

短光照对绒山羊绒毛生长相关激素的影响

勿都巴拉^{1,2} 乌亚罕³ 李玉荣²
高娃² 马跃军² 刘 斌² 李金泉¹

1. 内蒙古农业大学动物科学学院, 呼和浩特 010018;
2. 内蒙古自治区农牧业科学院畜牧研究所, 呼和浩特 010031;
3. 鄂托克前旗北极神绒畜牧业研究所, 鄂尔多斯 016200

摘要 为研究控制光周期对绒山羊绒毛生长相关激素的影响, 从短光照试验和对照组绒山羊中选择 2 周岁 6 对双胞胎绒山羊母羊, 采集血液样品利用酶联免疫法进行激素含量测定, 利用 SAS9.0 软件进行显著性检验和相关性分析。结果发现: 一天 24 h 当中, 绒山羊进入棚圈后褪黑激素 MLT(melatonin, mL) 和 IGF-1 含量显著增加, PRL 含量显著减少, EGF 和 GH 含量在 2 组中差异不显著; 一年当中, 进入光控棚圈后 6 月份绒山羊血液中的 MLT($P < 0.05$)、IGF-1 和 EGF($P > 0.05$) 含量均增加, PRL 含量显著降低; 9 月份试验组绒山羊 MLT、IGF-1 和 GH 含量高于对照组($P < 0.05$), PRL 含量依然低于对照组($P > 0.05$)。在相关性分析中, 试验组和对照组 PRL 与其他激素之间的相关系数为负数; 与对照组相比短光照明显增加了 MLT 与 PRL、EGF, PRL 与 IGF-1、EGF、GH, IGF-1 与 EGF、GH, EGF 与 GH 之间的相互作用($P > 0.05$), 减弱了 MLT 与 IGF-1、GH 之间的相互作用。结果表明, 短光照通过增强各激素间的协同或拮抗作用而提前诱发绒毛生长。

关键词 绒山羊; 短光照; 绒毛生长相关激素

中图分类号 S 827.9⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)01-0075-07

绒山羊是内蒙古重要的绒用经济动物, 羊绒的产量主要依赖于羊绒纤维的密度和长度, 羊绒的生长发育受到遗传因素、营养和环境的影响外, 季节性光周期也会影响羊绒的生长周期^[1]。短日照使绒山羊神经系统受到刺激而释放一系列绒毛生长相关激素, 作用于皮肤毛囊而调控了羊绒的生长。褪黑激素(melatonin, MLT)分泌主要受光周期影响, 光信号作用于神经系统, 经神经调节传至松果体, 使松果体分泌褪黑激素而启动绒山羊绒毛的生长^[2]。研究发现, 除松果体外, 皮肤组织是 MLT 合成与代谢的又一重要场所, 在毛囊的生长发育过程中发挥重要作用^[3-4]。前人^[5-8] 研究结果表明短光照促进 MLT 并抑制催乳素(prolactin, PRL)的分泌, PRL 是脑垂体前叶分泌的多肽氨基酸激素, 单链 β -链多肽激素催乳素不仅对个体的生长和哺乳有作用, 而且还对

毛囊周期起重要作用; PRL 浓度与绒毛性状有关联。胰岛素样生长因子(insulin-like growth factor, IGF)由间质细胞通过自分泌和旁分泌两种方式产生, IGF-1 在皮肤毛囊的发育和绒毛的生长中扮演重要角色, 乳头细胞分泌的 IGF-1 上调角质形成细胞的增殖分化过程, 从而促进毛囊生长, 延长毛囊生长期; IGF-1 的分泌受短光照和埋置褪黑素的影响, 体内的 IGF-1 主要是肝脏在生长激素的作用下产生的^[9-10]。表皮生长因子(epidermal growth factor, EGF)由 53 个氨基酸组成, 是体内固有的一种活性物质。皮肤中的 EGF 受体信号通路在毛囊形态发生中发挥重要作用, 参与细胞的增殖、形状和活力变化, 促进毛囊间成纤维细胞与上皮细胞的增殖, 另外, 还能提高皮肤免疫防御功能^[11]。孙福亮^[12] 的研究结果显示, 新吉细毛羊和小尾寒羊的血清中

