

美姑山羊产后30 d内乳成分变化分析

周 潇¹, 陈兴月², 刘 敏², 王林杰^{2*}, 杨世忠¹, 陈 益¹, 沙马说布³, 林代俊¹

(1.凉山州畜牧兽医科学研究所, 四川 西昌 615000; 2.四川农业大学, 成都 611130;

3.美姑县农牧局, 四川 美姑 616450)

摘要:研究美姑山羊母羊分娩后产生的羊乳中各组成成分随着泌乳时间的推移而产生的变化规律,旨在为羔羊的适时断奶以及制作代乳料提供理论依据。通过乳成分分析仪以及全自动生化分析仪得到了不同时间点的美姑山羊乳中各营养成分质量分数。乳成分中蛋白、乳糖、灰分、非脂固形物和矿物元素的质量分数随时间的推移呈现为先逐渐降低,随后在第10 d左右出现轻微上调,到30 d之间这一时段又保持在一个相对稳定的水平;乳脂随时间的变化不具明显的规律性。同时分析乳中各成分之间的联系,发现了蛋白质与乳糖,蛋白质与灰分,乳糖与灰分,铁与锌以及钙和磷两两之间存在显著的相关性,总结较优的模拟方程,得到了每组间最佳模拟曲线方程。本研究对美姑母乳早期泌乳阶段变化规律的探索,发现了乳中各成分的变化情况和相互联系,这为今后研制美姑山羊代乳料提供了基础参考数据。

关键词:美姑山羊;母羊;泌乳早期;乳成分;羔羊断奶

中图分类号:S827 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2019)02-0012-05

Study on Meigu She-goat's Postpartum Milk Composition Changes in 30 Days

ZHOU Xiao¹, CHEN Xingyue², LIU Min², WANG Linjie^{2*}, YANG Shizhong¹,

CHEN Yi¹, SHAMA Shuobu³, LIN Daijun¹

(1. Liangshan Institute of Animal Husbandry and Veterinary Science, Xichang, Sichuan 615042, China;

2. School of Animal Science and Technology, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130, China;

3. Meigu Agriculture and Animal Husbandry Bureau, Meigu, Sichuan 616450, China)

Abstract: Our objective is to study the composition changes of milk produced by female Meigu goats as the lactation time progresses, aiming to provide a theoretical basis for the timely weaning of kids and making good milk replacer. We employ the milk Composition Analyzer and automatic biochemical Analyzer to measure the regular ingredients in Meigu she-goat milk at different stages of lactation. The results show that milk ingredients of protein, lactose, ash content, non-fat-solids and mineral elements gradually decrease over time, then slightly increase on the 10th day, and then remain at a relatively stable level till the 30th day; there is no obvious regularity for the change of milk fat over time; strong correlations between protein and lactose, protein and ash, lactose and ash, iron and zinc, and calcium and phosphorus are found in our analyses of the relationships between various milk ingredients, and the optimal simulation equation between each pair is obtained. This study uncovers the changes of various milk ingredients and their mutual relationships at different lactation stages of Meigu she-goat, and provides the basic data for development of milk substitutes for Meigu goat kids.

Keywords: Meigu goat; female goat; early period of lactation; milk composition; weaning of kid

美姑山羊是分布在四川凉山彝族自治州的一种优良地方山羊品种,具有极高的繁殖性能和产肉性能^[1],于2009年获得国家农产品地理标志保护,是四川省第一个获得国家地理标志保护的畜牧类产品^[2]。在吉克马麻^[3]的记录中,美姑山羊一般1 a产2胎,产羔数一般是2~4只,公母羔每天可长180~200 g,

具有生长发育迅速的特点。然而目前针对幼龄美姑山羊的培育方法仍然比较传统,达不到现代化高效生产的目的,因此,针对幼龄美姑山羊代乳及补饲料的研究将是今后生产的重要突破点。有研究发现^[4],通常使用的代乳料营养参数越趋近母乳的乳化特性,羔羊的断奶应激越小,保证了羔羊过渡

