



# 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周泌乳量及乳成分变化规律

李真真<sup>1</sup>, 张昌吉<sup>1</sup>, 刘庆华<sup>2</sup>, 蒋志嘉<sup>2</sup>

(1. 甘肃农业大学 动物科学技术学院, 兰州 730070; 2. 河南牧业经济学院 动物科学技术学院, 郑州 450046)

**摘要** 旨在研究杜泊公羊与湖羊母羊杂交一代母羊(称杜湖 F<sub>1</sub>)的泌乳量及乳成分含量变化规律,为杜湖 F<sub>1</sub> 母羊的科学饲养提供参考依据。随机选取 12 只体质量(56.25±3.38) kg、年龄、胎次相近,体况一致,身体健康的杜湖 F<sub>1</sub> 母羊,6 只测定泌乳量,6 只测定乳成分并分析其变化规律,试验期为 9 周。结果表明:杜湖 F<sub>1</sub> 母羊具有较高的泌乳性能,9 周总泌乳量为(75.98±10.15) kg,周平均泌乳量为(8.44±1.63) kg,0~9 周泌乳曲线方程为  $Y=7.98e^{0.0387t}e^{-0.0013t}$ ,  $R^2=0.978$ ;杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0 周乳中固形物、蛋白质、脂肪、乳糖及灰分含量最高。以上研究结果可为杜湖 F<sub>1</sub> 母羊早期断奶策略的制定以及饲养管理提供基础数据。

**关键词** 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊;泌乳量;乳成分;泌乳曲线

中国是养羊大国,本土绵羊、山羊品种丰富,具有耐粗饲、耐受性强的特点,但是缺乏优质的肉羊品种。引入外来品种与中国本土羊杂交,可以充分利用杂种优势,培育出产肉性能好、繁殖率高的新品种,并可以有效避免本土羊种群内部因近交造成的衰退现象<sup>[1]</sup>。杜泊羊是由南非引进的,具有生长发育快、抗逆性好、肉质细嫩、板皮质量好等优良品质;湖羊是分布在中国江浙太湖流域,多胎但生长较慢的地方优良绵羊品种<sup>[2]</sup>。近来研究发现,杜湖 F<sub>1</sub> 具有优良的杂种优势,较高的产羔率(215%),虽略低于湖羊,但仍然具有较好的多胎性能<sup>[2-5]</sup>。

母羊的泌乳量和乳品质直接影响羔羊的成活率和正常生长发育。掌握母羊的泌乳量及乳成分含量,进而科学合理地饲喂母羊,以利于羔羊健康成长<sup>[6]</sup>。泌乳曲线为描述泌乳期内产奶量随时间变化的数学模型,在绵羊生产和育种中起重要作用。母乳是新生儿羔羊获得营养物质的唯一来源,不同品种的绵羊乳中营养组成基本相同,但泌乳量及乳成分含量却受到遗传、泌乳期、饲养管理、产羔数、胎次、季节、生理机能、环境、年龄、健康状况和日照时间等因素的影响<sup>[7-9]</sup>,其中品种是影响母羊泌乳性能的最主要因素。母羊的泌乳性

能可以通过 2 种方式获得:一是统计单位时间内母羊的实际泌乳量,此方法对母羊泌乳量预测精确,但存在时效性差的缺点,因此难以在生产中广泛应用<sup>[10]</sup>;二是应用数学模型预测母羊的泌乳性能,现有模型主要有 Wood 模型、Wilink 模型、逆多项模型、Ali-Schaeffer 模型等<sup>[11]</sup>,其中 Wood 模型拟合效果好、可解释度强,因此在母羊泌乳性能预测中应用最多。母羊在产后 2~4 周达到泌乳高峰期,随后泌乳量开始下降,乳中各项营养成分含量也随之减少<sup>[6]</sup>。国内外有关其他品种羊奶品质及泌乳性能的研究较多<sup>[6-10,12-16]</sup>,而关于杜湖 F<sub>1</sub> 母羊泌乳量和乳成分变化规律的研究鲜见报道。鉴于此,本试验对杜湖 F<sub>1</sub> 母羊的泌乳量及乳营养成分进行测定并分析其动态变化规律,根据所测得的泌乳量数据模拟母羊的泌乳曲线模型,以期为杜湖 F<sub>1</sub> 母羊早期断奶策略的制定及科学饲养管理提供基础数据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间与地点

