酸的多态性(SNP),但只有 *GH* 的 SNP 对 RFI 呈显著影响( $P=0.032$ ),而胃饥饿素、神经肽 Y 可能与 RFI 相关( $P<0.10$ )。其他可能对 RFI 起调节作用的基因的研究进展很缓慢,这也说明在基因组水平检测到候选基因是困难的。

### 7.1 IGF1

Bishop 等<sup>[28]</sup>和 Stick 等<sup>[29]</sup>研究表明,IGF1 是一种调节生长和细胞代谢的激素。在生长发育过程中,血液中的 IGF1 浓度与 RFI、体重和体增重及体尺性状有关。也与 FCR 性状有关,当 IGF1 的浓度降低时可以提高转化效率,二者的相关系数为 0.6。在澳大利亚和美国,选择 FCR 性状时已经开始使用 IGF1 标记。

Kahi 等<sup>[30]</sup>使用 IGF1 标记更准确更经济地培育出日本黑牛。但是 RFI 和 IGF1 二者之间的相关性很难证明,虽然对二者关系的研究已经有不同的结果,但这些结果是相互冲突的。Moore 等<sup>[31]</sup>研究了 IGF1 与 RFI 遗传相关为  $0.41 \pm 0.21$ ,还有一些研究表明二者有很强的相关性,但另外一些结果表明二者相关性很小或者几乎为 0。目前为止,普遍质疑 IGF1 与 RFI 有中度相关性的可靠的分子标记,因此需要更多的研究来验证二者的关系。

### 7.2 解偶联蛋白

Kolath 等<sup>[32]</sup>研究了 *UCP2* 和 *UCP3* 作为候选基因对 RFI 的影响。在该试验中,将 80 头安格斯牛按照高 RFI 和低 RFI 分为 2 组,对呼吸室氧消耗、血液胰岛素、葡萄糖等指标进行测定,对 *UCP2* 和 *UCP3* 的 mRNA 表达水平和蛋白含量检测后发现,2 组安格斯牛没有差异( $P>0.05$ )。另外,研究发现,与高 RFI 组牛相比,低 RFI 组牛的线粒体呼吸速率增加。为了解释这个现象,Kolath 等<sup>[32]</sup>对 2 组牛线粒体 DNA 的 SNP 进行检测,但并没有证明出 RFI 和 SNP 显著相关( $P>0.05$ )。

## 8 小结

在畜禽产业中,饲料费用的支出占 60% ~ 65%,FCR 是衡量经济效益的重要指标之一,RFI 是实际采食量与预期采食量的差值,是当前国际肉牛产业中评价饲料效率的最有效指标之一,生产中应用 RFI 的目的是通过选择采食量少但生产

性能并不降低的牛群来提高饲料转化效率和降低饲料成本。RFI 与采食量、饲料消化率、新陈代谢、机体活动量和体温调节等生理因素有密切关系。生产中,通过选择低 RFI 的肉牛可以减少甲烷排放量。RFI 具有中等遗传力,因此可通过不断的基因选择获得 RFI 理想值的牛群。研究表明,定位在肉牛染色体上的影响 RFI 的数量性状基因座(QTL)很多,但是决定 RFI 这一性状的主效基因还没有被确定。深入揭示 RFI 分子机理进而培育出节能与高效利用营养物质的环保型动物群体(品种、品系),对于节约养殖成本、环境保护和持续发展均有重大意义。

### 参考文献:

- [1] KOCH R M, SWIGER L A, CHAMBERS D, et al. Efficiency of feed use in beef cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 1963, 22(2): 486-494.
- [2] ARCHER J A, ARTHUR P F, HERD R M, et al. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle[J]. *Journal of Animal Science*, 1997, 75(8): 2024-2032.
- [3] ARCHER J A, BERGH L. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle[J]. *Livestock Production Science*, 2000, 65(1/2): 47-55.
- [4] WANG Z, NKRUMAH J D, LI C, et al. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the Grow Safe System[J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(9): 2289-2298.
- [5] 石风华,周振明,任丽萍,等. 肉牛剩余采食量的概念和实践应用[J]. *饲料工业*, 2010(Z2): 138-141.
- [6] HERD R M, ARTHUR P F. Physiological basis for residual feed intake[J]. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(S14): E64-E71.
- [7] ROBINSON D L, ODDY V H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle[J]. *Livestock Production Science*, 2004, 90(2/3): 255-270.
- [8] RICHARDSON E C, HERD R M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection[J]. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2004, 44(5): 431-440.
- [9] HUNTINGTON G B, VARGA G A, GLENN B P, et al. Net absorption and oxygen consumption by Hol-