收稿日期: 2017-06-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260545, 31402052); 国家公益性行业(农业)科研专项(201303059); 内蒙古自治区创新基金项目(2017CXJJM03-1, 2017CXJJM03-3); 内蒙古自治区科技创新引导项目

勿都巴拉, 博士研究生。研究方向: 绒山羊遗传育种与繁殖。E-mail: yinghua19870901@163.com

通信作者: 刘 斌, 博士, 副研究员。研究方向: 绒山羊遗传育种。E-mail: liubin0613@126.com

李金泉, 博士, 教授。研究方向: 绒山羊育种原理与方法。E-mail: lijinquan_nd@126.com

EGF 和 IGF-1 含量较高,生长激素(growth hormone,GH)含量较低;GH 参与角化细胞的修复,显著增加角化细胞数目^[13];因此,在毛囊的形成和绒毛生长过程中激素起到重要作用。

本文通过酶联免疫方法测定短光照增绒及自然放牧绒山羊血液中的绒毛生长相关激素含量并利用 SAS 软件 *t* 检验及 CORR 方法分析激素含量变化规律,以期从激素水平上探讨人工短光照增绒机制。

1 材料与方法

1.1 试验动物、样品的采集与保存

选择 62 只 2 周岁内蒙古阿尔巴斯型绒山羊母羊(含有 6 对双胞胎母羊)为试验对象,分为试验组 32 只,对照组 30 只,试验组绒山羊采用增绒饲养管理,对照组羊采用常规放牧饲养管理。其中 6 对双胞胎羊为采集血液检测激素试验羊,每对双胞胎分别进入试验组和对照组。编号分别为 T1~6 和 C1~6。

采样时间为 4 月、6 月、9 月和次年 1 月等绒毛生长关键时期,每个时期 1 d,取 4 个时间点。在羊颈静脉处采血,早上入棚前半小时、入棚后 4 h、下午出棚后 1 h、夜里 00:00—02:00 之间时采集,1 d 共采集 4 次,血样室温静置 30 min 后 3 000 r/min 离心 10 min,抽取上层血清,-20 °C 避光保存备用。

1.2 短光照增绒处理

试验组羊从 5 月 1 日至 10 月 15 日限制光照,每日 09:30—16:30 将绒山羊圈入专用增绒棚圈内进行非产绒季节增绒,此为限制日照时间,16:30 至次日 09:30 为绒山羊自由放牧、饲喂、饮水时间;在

实施非产绒季节绒山羊增绒技术时棚圈内暗度要控制在 0.1 lx 左右,排气孔通风要好,棚内温度低于或等于外界温度 1 °C 左右。对照组羊 09:30—16:30 自由采食、饮水,采用自由放牧饲养管理。

1.3 激素及细胞因子含量测定

利用褪黑激素酶联免疫试剂盒(HY-D0042)、催乳素酶联免疫试剂盒(HY-C0004)、胰岛素样生长因子-1 酶联免疫试剂盒(HY-H0024)、表皮生长因子酶联免疫试剂盒(HY-H0028)和生长激素酶联免疫试剂盒(HY-C0018)测定血清中的各激素浓度。

1.4 统计分析

利用 SAS 9.0 软件 *t* 检验分别对各个激素试验组与对照组不同时间段和不同月份的激素含量进行显著性检验,各组内激素含量相关性分析采用 CORR 方法。

2 结果与分析

2.1 短光照后绒毛生长变化

短光照增绒试验开始之前,试验组和对照组绒细度、绒伸直长度和产绒量无显著差异($P > 0.05$);试验持续 1 a 后 2 组绒山羊绒细度和抓绒后体质量差异不显著($P > 0.05$),但绒伸直长度和产绒量差异显著($P < 0.05$),见表 1。