收稿日期:2018-10-29

基金项目:四川肉羊创新团队建设专项经费;凉山州技术研究开发与推广应用项目(16YYJS0111)。

作者简介:周潇(1981—),女,四川西昌人,畜牧师,硕士,研究方向:草食家畜遗传繁育与科学饲养。*为通信作者。

到代乳料之后的健康生长。因此,研究美姑山羊母羊0~30 d的泌乳规律具有重要的意义。

针对山羊泌乳规律的研究方向有产奶量与泌乳时间的变化规律,以及产奶量与羔羊增重的变化规律,如马友记^[5]、吕亚军^[6]等人的研究;又或者如赵晓娥^[7]等人分析小尾寒羊乳中泌乳相关激素的变化规律;又或者如王玉琴^[8]等人针对河南奶山羊及杂交品种泌乳1~35 d的乳成分进行了动态分析。因为根据研究目的不同,分析方向以及手段也相应的有所侧重。在本研究中,我们对美姑山羊泌乳规律的分析,旨在研究母乳中各成分变化规律,为今后配制羔羊的补饲料或代乳料提供参考数据,因此,本文侧重于研究乳中常规成分的动态变化规律以及各乳成分之间的联系。

1 试验材料和方法

1.1 试验动物和样品采集

试验动物来源于四川凉山彝族自治州美姑县三岗美姑山羊种羊场。选取3头体况中等、健康的美姑山羊经产母羊,于母羊分娩后第2、6、12、24、36、48、72 h,7、10、15、20、25、30 d人工采集奶样,各20 mL,然后将其保存在实验室-80℃冰箱中用于之后乳成分的测定。

1.2 饲养管理

在母畜分娩后0~30 d内的饲养方式为带子舍饲,提供充足饲料和清洁饮水,羔羊随母哺乳,并适当的饲喂精料400 g。

其母羊日粮组成如下:精饲料配方:玉米71%、麦麸15%、豆粕8%、菜籽饼4%、碳酸氢钙0.5%、食盐1%、预混料0.5%。粗料(混合干草)组成:紫花苜蓿10%、燕麦30%、玉米秸秆(粉碎)60%。

每天饲料供给时间为09:00和16:00。

饲喂方式为:先喂粗料、后喂精料。

1.3 仪器与试剂

乳成分自动分析仪;台式离心机(TGL-16C);纯水仪(AJC-0501-P);微型旋涡混合器(WH-2);水浴锅(TL-420D);10 μL枪;1000 μL枪;100 μL枪;冰箱(BCD-186);全自动生化分析仪Chemray 240(深圳雷杜生命科技);试剂盒信息(长春汇力):钙测定试剂盒;镁测定试剂盒;锌测定试剂盒;磷测定试剂盒;铁测定试剂盒。

1.4 样品测定

将羊奶从-80℃冰箱取出,在水浴锅38℃的条件下解冻,按分析要求取样,分装在15 mL离心管中待测。由于羊奶样品为乳糜状,2~6 h的粘稠度太

大,所以,此时期的羊奶稀释3倍后再用乳成分分析仪测定常规成分。羊奶样品稀释混匀后3 500 r/min离心20 min后取乳清上机测定矿物质指标。

1.5 结果计算及数据处理

通过乳成分分析仪以及全自动生化分析仪得到数据后,还原稀释3倍结果。然后使用SPSS 19.0统计分析软件对数据进行单因素方差分析,并采用Duncan方法对不同时间段各成分的变化进行多重比较, $\alpha=0.05$;将不同时间段的乳样分为:初乳组与常乳组,对两个阶段的羊奶进行独立样本检验 t 检验;将各乳成分进行相关性分析和曲线估计;所有试验结果均用“平均值±标准差”的形式表示。

2 结果与分析

2.1 美姑山羊0~30 d母乳中的常规成分测定

从表1中,可以看到,随着泌乳时间的推移,除了乳脂外,其余各成分的大致情况呈现逐渐降低的趋势。在泌乳12 h之后,蛋白、乳糖、灰分、非脂固形物的变化都出现一个快速下降的情形,到达24 h的时候,蛋白质量分数降低了60%左右;乳糖则降低了30%;灰分和非脂固形物都下降了40%左右,