饲养试验于 2021 年 4 月在河南省魏南牧业有限公司进行,试验期共计 9 周。

收稿日期:2022-03-30 修回日期:2022-07-07

基金项目:河南省重大科技专项计划项目(161100510200)。

第一作者:李真真,女,硕士研究生,研究方向为动物营养与饲料。E-mail:1845996492@qq.com

通信作者:张昌吉,男,副教授,硕士生导师,研究方向为草食家畜营养与饲养、饲料资源开发与利用。E-mail:zhangcj@gsau.edu.cn

刘庆华,男,教授,硕士生导师,研究方向为动物营养与饲料。E-mail:2372157068@qq.com

## 1.2 试验设计

随机选取 12 只体质量(56.25±3.38)kg、年龄、胎次相近,体况一致,身体健康的杜湖 F<sub>1</sub> 母羊,6 只测定泌乳量,6 只测定乳成分并分析其变化规律。每只母羊及其所产羔羊单栏饲养,将每个栏位进行分割,除哺乳时间外,其余时间羔羊与母羊分离饲养,防止羔羊在非泌乳量测定时间哺乳。

## 1.3 动物日粮与饲养管理

试验用母羊均采用全舍饲,分别于每天 7:00 和 17:00 饲喂 2 次全混合日粮,并在料槽内放置舔砖,自由饮水和自由运动。羔羊从 7 日龄开始补饲,自由采食和饮水,并保持饲料及饮水清洁。每天早上 7:00 把前一天剩余的饲料清除,更换新料。试验日粮参照 NRC(2007)舍饲绵羊营养标准设计<sup>[17]</sup>,可满足绵羊营养需要,基础日粮为全混合日粮,主要由玉米、豆粕、全株青贮玉米秸秆、花生秧以及预混料组成,其主要日粮营养成分为消化能 10.56 MJ/kg、粗蛋白质 11.62%、中性洗涤纤维 52.53%、钙 0.43%、磷 0.29%。

## 1.4 测定指标

1.4.1 泌乳量测定与泌乳曲线模型的构建 泌乳量采用羔羊自由哺乳前后体质量差法测定<sup>[18]</sup>。为尽可能减少应激,每 7 d 测定一次泌乳量,将每次测定结果乘以 7,表示为该 7 d 的总泌乳量,第一次测定选在母羊产后第 5 天,此后测定时间为每 7 d 的第 4 天<sup>[18]</sup>。测定日每 4 h 哺乳 1 次,1 d 6 次,具体时间分别为 4:00、8:00、12:00、16:00、20:00、24:00,每次哺乳约 10~15 min。哺乳时先将羔羊称体质量后再放到母羊处自由哺乳,哺乳完后立即隔离并称体质量,差值即为泌乳量。

本研究参照 Wood 模型(1967)<sup>[19]</sup>建立的泌乳曲线  $Y = At^b e^{-ct}$ ,式中, $Y$  为泌乳量, $t$  为泌乳时间, $A$  为产后第 1 周泌乳量估计值, $b$  是从泌乳高峰下降的速度, $c$  是达到泌乳高峰的速度,根据测定的 0~9 周泌乳量数据模拟杜湖 F<sub>1</sub> 母羊的泌乳曲线。

1.4.2 乳样采集及乳成分测定 乳样采集在羔羊哺乳前进行,产羔后 0~9 周每天分别于 9:00、12:00 和 15:00 以人工挤乳方式采集 50 mL,混匀后在 4 ℃ 鲜样状态下立即送到实验室,采用乳品分析仪(FOSS MilkoScan™ FT-120,美国)进行乳成分测定。测定指标包括固形物、蛋白质、脂肪、乳糖和灰分含量。