2.2 绒毛生长相关激素在绒山羊血液中的含量

1) 一天中的激素含量变化。于 09:00、12:00、17:00 和 00:00 采集绒山羊血液,进行 MLT、PRL、IGF-1、EGF 和 GH 等 5 种绒毛生长相关激素含量测定,4 个时间点的激素含量见表 2。

表 1 试验组和对照组绒山羊绒细度、绒伸直长度、产绒量和体质量对比结果

Table 1 Compared results of cashmere fineness, cashmere straighted length, cashmere yield, weight in experimental and control group cashmere goat

组别 Group	绒细度/ μm Cashmere fineness		绒伸直长度/cm Cashmere straighted length		产绒量/g Cashmere yield		抓绒后体质量/kg Weight after fleece	
	2015 年 4 月 April 2015	2016 年 4 月 April 2016	2015 年 4 月 April 2015	2016 年 4 月 April 2016	2015 年 4 月 April 2015	2016 年 4 月 April 2016	2015 年 4 月 April 2015	2016 年 4 月 April 2016
试验组(32 只) Experimental group	14.47 \pm 0.90	14.53 \pm 0.77	6.79 \pm 2.08	7.54 \pm 1.17*	531.62 \pm 119.52	613.66 \pm 125.41*	23.92 \pm 2.81	23.35 \pm 5.90
对照组(30 只) Control group	14.87 \pm 0.63	14.96 \pm 0.69	6.62 \pm 0.76	6.92 \pm 0.74	534.46 \pm 121.83	544.32 \pm 108.65	24.08 \pm 3.57	23.93 \pm 1.71

注: * 示差异显著($P < 0.05$)。Note: * indicates significant difference($P < 0.05$).

表 2 试验组和对照组绒山羊血液中激素含量的日变化

Table 2 The content of experimental and control group cashmere goat blood hormones of in the day

激素名称 Hormones	组别 Group	09:00	12:00	17:00	00:00
MLT/(pg/mL)	试验组 Experimental group	109.14±27.79	122.09±37.55*	132.13±47.66	126.50±40.92
	对照组 Control group	113.88±34.19	108.84±31.50	129.92±36.48	120.36±41.59
PRL/(μIU/mL)	试验组 Experimental group	18.82±10.26	17.28±13.75	16.56±14.45△	17.53±13.87△
	对照组 Control group	20.32±13.75	17.77±13.82	19.28±15.66	20.03±13.87
IGF-1/(ng/mL)	试验组 Experimental group	202.74±30.25*	198.48±34.66	202.52±34.12*	197.78±39.78
	对照组 Control group	189.74±26.29	182.71±35.33	192.21±33.33	200.23±27.13
EGF/(ng/mL)	试验组 Experimental group	0.78±0.19	0.93±0.25	0.89±0.18	0.87±0.18
	对照组 Control group	0.79±0.23	0.84±0.30	0.90±0.27	0.87±0.19
GH/(ng/mL)	试验组 Experimental group	4.98±0.85	5.37±1.17	5.01±1.11	5.08±1.07
	对照组 Control group	5.16±0.95	5.23±0.96	5.23±1.17	4.97±0.93

注: * 表示试验组激素含量显著上调($P < 0.05$), △表示试验组激素含量显著下调($P < 0.05$), ** 表示试验组激素含量极显著上调($P < 0.01$), △△表示试验组激素含量极显著下调($P < 0.01$)。下同。Note: * indicates the significant up-regulating of experimental group hormone levels; △ indicates the significant down-regulating of experimental group hormone levels; ** indicates the extremely significant up-regulating of experimental group hormone levels($P < 0.01$); △△ indicates the extremely significant down-regulating of experimental group hormone levels($P < 0.01$). The same as below.