表1 美姑山羊母乳常规成分测定值 %

时间	蛋白	乳脂	乳糖	灰分	非脂固形物
2 h	15.45±0.05 a	3.32±0.05 f	26.12±0.02 a	3.38±0.02 a	44.96±0.06 a
12 h	12.31±0.03 b	3.00±0.03 g	20.05±0.02 b	1.43±0.02 b	33.79±0.01 b
24 h	4.43±0.02 c	2.26±0.01 h	13.92±0.02 c	0.82±0.02 d	19.17±0.03 c
48 h	4.38±0.05 c	6.96±0.02 a	13.13±0.02 d	0.9±0.01 c	18.42±0.05 d
72 h	2.34±0.04 d	5.75±0.03 b	8.38±0.02 e	0.12±0.01 h	10.84±0.02 e
10 d	2.04±0.05 f	1.43±0.01 i	8.4±0.03 e	0.41±0.01 e	10.85±0.08 e
15 d	2.17±0.01 e	4.81±0.01 c	7.2±0.02 h	0.22±0.01 g	9.59±0.02 h
20 d	2.17±0.02 e	3.58±0.02 e	7.74±0.04 g	0.24±0.02 g	10.15±0.06 g
25 d	1.56±0.03 g	4.65±0.02 d	6.03±0.04 i	0.1±0.01 h	7.69±0.04 i
30 d	2.14±0.02 e	1.45±0.02 i	7.82±0.02 f	0.32±0.02 f	10.28±0.02 f

注:同列数据不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$),相同小写字母则代表差异不显著($P > 0.05$)。

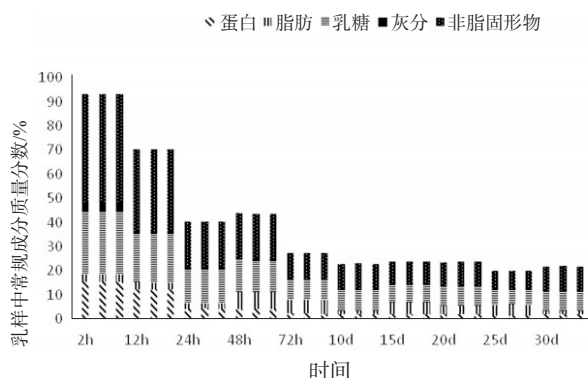


图1 乳常规成分变化趋势图

之后的下降有减缓的趋势,在10~30 d这一时段中,乳蛋白,乳糖,灰分都保持在一个较稳定的水平。从图1也能看出这些乳成分的变化趋势。并且通过Duncan的多重比较,发现乳蛋白在15、20和30 d的差异不显著;灰分在15 d和20 d的差异不显著;非脂固形物在72 h和10 d的差异不显著。

2.2 几种主要矿物元素测定

从表2中,我们可以看到钙(Ca)、锌(Zn)、磷(P)、铁(Fe)的质量分数均在母羊产羔泌乳后6 h达到最大值钙(825.19 mg/L);锌(29.04 mg/L)、磷(888.91 mg/L)、铁(137.49 mg/L)在泌乳第10 d的时候这四种矿物元素又均下降到最小值(钙(373.16 mg/L);锌(3.67 mg/L)、磷(402.88 mg/L)、铁(19.63 mg/L)之后随着时间的推移,乳中这四种矿物元素又逐渐升高,在15 d到30 d这一时段又保持在一个相对稳定的水平,同时观察到钙磷的比值均保持在0.7~1.1之间。从图2与图3的变化趋势图中,也可以明显的观察到以上变化。