## 1.5 数据分析

利用 Excel 2016 对基础数据进行初步整理,剔除异常数据,以确保泌乳期数据检测时羊只体况健康。采用 SPSS 26.0 软件对泌乳量进行单因素方差分析,用 Duncan's 法进行多重比较,泌乳曲线用 Wood 模型进行拟合,乳成分采用二次项相关性分析,结果以“平均值±标准误”的形式表示, $P < 0.05$  表示差异显著, $P > 0.05$  差异不显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周泌乳量与曲线拟合

由表 1 可知,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后第 1、3 和 4 周泌乳量差异不显著( $P > 0.05$ ),第 2 周泌乳量显著高于其他各周( $P < 0.05$ ),2 周以后泌乳量逐渐下降,每周平均下降 8.02%,第 9 周泌乳量显著低于其他各周( $P < 0.05$ )。杜湖 F<sub>1</sub> 母羊 1~6 周和 6~9 周泌乳量的平均下降速率分别为 7.07% 和 6.93%。

表 1 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周泌乳量

Table 1 Milk yield of Dorper and Hu hybrid

F <sub>1</sub> ewe at 0-9 weeks		kg
周龄/w	Week	泌乳量 Milk yield
	1	8.96±1.76 b
	2	10.98±1.62 a
	3	9.66±1.58 b
	4	9.20±1.53 b
	5	8.44±1.04 c
	6	8.09±0.84 c
	7	7.59±0.94 d
	8	6.97±0.84 d
	9	6.09±0.49 e
平均值 Average value		8.44±1.63
合计 Total		75.98±10.15

注:同列数据后不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: The different letters within the same columns indicate significant differences( $P < 0.05$ ). The same below.

根据杜湖 F<sub>1</sub> 母羊泌乳量测定数据,通过计算机模拟出其泌乳曲线方程:  $Y = 7.98t^{0.0387} e^{-0.0013t}$ ,  $R^2 = 0.978$ 。由图 1 可知,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周泌乳量整体变化趋势为泌乳初期逐渐上升,到泌乳盛期达到高峰,然后随泌乳期延长呈逐渐下降趋势。第 1 周的泌乳量为 7.98 kg,小于实际测定值 8.96 kg。由方程推算出杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周总泌乳为 75.92 kg,与实测值差异不显著( $P > 0.05$ ),说明杜湖 F<sub>1</sub> 母

羊的泌乳曲线完全符合 Wood 模型。

### 2.2 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周乳成分含量

由表 2 可知,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊的乳成分第 0 周显著高于其他周(P<0.05),固形物含量在 0~4 周呈降低趋势,5 周以后稍有升高,呈波动状态,7~9 周有所上升;蛋白质含量在 1~3 周有所下降,4~9 周逐渐升高,4~6 周组间差异显著(P<0.05),6~9 周组间差异不显著(P>0.05);乳脂含量第 1 周显著高于 2~9 周,1~4 周逐渐下降,4 周以后升高,呈现波动性变化;乳糖含量在 1~9 周组间差异不显著(P>0.05);灰分含量第 2 周显著低于其他周(P<0.05),其他周组间差异不显著(P>0.05)。

对表 2 数据进行统计分析发现,乳中固形物、蛋白质、脂肪、乳糖、灰分含量(y,%)与产后周龄(x,w)呈显著的二次相关,关系式依次为:y = 0.441 5x<sup>2</sup> - 5.816 9x + 32.98(n = 6, P < 0.05, R<sup>2</sup> = 0.701 8)、y = 0.301 9x<sup>2</sup> - 3.654 4x + 15.026(n = 6, P < 0.05, R<sup>2</sup> = 0.574 4)、y =

0.104 8x<sup>2</sup> - 1.536 1x + 10.06(n = 6, P < 0.05, R<sup>2</sup> = 0.771 5)、y = 0.030 9x<sup>2</sup> - 0.384 3x + 6.048 7(n = 6, P < 0.05, R<sup>2</sup> = 0.587 4)、y = 0.002 5x<sup>2</sup> - 0.005 3x + 1.238 2(n = 6, P < 0.05, R<sup>2</sup> = 0.616 9)。