试验组 09:00 时的 IGF-1、12:00 时的 MLT 和 17:00 时的 IGF-1 含量比对照组显著增加, 17:00 时的 PRL 和 00:00 时的 PRL 含量显著小于对照组 ($P < 0.05$); 短光照绒山羊 17:00 时 MLT 含量比对照组高, 但差异不显著; 其他时间点各激素含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

2) 一年中的激素含量变化。4 月、6 月、9 月和次年 1 月采集绒山羊血液, 进行 MLT、PRL、IGF-1、EGF 和 GH 等 5 种绒毛生长相关激素含量测定, 4 个月的激素含量见表 3。

4 月份未进行短光照试验之前, 试验组 MLT 和 GH 含量显著低于对照组 ($P < 0.05$), 其他激素含量差异不显著 ($P > 0.05$); 短光照试验进行 1 个月试验组绒山羊血液中: MLT 含量显著高于对照组, PRL 和 GH 含量明显减少 ($P < 0.05$), IGF-1 和 EGF 含量相对于对照组绒山羊增加, 但差异不显著 ($P > 0.05$); 到 9 月份, 短光照绒山羊中: MLT、

IGF-1、GH 含量显著高于对照组绒山羊 ($P < 0.05$), PRL 含量依然低于对照组 ($P > 0.05$); 到毛囊退行期 1 月份, 除了试验组绒山羊 EGF 含量比对照组绒山羊显著高 ($P < 0.05$) 以外其他激素含量差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.3 短光照试验组和对照组内激素相关性变化

利用 SAS 分析 2 组各激素间的相关系数, 结果见表 4。从表 4 可以看出, 2 组 PRL 与其他激素之间的相关系数为负数, 表明 PRL 含量与其他激素含量呈拮抗关系。对照组各激素之间的相互作用较小, 与对照组相比短光照明显增加了 MLT 与 PRL、EGF, PRL 与 IGF-1、EGF、GH, IGF-1 与 EGF、GH, EGF 与 GH 之间的相互作用 ($P > 0.05$), 减弱了 MLT 与 IGF-1、GH 之间的相互作用。这提示短光照可能是通过加强绒毛生长相关激素之间促进和拮抗作用而使毛囊提前进入兴盛期并长绒。短光照前后各激素相关性网络变化见图 1。

表 3 试验组和对照组绒山羊血液中各激素含量年变化

Table 3 The content of experimental and control group cashmere goat blood hormones of in a year

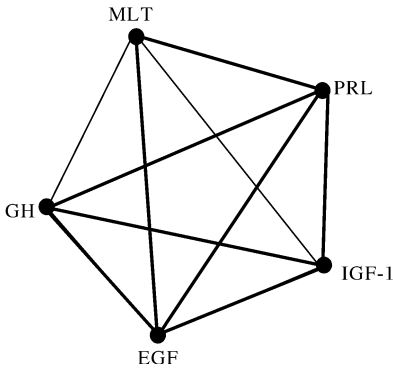
激素名称 Hormones	组别 Group	4 月 April	6 月 June	9 月 September	次年 1 月 Jan. of next year
MLT/(pg/mL)	试验组 Experimental group	114.39±37.59 ^{△△}	145.06±46.91 ^{**}	100.11±40.05 ^{**}	139.27±21.93
	对照组 Control group	128.13±38.08	130.98±30.68	85.48±19.77	134.69±36.57
PRL/(μ IU/mL)	试验组 Experimental group	22.34±18.31	14.16±15.71 [△]	16.07±2.10	17.59±7.24
	对照组 Control group	20.16±14.05	21.34±23.48	17.80±2.59	17.85±5.06
IGF-1/(ng/mL)	试验组 Experimental group	201.67±23.14	203.36±27.44	201.48±50.62 ^{**}	193.95±30.59
	对照组 Control group	202.52±14.48	201.48±20.53	167.69±41.25	193.59±27.40
EGF/(ng/mL)	试验组 Experimental group	0.89±0.29	0.85±0.14	0.89±0.20	0.83±0.17 [*]
	对照组 Control group	0.99±0.31	0.77±0.19	0.96±0.15	0.67±0.18
GH/(ng/mL)	试验组 Experimental group	5.07±1.03 [△]	4.64±1.09 [△]	5.92±0.98 [*]	4.75±0.37
	对照组 Control group	5.47±0.64	5.29±1.15	4.99±1.34	4.78±0.39