表2 钙、锌、磷、铁的测定均值以及钙磷比

时间	ω(Ca)/(mg·L ⁻¹)	ω(Zn)/(mg·L ⁻¹)	ω(P)/(mg·L ⁻¹)	ω(Fe)/(mg·L ⁻¹)	钙:磷
2h	730.13±4.05 b	23.97±1.61 b	874.38±3.63 b	115.44±0.98 b	0.84±0.01 h
6h	825.19±12.93 a	29.04±1.62 a	888.91±6.84 a	137.49±2.28 a	0.93±0.01 d
12h	677.57±3.76 c	14.30±1.01 d	872.57±10.31 b	89.27±1.54 d	0.77±0.01 i
24h	665.19±6.11 c	11.24±1.14 e	773.77±6.46 c	52.98±3.12 f	0.86±0.01 fg
36h	632.75±7.13 e	20.77±1.88 c	675.93±8.74 e	94.36±1.01 c	0.93±0.01 d
48h	639.35±6.90 de	11.89±0.53 e	756.66±6.06 d	58.25±1.72 e	0.85±0.01 gh
72h	526.41±12.79 h	9.72±1.13 ef	489.21±6.40 i	44.24±0.51 g	1.08±0.02 a
7d	404.17±7.95 i	3.86±0.09 i	467.10±5.10 j	20.50±0.83 k	0.87±0.01 f
10d	373.16±4.82 j	3.67±0.10 i	402.88±4.45 k	19.63±1.02 k	0.93±0.01 d
15d	542.74±7.29 g	8.06±0.20 gh	607.12±6.96 h	31.65±1.63 i	0.89±0.01 e
20d	602.71±5.85 f	8.46±0.10 fg	603.71±6.84 h	38.24±1.59 h	1.00±0.01 c
25d	591.95±5.92 f	6.96±0.17 h	631.57±2.96 f	26.45±0.46 j	0.94±0.01 d
30d	650.87±3.99 d	14.13±0.25 d	618.22±4.76 g	59.00±1.62 e	1.05±0.01 b

注:同列数据中不同小写字母代表差异显著(P<0.05),相同小写字母则代表差异不显著(P>0.05)。

2.5 各成分的相关性及回归分析

在表3中,分别表示的是乳中灰分与蛋白、灰分与乳糖、乳糖与蛋白、磷与钙以及锌和铁的最佳模拟曲线方程,其中灰分和蛋白($y = -3.43x^3 + 15.20x^2 - 8.53x + 3.06, R^2 = 0.991$);灰分和乳糖($y = -1.87x^3 + 7.10x^2 + 3.17x + 6.50, R^2 = 0.988$);乳糖和蛋白($y = -0.0043x^3 + 0.22x^2 - 2.73x + 11.66, R^2 = 0.991$);P和Ca($y = 204.43e^{0.0019x}, R^2 = 0.870$);Fe和Zn($y = -0.003x^3 + 0.13x^2 + 3.41x + 3.15, R^2 = 0.956$)。