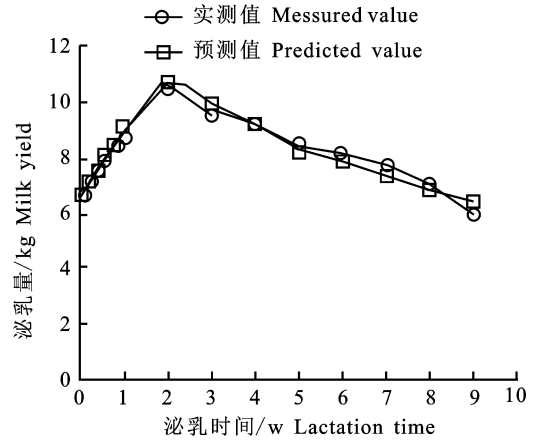


图 1 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周泌乳曲线  
Fig. 1 Lactation curve of Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe at 0-9 weeks

表 2 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周乳成分含量

Table 2 Milk component content of Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe at 0-9 week

%

周龄/w Week	固形物 Solids	蛋白质 Protein	乳脂 Fat	乳糖 Lactose	灰分 Ash
0	32.89±0.23 a	15.56±0.19 a	9.89±0.12 a	6.25±0.15 a	1.32±0.04 a
1	18.47±0.08 b	5.83±0.12 c	6.50±0.07 b	4.74±0.15 b	1.40±0.04 a
2	16.22±0.09 c	4.39±0.27 d	5.61±0.11 c	5.16±0.07 b	1.07±0.05 b
3	15.78±0.10 d	4.09±0.19 d	5.12±0.09 c	4.89±0.09 b	1.59±0.09 a
4	15.08±0.07 d	4.18±0.14 d	4.56±0.06 d	4.94±0.09 b	1.42±0.04 a
5	16.45±0.09 c	5.34±0.09 c	5.43±0.09 c	4.73±0.09 b	1.63±0.09 a
6	16.11±0.12 c	6.18±0.11 b	5.35±0.13 c	5.08±0.23 b	1.51±0.11 a
7	15.28±0.11 d	6.45±0.09 b	4.76±0.09 d	5.33±0.09 b	1.34±0.09 a
8	16.45±0.09 c	6.63±0.09 b	4.58±0.09 d	5.13±0.09 b	1.43±0.09 a
9	17.11±0.15 c	6.86±0.17 b	4.65±0.14 d	5.00±0.40 b	1.61±0.04 a

## 3 讨论

### 3.1 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊泌乳量

泌乳是雌性哺乳动物特有的生理机能,泌乳量及其变化速率是评价动物泌乳性能的常用指标,同时也是制定哺乳母羊和羔羊营养管理方案的主要依据。本试验结果显示,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后前 4 周总泌乳量为 38.80 kg,高于马友记等<sup>[6]</sup>测得的新疆肉羊产后前 4 周的总泌乳量(30.63 kg),李讨讨等<sup>[10]</sup>测定的湖寒杂交母羊产后前 4 周的总泌乳量(34.47 kg),何宗龙等<sup>[14]</sup>测定的和

田红羊产后前 4 周的总泌乳量(29.87 kg),说明杜湖杂交母羊具有较好的泌乳性能。杜湖 F<sub>1</sub> 母羊 0~7 周的日均泌乳量为 1.28 kg,低于张磊等<sup>[21]</sup>测得的湖羊 0~7 周的日均泌乳量(1.86 kg),由此可以得出,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊泌乳能力低于湖羊。造成这些差异的原因可能与羊的品种、饲养管理模式等不同有关。另外,本试验结果显示,随着泌乳期的延长,每周泌乳量逐步下降,这与其他学者<sup>[12-16]</sup>研究结果相似。杜湖 F<sub>1</sub> 母羊第 1~6 周泌乳量平均下降速率为 7.07%,与马友记等<sup>[6]</sup>、李讨讨等<sup>[10]</sup>和何宗龙等<sup>[14]</sup>测定的其他品种