表 4 试验组和对照组各激素间相关系数

Table 4 The correlation coefficient between hormones in experimental and control group

	MLT	PRL	IGF-1	EGF	GH
MLT		-0.053 38	0.490 82	0.161 94	0.161 08
		0.613 3	<0.00 01	0.123 0	0.125 0
PRL	<u>-0.201 44</u>		-0.013 07	-0.056 58	-0.097 25
	0.054 2		0.960 16	0.592 1	0.356 4
IGF-1	0.385 17	<u>-0.185 27</u>		0.184 07	0.098 70
	0.000 1	0.077 0		0.079 0	0.349 3
EGF	<u>0.391 65</u>	<u>-0.257 87</u>	<u>0.454 57</u>		0.185 43
	0.000 1	0.013 1	<0.000 1		0.076 8
GH	0.075 80	-0.145 48	<u>0.281 35</u>	<u>0.289 74</u>	
	0.472 7	0.166 4	0.006 6	0.005 1	

注: 对角线上方为对照组, 下方为试验组。两行数字中的第 1 行为相关系数, 第 2 行为显著概率值; 下划线表示短光照前后明显发生改变的激素相关系数。Note: Above the diagonal is correlation coefficient of control group, and below is correlation coefficient of experimental group. The first row in the two lines is the correlation coefficient, and the second row is a significant probability value. The underlined indicates the hormones correlation coefficient that obviously changed before and under short photoperiod.



注:黑点表示激素,黑粗线表示短光照后增加的激素相互关系,黑细线表示短光照后减少的激素相互关系。Note:Black dot indicates the hormones; black thick lines indicates the increased hormonal interrelationship under short photoperiod; black lines indicates the decreased hormonal interrelationship under short photoperiod.

图 1 短光照前后相关性网络变化图

Fig.1 Relevant network changes of before and under short photoperiod

3 讨论

内蒙古绒山羊毛与绒的生长周期具有典型的季节性生长特点,虽然营养条件、外界温度等因素通过对绒山羊自身的应激反应,确实对羊绒生长具有一定的影响。然而,以往的研究指出光周期的调控是影响羊绒生长的主要因素^[14]。基于光周期对于毛囊生长以及毛囊周期性节律的重要影响,近几十年来多种人工改变光周期或直接调节相关激素水平的增绒技术陆续产生,人为短光照技术能够促进绒山羊 6 月份开始长绒,提高产绒量,然而绒毛生长相关激素在皮肤毛囊周期发育和绒毛生长过程中发挥重要的作用。本研究通过短光照增绒后检测绒山羊血液中的激素含量,改变了 6 月和 9 月绒山羊血液中的激素含量,这说明短光照可以通过激素调控皮肤毛囊发育及绒毛生长周期。

绒山羊的绒毛生长周期为 1 a,由次级毛囊周期性变化引起,历经生长、退行和休止等阶段。褪黑激素(MLT)是光周期影响动物体内节律重要的激素,属于吲哚类激素,作为一种神经内分泌激素,在视交叉上核和外围组织的协同下由松果体分泌^[15]。其分泌主要受光照影响,表现出明显的“昼低夜高”节律变化^[16]。光照刺激抑制松果体活动,反之黑暗刺激起促进作用,随昼夜交替、长日照和短日照交替,血液中 MLT 含量呈现周期性变化。MLT 可以调