- stein steers fed alfalfa or orchard grass silage at two equalized intakes [J]. *Journal of Animal Science*, 1988, 66(5): 1292 – 1302.
- [10] RICHARDSON E C, KILGOUR R J, ARCHER J A, et al. Pedometers measure differences in activity in bulls selected for high or low net feed efficiency [J]. *Study Animal Behaviour*, 1999, 26: 16.
- [11] MURO-REYES A, GUTIERREZ-BANUELOS H, DIAZ-GARCIA L H, et al. Potential environmental benefits of residual feed intake as strategy to mitigate methane emissions in sheep [J]. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2007, 10(12): 1551 – 1556.
- [12] HEGARTY R S, GOOPY J P, HERD R M, et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production [J]. *Journal of Animal Science*, 2007, 85(6): 1479 – 1486.
- [13] ALFORD A R, HEGARTY R S, PARNELL P F, et al. The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emission from the Australian beef industry [J]. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2006, 46(7): 813 – 820.
- [14] TEDESCHI L O, FOX D G, BAKER M J, et al. Identifying differences in feed efficiency among group-fed cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84: 767 – 776.
- [15] WILLIAMS C B, BENNETT G L, JENKINS T G, et al. Using simulation models to predict feed intake; phenotypic and genetic relationships between observed and predicted values in cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(6): 1310 – 1316.
- [16] MEYER A M, KERLEY M S, KALLENBACH R L. The effect of residual feed intake classification on forage intake by grazing beef cows [J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(10): 2670 – 2679.
- [17] NKRUMAH J D, OKINE E K, MATHISON G W, et al. Relationship of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production and energy partitioning in beef cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(1): 145 – 153.
- [18] BASARAB J A, PRICE M A, AALHUS J A, et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 83(2): 189 – 204.
- [19] CREWS D H, Jr. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation; a review [J]. *Genetics and Molecular Research*, 2005, 4(2): 152 – 165.
- [20] CREWS D H, Jr, SHANNON N H, GENSWEIN M A, et al. Genetic parameters for net feed efficiency of beef cattle measured during post-weaning growing versus finishing periods [J]. *Journal of Animal Science*, 2003, 54: 125 – 128.
- [21] ARTHUR P F, ARCHER J A, JOHNSTON D J, et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other post-weaning traits in Angus cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2001, 79(11): 2805 – 2811.
- [22] BAKER S D, SZASZ J I, KLEIN T A, et al. Residual feed intake of purebred Angus steers; effects on meat quality and palatability [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(4): 938 – 945.
- [23] HERD R M, BISHOP S C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle [J]. *Livestock Production Science*, 2000, 63(2): 111 – 119.
- [24] SCHENKEL F S, MILLER S P, WILTON J W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth and body composition traits of young beef bulls [J]. *Canadian Journal of Animal Science*, 2004, 84(2): 177 – 185.
- [25] LANCASTER P A, CARSTENS G E, WOODS S A. Evaluation of feed efficiency traits in growing bulls and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass estimates [J]. *Animal Science*, 2005, 83: 121.
- [26] SHERMAN E L, NKRUMAH J D, MURDOC B M, et al. Polymorphisms and haplotypes in the bovine neuropeptide-Y, growth hormone receptor, ghrelin, insulin-like growth factor 2, and uncoupling proteins 2 and 3 genes and their associations with measures of growth, performance, feed efficiency and carcass merit in beef cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(1): 1 – 16.
- [27] 陈翠. 西门塔尔牛饲料转化效率分子遗传标记的研究 [D]. 硕士学位论文, 北京: 中国农业科学院, 2012: 15 – 17.
- [28] BISHOP M D, SIMMEN R C M, SIMMEN F A, et al. The relationship of insulin-like growth factor- I with post-weaning performance in Angus beef cattle [J]. *Journal of Animal Science*, 1989, 67(11): 2872 – 2880.
- [29] STICK D A, DAVIS M E, LOERCH S C, et al. Relationship between blood serum insulin-like growth factor- I concentration and post-weaning feed efficiency

- of crossbred cattle at three levels of dietary intake[J]. *Journal of Animal Science*, 1998, 76(2):498-505.
- [30] KAHN A K, HIROOKA H. Effect of direct and indirect selection criteria for efficiency of gain on profitability of Japanese Black cattle selection strategies [J]. *Journal of Animal Science*, 2007, 85(10):2401-2412.
- [31] MOORE K L, JOHNSTON D J, GRASER H U, et al. Genetic and phenotypic relationships between insulin-like growth factor I (IGF- I) and net feed intake, fat and growth traits in Angus beef cattle [J]. *Crop and Pasture Science*, 2005, 56:211-218.
- [32] KOLATH W H, KERLEY M S, GOLDEN J W, et al. The relationships among mitochondrial uncoupling protein 2 and 3 expression, mitochondrial deoxyribonucleic acid single nucleotide polymorphisms, and residual feed intake in Angus steers [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(7):1761-1766.

## Residual Feed Intake: A Measurement of Feed Efficiency in Beef Cattle Nutrition and Feeding

ZHONG Xiaolin GAO Tengyun\* ZHAI Lei

(College of Veterinary and Animal Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Residual feed intake (RFI) is a new measurement to assess feed conversion ratio of beef cattle. The article introduced briefly researches related to net feed intake of beef cattle from the following aspects: the definition of RFI, the physical basics affecting RFI, the relationships between RFI and methane emission, economic implications of RFI, hereditary capacity and genetic correlation of RFI and research advances on the relative molecular markers of RFI. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(3):591-596]

**Key words:** residual feed intake; feed conversion ratio; beef cattle