羊基本一致。

绵羊泌乳曲线虽然可以直观反映出变化趋势,但是缺乏反应其差异的量化指标,因此通过泌乳曲线方程将杜湖 F<sub>1</sub> 母羊的预测值和实测值进行配对 *t* 检验,结果显示预测值与实测值差异不显著( $P>0.05$ ),利用次级参数  $t_{\max}=b/c$ ,  $Y_{\max}=a(b/c)^b e^{-b}$ 。对峰值时间和峰值泌乳量进行推算,可得峰值时间预测值为第 2 周,峰值泌乳量为 10.70 kg,推算值为实际值的 97.45%,这可能是因为在实际测定中羔羊哺乳量小于母羊实际泌乳量。利用 Wood 模型对泌乳曲线进行拟合,拟合精度为 0.98,峰值时间为 14 d,最大泌乳量为 10.70 kg。表明通过数学模型能够较为真实地预测动物的泌乳性能。

### 3.2 杜湖 F<sub>1</sub> 母羊乳成分动态变化规律

乳成分含量是评价动物乳品质的重要指标,关系到幼龄动物成活率的高低和生长发育速度的快慢。研究舍饲绵羊乳成分变化规律可为早期断奶策略的制定及饲养管理提供基础数据。第 0 周乳成分指标显著高于其他时间,说明杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后初乳与常乳有很大的差异,也间接说明在产后第 0 周母羊的营养需求较大,需要加强此阶段母羊的饲养管理。本试验测得的杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~7 周的固形物、蛋白质、脂肪和乳糖平均含量与张磊等<sup>[21]</sup>结果基本相同。说明杜湖 F<sub>1</sub> 母羊与纯湖相比乳产量改变,但乳品质不改变,随着乳产量的升高,羔羊生长速度加快,母羊应及时补饲。初乳中营养成分含量最高,并随着泌乳周数的增加,其营养成分均显著降低,这与马友记等<sup>[6]</sup>等所测的舍饲绵羊所测的天府肉羊的营养成分含量的变化趋势一致。第 0~9 周固形物含量的变化趋势与彭婕等<sup>[23]</sup>研究的舍饲绵羊极为相似,乳中固形物含量在产后第 3~4 周降至最低后呈现出缓慢上升趋势,是母羊在产后体况逐渐恢复、采食量增加及泌乳量在产后 3~4 周后逐渐下降等因素导致的。第 7~9 周固形物含量逐渐上升,可能与母羊的营养状况趋于稳定和泌乳量逐渐减少有关。初乳中含有较为丰富的免疫球蛋白、乳铁蛋白、生长因子、淋巴细胞等,可提高机体免疫能力和预防感染。杜湖 F<sub>1</sub> 母羊初乳中蛋白质含量低于彭婕等<sup>[23]</sup>测得舍饲绵羊的蛋白质含量,但第 1~8 周蛋白质含量变化与其相近。第 1 周蛋白质含量高于李讨讨等<sup>[10]</sup>测得湖寒杂交羊蛋白质含量(5.18%)。脂肪是主要的储能物质,能够为

动物提供能量。杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0~9 周的脂肪含量较李晓林等<sup>[25]</sup>测得的湖羊产后 6 d、27 d 和 55 d 的高分别为(3.45±0.68)%、(3.98±0.26)%、(3.12±0.29)%,但与李讨讨等<sup>[10]</sup>测得的湖寒杂交母羊产后第 7 d、14 d、28 d 的乳脂率较为接近,可能是由于试验条件不同造成的。乳糖含量变化趋势与李讨讨等<sup>[10]</sup>测定的湖寒杂交羊接近,第 1 周乳糖含量较马友记等<sup>[26]</sup>测得的甘肃肉用羊值高。造成这些差异的原因,可能与绵羊品种、年龄、环境、胎次、饲养水平的不同等有关。有关羊乳成分随泌乳期变化的定量关系尚未见报道,还需进一步研究,本试验发现,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0 周固形物、蛋白质、脂肪、乳糖及灰分含量最高。