节细胞内的过程(G 蛋白)和第二信使的活动(例如, cAMP、IP₃、Ca²⁺)。MLT 对哺乳动物的生理节律尤其是对繁殖往往具有至关重要的影响^[17]。目前的研究一般认为 MLT 调控毛皮动物的毛发生长发育,绒山羊毛被生长的周期性受光周期制约,长光照抑制 MLT 合成,而光照长度缩短时就会减轻其抑制,MLT 水平上升, PRL 含量急剧下降,诱发绒山羊绒毛开始生长^[18]。本研究结果证实了这一报道,短光照试验开始后绒山羊血液中 MLT 含量开始上升, PRL 含量逐步下降,到次年 1 月后 2 种激素在 2 组绒山羊血液含量不显著。IGF-1 与皮肤的多种生理和病理活动有关, IGF-1 和一些高吸附力的 IGF 结合蛋白(IGFBP)在皮肤毛囊中表达, IGF-1 受体(IGF1R)纯合子缺失的小鼠出生后就死亡,而且毛囊较少, IGF1R 的转录水平在毛囊的生长期比较高,休止期表达量低,表明 IGF 信号通路调控毛囊的周期^[19]。由于试验组绒山羊皮肤毛囊提前进入生长期,在本试验中短光照组绒山羊血液 6 月、9 月和中午 12:00、下午 17:00 的 IGF-1 含量高于自由放牧组。说明随着皮肤中的 IGF-1 基因的表达血液中的 IGF-1 蛋白含量也增加。在体外, 2~20 ng/mL 的表皮生长因子(EGF)促进毛囊外根鞘细胞的增殖和迁移, EGF 刺激诱导 β -catenin 核转位,上调 Wnt10b、 β -catenin、EGF 受体(EGFR)和 SOX9 的表达^[20]。EGF 受体(EGFR)调控角质细胞的增殖和分化, EGFR 信号在维持上皮和毛囊的动态平衡中是必需的,它具有增强皮肤的免疫防御并抑制角质形成细胞促炎症功能^[21]。GH 参与角化细胞的修复,显著增加角化细胞数目。本研究中试验组 6 月的 EGF、9 月的 GH、中午 12:00 的 EGF 和 GH 含量稍高于对照组。因此,试验组绒山羊血液中的绒毛生长相关 MLT、IGF-1、EGF 和 GH 含量的升高和 PRL 含量的下降对绒山羊皮肤毛囊的提前发育有一定的促进作用。另外,在相关性分析中, PRL 与其他激素之间都呈负相关,尤其试验组 MLT 与 PRL 含量的负相关系数比对照组高 4 倍(对照组 -0.05, 试验组 -0.20),与对照组相比短光照明显增加了 MLT 与 PRL、EGF, PRL 与 IGF-1、EGF、GH, IGF-1 与 EGF、GH, EGF 与 GH 之间的相互作用,减弱了 MLT 与 IGF-1、GH 之间的相互作用。王昊^[22]的研究指出,绒毛生长期(8 月~次年 1 月)绒毛生长与血浆中 MLT 的浓度之间呈正相关($r=0.72, P=0.0018$),绒山羊全年绒毛生长速度

与血浆中 PRL 浓度之间呈负相关,表明绒山羊绒毛生长期 MLT 含量升高,PRL 含量降低,增强了 2 种激素的拮抗作用。Zhang 等^[23]用适量的 EGF 处理加速真皮乳头(dermal papilla,DP)细胞增殖并诱导 G1/S 转换,结果显示 EGF 上调了 DP 充质基因的表达,如碱性磷酸酶(ALP)和胰岛素样生长因子(IGF-1)以及 Notch 途径分子,包括 Notch1、Jagged1、Hes1 和 Hes5;并且 EGF 通过 Notch 信号通路促进 DP 细胞增殖。在本研究中人工短光照后 EGF 含量的增加促进了 IGF-1 含量的上调,增强了 2 种激素的协同作用。