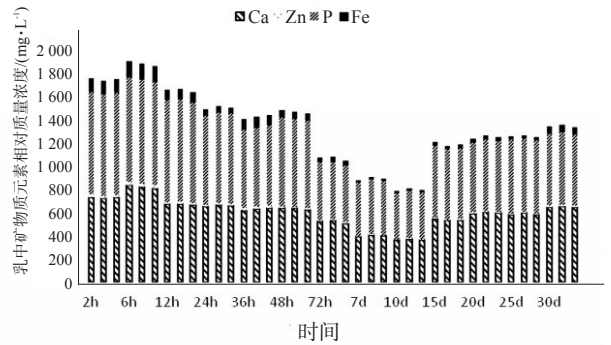


图2 乳中矿物质质量浓度变化趋势图

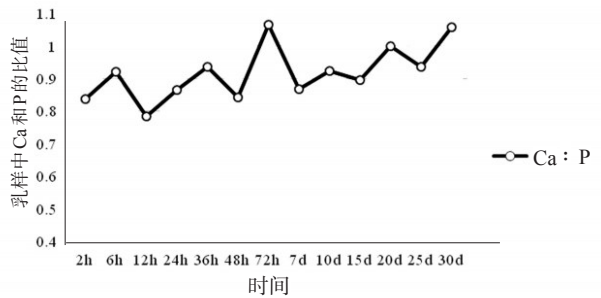


图3 乳样中矿物质钙磷比值变化趋势图

表3 乳常规成分以及矿物质的相关性分析

项目	最佳拟合方程模型	R	R ²	标准误	方程式
灰分(y)和蛋白(x)	三次方程	0.995	0.991	0.485	$y = -3.4257x^3 + 15.195x^2 - 8.5255x + 3.0583$
灰分(y)和乳糖(x)	三次方程	0.994	0.988	0.750	$y = -1.8695x^3 + 7.1036x^2 + 3.1678x + 6.4969$
乳糖(y)和蛋白(x)	三次方程	0.995	0.991	0.479	$y = -0.0043x^3 + 0.2237x^2 - 2.7345x + 11.662$
P(y)和Ca(x)	指数方程	0.932	0.870	0.090	$y = 204.43e^{0.0019x}$
Fe(y)和Zn(x)	三次方程	0.978	0.956	8.017	$y = -0.003x^3 + 0.126x^2 + 3.4137x + 3.1497$

3 讨论

3.1 乳提供营养与幼畜的营养需要的比较

与本试验结果不同的是,许多研究^[9-11]显示,乳糖质量分数在初乳中通常质量分数较低,随着时间的推移升高到一个稳定水平。但也有与本试验表现相同趋势的研究结果,例如,郭春华等^[12]对简阳大耳羊不同泌乳期乳成分质量分数动态变化分析时也发现,简阳大耳羊乳中乳糖质量分数随着泌乳期的延长呈现明显的下降趋势,24 h内初乳中乳糖质量分数为11.93%,7 d后下降至5.77%,下降了51.6%,因此推断,羊乳成分中乳糖的变化与品种有关。

本试验同时研究了矿物元素在不同泌乳时期的变化规律,其中所测定的钙、锌、磷、铁的相对质量分数随时间的变化规律均是先升高后降低随后又上升,至30 d时趋于平稳,与刘益丽等^[13]对麦洼牦牛的泌乳研究中的结论相同,但与王玉琴等^[8]的研

究中钙的变化趋势不太一致,但磷的变化趋势大致相同;而对比该试验中其他乳成分的变化规律可以看出2 d之后乳蛋白的变化趋势与本试验大致相同,但对比蛋白每个时间段的相对质量分数,发现河南奶山羊的乳蛋白明显要高于美姑山羊的质量分数。

Resende等^[14]对在巴西海拔649 m的米纳斯吉拉斯州本土山羊进行了研究,提出在幼畜体质量5 kg到25 kg时,蛋白的需要量为 $(4.45 \pm 1.24) \text{ g} \cdot \text{kg}^{-0.75}$ (其中 $\text{kg}^{-0.75}$ 是指空腹状态下的代谢体质量),即5~25 kg体质量每日所需要摄入的蛋白质量分数在15~50 g,而生长发育每增重1 kg需要摄入蛋白范围分别是 $(186.6 \pm 2.97) \sim (214.3 \pm 12.9) \text{ g}$;查阅国家农业推荐的山羊营养需要^[15],日增重在0.04 kg,1~10 kg体质量阶段,总蛋白的营养需要在14~38 g的范围。在国外,一般采用的断奶体质量选择在达到出生体质量的3到4倍,国内则是选择日采食量达到200 g以上时进行断奶^[16],按照0~30 d内每只幼畜一天摄入奶的量在100~500 g范围内逐渐增加的方式计算,并且假设能量能够充分满足幼畜的条件下,仅考虑从母乳中摄入的蛋白,美姑山羊母羊早期泌乳阶段每日能提供的蛋白为15~10 g左右,因此从蛋白这一角度对比以上幼畜营养需要的资料,发现随着时间的推移,母乳将满足不了幼畜的营养需要。这也从侧面说明,在早期对羔羊的补饲是有着重要的生理意义的。但由于现在对美姑山羊幼畜的研究较少,参考价值有限,因此还需要进一步探索美姑山羊生长早期不同阶段的营养需要,进而为开发美姑山羊羔羊补饲料提供理论依据。