## 4 结论

数学模型能够较为真实地预测动物的泌乳性能,杜湖 F<sub>1</sub> 母羊产后 0 周固形物、蛋白质、脂肪、乳糖及灰分含量最高,营养需求较大,需要加强此阶段母羊的饲养管理。

### 参考文献 Reference:

- [1] 韩战强,李鹏伟,赵秀敏,等. 引进肉用绵羊品种的杂交利用研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2021, 41(1): 52-56.  
HAN ZH Q, LI P W, ZHAO X M, et al. Research progress on the cross-utilization of imported meat sheep breeds[J]. *China Herbivore Science*, 2021, 41(1): 52-56.
- [2] 李昕俞,乔程,李楨,等. 杜泊羊与湖羊杂交羔羊生长发育规律研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(2): 52-55.  
LI X Y, QIAO CH, LI ZH, et al. Study on the growth and development law of crossbred lambs of Dorper and Hu hybrid[J]. *Heilongjiang Animal and Veterinary Sciences*, 2019(2): 52-55.
- [3] 潘晓荣,陈广仁,王晓平,等. 澳洲白、杜泊羊与小尾寒羊、湖羊杂交试验研究[J]. 甘肃畜牧兽医, 2017, 47(10): 113-114, 119.  
PAN X R, CHEN G R, WANG X P, et al. Experimental study on crossbreeding Australian white and Dorper sheep with small-tailed Han sheep and Hu sheep[J]. *Gansu Animal and Veterinary Sciences*, 2017, 47(10): 113-114, 119.
- [4] 杨杜录,刘伯河,朱振宇,等. 澳洲白、杜泊羊与湖羊杂交一代羔羊生长发育与肉用性能测定[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(4): 30-34, 42.  
YANG D L, LIU B H, ZHU ZH Y, et al. Determination of growth and meat performance of the first generation lamb of Australian white and Dorper sheep crossed with Hu hybrid[J]. *Heilongjiang Animal and Veterinary Sciences*, 2021(4): 30-34, 42.
- [5] 黄华榕,刘桂琼,姜勋平,等. 杜泊羊与湖羊的杂交效果