综上所述,自然放牧条件下阿尔巴斯绒山羊 6 月处于绒毛生长的前期,次级毛囊黑色细胞团减少,细胞向外扩散成刷状,次级毛囊活性刚启动,绒毛没有长出体表。然而短光照改变了这种模式,使绒山羊血液中的 MLT、IGF-1 和 EGF 含量显著增加,PRL 分泌显著减少,进一步通过各激素间的协同和拮抗作用而提前诱发绒毛生长。

参 考 文 献

- [1] MCGREGOR B A. Nutrition, management and other environmental influences on the quality and production of mohair and cashmere: a review with particular reference to mediterranean and annual temperate climatic zones [J]. Small ruminant research, 1998, 28(3): 199-215.
- [2] 贾志海. 不同光周期和褪黑激素对绒山羊生产性能影响[J]. 中国畜牧杂志, 1995, 31(4): 8-10.
- [3] FISCHER T W, SWEATMAN T W, SEMAK I, et al. Constitutive and UV-induced metabolism of melatonin in keratinocytes and cell-free systems[J]. Faseb, 2006, 20(9): 1564-1566.
- [4] SLOMINSKI A, PISARCHIK A, ZBYTEK B, et al. Functional activity of serotonergic and melatonergic systems expressed in the skin[J]. Journal of cellular physiology, 2003, 196(1): 144-153.
- [5] 王林枫, 杨改青, 杨耀胜, 等. 光照和褪黑激素对非生绒期绒山羊激素分泌和绒毛生长的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(12): 29-32.
- [6] ROSE J, KENNEDY M, JOHNSTON B, et al. Serum prolactin and dehydroepiandrosterone concentrations during the summer and winter hair growth cycles of mink (*Mustela vison*) [J]. Comparative biochemistry and physiology, Part A, molecular & integrative physiology, 1998, 121(3): 263-271.
- [7] SANTIAGO-MORENO J, LÓPEZ-SEBASTIÁN A, DEL CAMPO A, et al. Effect of constant-release melatonin implants and prolonged exposure to a long day photoperiod on prolactin secretion and hair growth in mouflon (*Ovis gmelini musimon*) [J]. Domestic animal endocrinology, 2004, 26(4): 303-314.
- [8] SHAMSALDDINI S, MOHAMMADABADI M R, ESMAILIZADEH A K. Polymorphism of the prolactin gene and its effect on fiber traits in goat [J]. Genetika, 2016, 52(4): 405-408.
- [9] HAASE I, EVANS R, POFAHL R, et al. Regulation of keratinocyte shape, migration and wound epithelialization by IGF-1 and EGF-dependent signalling pathways [J]. Journal of cell science, 2003, 116(15): 3227-3238.
- [10] 王林枫, 杨改青, 张世军, 等. 光照和埋植褪黑激素对绒山羊相关激素分泌的影响[J]. 动物生产, 2009, 45(21): 36-40.
- [11] PASTORE S, MASCIA F, MARIANI V, et al. The epidermal growth factor receptor system in skin repair and inflammation [J]. Journal of investigative dermatology, 2008, 128(6): 1365-1374.
- [12] 孙福亮. 新吉细毛羊和小尾寒羊的毛品质性状及皮肤转录组学研究[D]. 吉林: 延边大学, 2016.
- [13] MANOUCHEHR S, LAYA G, MAHSA D. Effect of epidermal growth factor, platelet derived growth factor and growth hormone on cultured rat keratinocytes cells *in vitro* [J]. Pakistan journal of biological sciences, 2014, 17(7): 931-936.
- [14] LIU B, GAO F Q, GUO J, et al. A Microarray-based analysis reveals that a short photoperiod promotes hair growth in the Arbas Cashmere goat [J]. PLoS ONE, 2016, 11(1): e0147124.
- [15] KOBAYASHI H, KROMMINGA A, DUNLOP T W, et al. A role of melatonin in neuroectodermal-mesodermal interactions: the hair follicle synthesizes melatonin and expresses functional melatonin receptors [J]. Faseb journal, 2005, 19(12): 1710-1712.
- [16] MOELLMANN G, LERNER A B, HENDIE J R. The mechanism of frog skin lightening by acetylcholine [J]. General & comparative endocrinology, 1974, 23(1): 45-51.
- [17] BERLINGUER F, LEONI G G, SUCCU S, et al. Exogenous melatonin positively influences follicular dynamics, oocyte developmental competence and blastocyst output in a goat model [J]. Journal of pineal research, 2009, 46(4): 383-391.
- [18] TENORIO F D, SIMÕES M J, TEIXEIRA V W, et al. Effects of melatonin and prolactin in reproduction: review of literature [J]. Revista da associacao medica brasileira, 2015, 61(3): 269-274.
- [19] CASTELA M, LINAY F, ROY E, et al. IGF1R signaling acts on the anagen to catagen transition in the hair cycle [J]. Experimental dermatology, 2017, 17, doi: 10.1111/exd.13287.
- [20] ZHANG H, NAN W, WANG S, et al. Epidermal growth factor promotes proliferation and migration of follicular outer root sheath cells via Wnt/ β -catenin signaling [J]. Cellular physiology and biochemistry, 2016, 39(1): 360-370.
- [21] PASTORE S, MASCIA F, MARIANI V, et al. The epidermal growth factor receptor system in skin repair and inflammation [J]. Journal of investigative dermatology, 2008, 128(6): 1365-1374.
- [22] 王昊. 辽宁绒山羊绒毛生长、血液中相关激素变化及皮肤中基