3.2 乳中各成分的联系

在本试验中,我们得到了蛋白与乳糖、灰分,乳糖与灰分,铁与锌以及钙与磷的最佳拟合曲线方程。分析它们之间的联系可以探索羊乳成分之间特殊联系的规律。

乳的生成分为两个阶段,第一个阶段为乳腺上皮分化,并开始转录特定的乳蛋白,第二个阶段为乳腺增加了从外周血液中摄取乳成分前体物的作用,启动合成乳糖以及乳脂肪球^[17],以上的两个过程分别受到了母体中不同生理阶段内各种激素的协同作用和母体摄入营养物质的组分的影响。有研究^[18~20]表明,血液中胰岛素质量分数的增加与催乳素的协同对乳蛋白的合成存在着促进作用。同时

在对关中奶山羊的研究报导^[20]中发现,血清中的胰岛素水平在妊娠初期最高,至分娩时最低,而乳腺中胰岛素在泌乳期处于高水平,胰岛素受体在妊娠期和泌乳期维持在一个较高水平,至泌乳中后期下降。以上分析暗示了在早期泌乳阶段,乳中蛋白质与乳糖的质量分数变化应该呈现正相关的关系,本试验的分析结果中乳糖随乳蛋白变化呈正相关的3次方程曲线拟合也正好与之对应,同时通过分析胰岛素在泌乳阶段的变化可以预测乳蛋白和乳糖随着时间的推移呈现下降趋势,这与本试验的分析结果一致。

钙和磷是羔羊必需的常量矿物元素,它们在幼龄动物饮食中的质量分数和较为固定的钙磷比,与羔羊的骨骼发育以及与体内各种酶的合成都有很密切的关系;而微量元素中铁以及锌质量分数的多少则是关系到羔羊的生长速度以及优秀公羊的培育^[4,21]。本试验分析了矿物质中的铁和锌、钙与磷两组之间的联系,并分析得到了灰分分别与蛋白和乳糖的关系。由于微量元素进入乳腺成为乳成分有着复杂的激素和蛋白协同调节的过程^[22],因此探究矿物质中各成分之间以及与蛋白和乳糖的相应关联对反映泌乳早期相应激素变化有着重要的意义。

以上研究表明泌乳过程受到多种蛋白和激素的调节,说明乳的生成是耗能的过程,仅依靠母乳营养是不足于幼畜的生长发育。因此,根据幼畜的发育状况,早期补饲可以起到重要的作用,不仅有利于幼畜的生长需要,还能减轻母畜的生理压力,使母畜在哺乳阶段减少体质量损失,为恢复良好体况进行下一次发情配种的营养需求打下基础。

4 结语

本试验通过测定美姑山羊泌乳0~30 d中不同时间段的乳成分,包括乳蛋白、乳脂、乳糖、灰分、非脂固形物和矿物质元素钙、锌、磷、铁的相对质量分数。除了乳脂的变化规律性不强之外,其余的成分均是随时间先逐渐降低至第10 d,随后逐渐增加,再在30 d左右保持一个相对平稳状态的变化趋势。通过相关性分析发现了乳成分中的蛋白质与乳糖、灰分,乳糖与灰分,钙和磷以及铁与锌存在着显著的相关性。本试验的研究结果为今后配制羔羊的补饲料或代乳料提供了基础数据。

参考文献:

- [1] 阿西伍牛.浅谈美姑山羊养殖技术要点[J].草业与畜牧,2014(4):40-41.
- [2] 王世斌,傅平.美姑山羊成果转化与新品种培育的展望[J].草业与畜牧,2012(12):36-38.

[3] 吉克马麻.优良地方羊品种——美姑山羊[J].农村百事通,2018(7):32.

[4] 王杰,刁其玉,张乃锋.代乳品对早期断奶羔羊生长发育和生理机能的调控作用[J].家畜生态学报,2015,36(8):86-89.

[5] 马友记,董琪利,李发弟,等.舍饲绵羊产后30天产奶量及乳成分变化规律[J].草业学报,2013,22(5):287-293.

[6] 吕亚军.滩羊产后1~30天泌乳规律及1~30日龄羔羊营养需要量研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.

[7] 赵晓娥,俞晓丽,李运生,等.泌乳期小尾寒羊5种生殖激素的变化规律研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(10):63-70.