- [C]//中国畜牧兽医学学会养羊学分会. 中国畜牧兽医学学会养羊学分会 2014 年全国养羊生产与学术研讨会论文集. 中国畜牧兽医学学会养羊学分会: 中国畜牧兽医学学会养羊学分会, 2014: 3.
- HUANG H R, LIU G Q, JIANG X P, *et al.* The hybrid effect of Dorper and Hu hybrid [C]//Sheep Raising Branch of China Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine. Proceedings of the 2014 National Sheep Production and Academic Seminar of the Sheep Raising Branch of the China Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine. Goat Breeding Branch of China Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine; Goat Breeding Branch of China Society of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2014: 3.
- [6] 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.
- MA Y J, DONG Q L, LI F D, *et al.* Changes of milk yields and their nutrient composition in confined 0-30 days postpartum sheep[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22(5): 287-293.
- [7] RUSSO V M, CAMERON A W, DUNSHEA F R, *et al.* Artificially extending photoperiod improves milk yield in dairy goats and is most effective in late lactation[J]. *Small Ruminant Research*, 2013, 113(1): 179-186.
- [8] 王宏博, 郭江鹏, 李发弟, 等. 不同营养水平对滩×寒杂种母羊繁殖性能的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(6): 254-263.
- WANG H B, GUO J P, LI F D, *et al.* Effects of different nutrition levels on reproductive performance of Tan× Han hybrid ewe[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(6): 254-263.
- [9] MOLIK E, MISZTALIT, ROMANOWICZ K, *et al.* Short-day and melatonin in effects on milking parameters, prolactin profiles and growth-hormone secretion in lactating sheep[J]. *Small Ruminant Research*, 2013, 109(2): 182-187.
- [10] 李讨讨, 马友记. 湖寒杂交后代母羊产后 1~30 d 泌乳量及乳成分变化规律研究[J]. 中国草食动物科学, 2017, 37(3): 8-11.
- LI T T, MA Y J. Changes of the milk yield and milk composition in confined 1-30 days postpartum Husheep and small-tail Han sheep crossbred ewes[J]. *China Herbivore Science*, 2017, 37(3): 8-11.
- [11] 毛永江, 张美荣, 许兆君, 等. 用 Wood 模型拟合南方中国荷斯坦牛产奶量、乳脂率、乳蛋白率和体细胞评分及其效果分析[J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(12): 1904-1909.
- MAO Y J, ZHANG M R, XU ZH J, *et al.* Lactation curve fittings of wood's nonlinear model for milk yield, milk fat, milk protein and somatic cell score for Chinese Holstein in southern China[J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2012, 43(12): 1904-1909.
- [12] 张 力, 潘林阳, 杨诗兴, 等. 哺乳单羔、双羔母湖羊的泌乳量及其泌乳曲线的研究[J]. 中国畜牧杂志, 1988(6): 23-24.
- ZHANG L, PAN L Y, YANG SH X, *et al.* Study on lactation yield and lactation curve of lactating single lamb and double lamb female Hu sheep[J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 1988(6): 23-24.
- [13] 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]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- LÜ Y J. Study on the lactation regularity of Tan sheep 1-30 days postpartum and the nutritional requirements of 1-30 day old lambs [D]. Yangling Shaanxi: Northwest Agriculture and Forestry University, 2008.
- [14] 何宗龙, 侯晨曦, 洪文娟, 等. 和田多胎红羊泌乳规律初步研究[J]. 中国畜牧兽医, 2021, 48(4): 1334-1342.
- HE Z L, HOU CH X, HONG W J, *et al.* Preliminary study on the lactation law of Hetian red sheep with multiple fetuses[J]. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2021, 48(4): 1334-1342.
- [15] 高 康, 王 浩, 王天翔, 等. 甘肃高山细毛羊泌乳规律及哺乳期羔羊体重生长规律研究[J]. 家畜生态学报, 2018, 39(7): 20-24.
- GAO K, WANG H, WANG T X, *et al.* Study on the law of lactation of Gansu Alpine Fine-wool Sheep and the law of weight growth of suckling lambs [J]. *Acta Ecologiae Animalis Domastici*, 2018, 39(7): 20-24.
- [16] 耿亚楠, 翁玉楠, 罗 军, 等. 西农萨能奶山羊泌乳期产奶量、乳成分及血液生理生化指标变化规律研究[J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52(1): 28-41.
- GENG Y N, WONG Y N, LUO J, *et al.* Study on milk yield, milk components and blood physiological and biochemical indicators of Xinong Sanang milk goat during lactation[J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2021, 52(1): 28-41.
- [17] NRC. Nutrient Requirements of Sheep[S]. Washington D C: National Academy Press, 2007.
- [18] DANSO A S. Nutrient utilisation, growth and chemical body composition of pre-weaned lambs reared artificially [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2016.
- [19] WOOD P D P. Algebraic model of the lactation curve in cattle[J]. *Nature*, 1967, 216(10): 164-165.
- [20] 周 潇, 陈兴月, 刘 敏, 等. 美姑山羊产后 30 d 内乳成分变化分析[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2019, 33(2): 12-16.
- ZHOU X, CHEN X Y, LIU M, *et al.* Analysis of milk composition changes in Meigu goat within 30 days after delivery[J]. *Journal of Xichang University (Natural Science Edition)*, 2019, 33(2): 12-16.
- [21] 张 磊, 白前前, 宋宇轩, 等. 湖羊胎产羔数对泌乳量和奶品品质的影响[C]//第十六届(2019)中国羊业发展大会暨庆阳农耕文化节论文集. 甘肃庆阳, 2019: 115-118.
- ZHANG L, BAI Q Q, SONG Y X, *et al.* The effect of the number of lambs born in Hu hybrid on lactation and milk quality[C]//Collection of Papers at the 16th(2019) China Sheep Industry Development Conference and Qingyang Agricultural Culture Festival. Qingyang Gansu, 2019: 115-118.
- [22] 黄 磊, 徐刚毅, 韦宏伟, 等. 天府肉羊哺乳期产奶量及乳中营养成分变化[J]. 中国草食动物, 2010, 30(1): 15-18.