因的表达分析[D].沈阳:沈阳农业大学,2016.

promotes proliferation of dermal papilla cells via Notch signaling pathway[J].*Biochimie*, 2016,127:10-18.

[23] ZHANG H,NAN W,WANG S,et al.Epidermal growth factor

Effect of short photoperiod on hair growth related hormones in cashmere goat

Wudubala^{1,2} Wuyahan³ LI Yurong² Gaowa²

MA Yuejun² LIU Bin² LI Jinquan¹

1.College of Animal Science,Inner Mongolia Agricultural University,Hohhot 010018,China;

2.Animal Husbandry Institute,Inner Mongolia Academy of Agriculture & Animal

Husbandry Sciences,Hohhot 010031,China;

3.Etuokeqianqi Arctic God Research Institute of Cashmere and Livestock,ErDOS 016200,China

Abstract To investigate the effect of short photoperiod on hormones that related to hair growth in Inner Mongolia (Arbas type) Cashmere goat, six pairs of 2-year-old twins ewes were selected from the short photoperiod and control group. The blood samples were collected and content of hormones were determined by enzyme-linked immunoassay. SAS9.0 software was adopted to conduct significant test and correlation analysis. The results showed that the content of MLT and IGF-1 was significantly increased, the content of PRL was significantly decreased, and the content of EGF and GH was not significant different between the two groups under short photoperiod in a day. In a year, the content of MLT ($P < 0.05$), IGF-1 and EGF ($P > 0.05$) was increased, and the content of PRL ($P < 0.05$) was significantly decreased under short photoperiod in June. The content of MLT, IGF-1 and GH was significantly higher ($P < 0.05$), and the content of PRL was lower in the experimental group than in the control group, in September. The correlation between PRL and other hormones in both groups was negative. Compared with the control group, interactions between MLT and PRL/EGF, between PRL and IGF-1/EGF/GH, between IGF-1 and EGF/GH, between EGF and GH ($P > 0.05$) were increased, and interactions between MLT and IGF-1/GH were decreased under short photoperiod. In conclusion, the short photoperiod might enhance hair growth by synergistic and antagonistic effect of hormones that related to hair growth.

Keywords cashmere goat; short photoperiod; hormones that related hair growth

(责任编辑:边书京)