[8] 王玉琴,王占彬,吴秋珏,等.河南奶山羊及其杂种羊泌乳早期乳成分动态变化[J].食品科学,2010,31(1):63-65.

[9] 张君艳,刘月琴,张英杰.河北绒山羊羔羊早期断奶技术研究[J].饲料工业,2016,37(5):51-55.

[10] 周雪,付利芝,杨柳,等.荣昌猪初乳和常乳主要成分及钙含量分析[J].中国畜牧杂志,2015,51(23):76-78.

[11] 吴伟宗,姜明涛,刘闯,等.猪初乳和常乳的差异蛋白质组成分析[J].中国畜牧杂志,2015,51(13):25-29.

[12] 郭春华,黄艳玲,李世丹,等.简阳大耳羊不同泌乳期乳成分含量动态变化[J].黑龙江畜牧兽医,2010(21):58-60.

[13] 刘益丽,江明锋,江伟华,等.麦洼牦牛全泌乳期乳中矿物质元素变化规律研究[J].中国畜牧兽医,2014,41(6):112-116.

[14] RESENDE KT, RIBEIRO S D D, DE ALMEIDA A K, et al. Energy and protein requirements during the growing phase of indigenous goats[J]. Semina-Ciencias Garias,2018,39(1):241-251.

[15] 赵有璋,张英杰.羊生产学[M].3版.北京:中国农业出版社,2014,250-252.

[16] 孟庆蕊.陕北白绒山羊羔羊培育试验及生长发育指标监测[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.

[17] 臧文娟.山羊乳腺上皮细胞中5-HT对PTHrP的调控作用研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.

[18] 齐利枝,闫素梅,生冉,等.奶牛乳腺中乳成分前体物对乳成分合成影响的研究进展[J].动物营养学报,2011,23(12):2077-2083.

[19] 生冉,闫素梅.催乳素与其他激素对乳腺内乳成分合成的协同调节作用[J].动物营养学报,2014,26(6):1435-1443.

[20] 李真,李庆章.奶山羊乳腺发育过程中生长激素、胰岛素及其受体的变化规律研究[J].中国农业科学,2010,43(8):1730-1737.

[21] 王月影,朱河水,王艳玲.乳腺上皮细胞的钙转运研究进展[J].江西农业学报,2008(6):92-94.

[22] 郑涛,杨祖菁,钱林溪.乳腺上皮细胞微量元素转运机制研究进展[J].生命科学,2012,24(8):827-832.

(责任编辑:曲继鹏)

(上接第7页)

料与泥土、人粪尿等混合堆制,在通气条件下好氧发酵,产生大量热量,将有机养分大量转化为矿质养分,碳氮比值降低,并形成腐殖质。由于输气通氧、高温腐熟,将堆制的秸秆中的能量、C素、N素以热量、CO₂、NH₃等形态大量释放并散失于大气环境中,导致腐熟的肥料能量减少、C素N素损失严

重,其供能量能力、供C供N能力大幅下降。因此,有机肥的肥效评价应增加肥料能量、水溶性C和N素的保护与供应评价。现有条件下,参考青贮饲料的生产方式,可采用厌氧发酵的方式生产厌氧堆肥,提高厌氧堆肥产品的能量、水溶性C和N素质量分数。

参考文献:

[1] 郎贵飞,周奎.我国粮食产量和化肥施用量实证分析[J].现代商贸工业,2016,12(2):15-18.

[2] 王志民,蔡光泽,陈开陆,等.有机农业生产的非化学原则思考[J].现代农业科技,2017,20(8):257-260.

[3] 吴礼数,谭启玲,周卫军,等.土壤肥科学[M].北京:中国农业出版社,2013.

[4] 王修兰.CO₂浓度增加对作物影响的实验研究进展[J].农业工程学报,1995,11(2):103-108.

[5] 张世明.秸秆生物反应堆技术[M].北京:中国农业出版社,2012.

[6] 杨吉祥,马平平.浅谈农药化肥的负面作用及对策[J].中国园艺文摘,2009,6(15):158-160.

(责任编辑:曲继鹏)