- HUANG L, XU G Y, WEI H W, *et al.* Changes of milk yield and nutritional components in milk of Tianfu mutton sheep during lactation[J]. *China Herbivores*, 2010, 30(1): 15-18.
- [23] 彭 婕, 魏占虎, 李 冲, 等. 舍饲绵羊产后 0~8 周乳成分变化规律研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(3): 1-7. PENG J, WEI ZH H, LI CH, *et al.* Study on the change rule of milk composition of sheep fed in house from 0 to 8 weeks after delivery[J]. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2011, 46(3): 1-7.
- [24] 照日格图. 新生羔羊高效人工初乳的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2002. ZHAORIGETU. Study on efficient artificial colostrum of newborn lambs [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2002.
- [25] 李晓林, 牛志刚, 李烈刚, 等. 湖羊泌乳性能的初步测定与分析[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 249-252. LI X L, NIU ZH G, LI L G, *et al.* Preliminary determination and analysis of the lactation performance of Hu hybrid [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(9): 249-252.
- [26] 马友记, 董琪利. 舍饲绵羊产后 56 d 内乳成分变化规律研究[J]. 畜牧兽医杂志, 2013, 32(6): 19-22, 5. MA Y J, DONG Q L. Study on the changes of milk composition in shed-raised sheep 56 days postpartum[J]. *Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2013, 32(6): 19-22, 5.

## Changes of Milk Yield and Milk Composition of Dorper and Hu Hybrid F<sub>1</sub> Eweat 0—9 Weeks Postpartum

LI Zhenzhen<sup>1</sup>, ZHANG Changji<sup>1</sup>, LIU Qinghua<sup>2</sup> and JIANG Zhijia<sup>2</sup>

(1. Faculty of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070 China; 2. Faculty of Animal Science and Technology, Henan University Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, China)

**Abstract** The change law of milk yield and milk composition of the first generation ewe of Dorper and Hu hybrid ewe (here in after referred to as Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe) was studied in this paper to provide a reference for scientific feeding of Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe. Twelve Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe with similar weight of (56.25 ± 3.38) kg, age, parity, consistent body condition and healthy body were randomly selected as experimental sheep. Six ewes were tested for milk yield and six for milk composition, and its change rule was analyzed. After 9 weeks of experiment, the results showed that: Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe had a high lactation performance, with a total lactation of (75.98 ± 10.15) kg at 9 weeks and an average weekly lactation of (8.44 ± 1.63) kg. The lactation rule equation of Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe at 0—9 weeks was  $Y = 7.98t^{0.0387}e^{-0.0013t}$ ,  $R^2 = 0.978$ ; the contents of solids, protein, fat, lactose and ash in the milk of Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe were the highest at 0 week after parturition. The above results can provide basic data for early weaning strategy formulation and feeding management of Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe.

**Key words** Dorper and Hu hybrid F<sub>1</sub> ewe; milk yield; milk composition; lactation rules

**Received** 2022-03-30

**Returned** 2022-07-12

**Foundation item** Special Project of Key Science and Technology of Henan Province (No. 161100510200).

**First author** LI Zhenzhen, female, master student. Research area: animal nutrition and feed. E-mail: 1845996492@qq.com

**Corresponding author** ZHANG Changji, male, associate professor, master supervisor. Research area: nutrition and feeding of herbivorous livestock, development and utilization of feed resources. E-mail: zhangcj@gsau.edu.cn

LIU Qinghua, male, professor, master supervisor. Research area: animal nutrition and feed. E-mail: 2372157068@qq.com

(责任编辑: 顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)