DOI:10.13300/j.cnki.cn42-1648/s.2026.09.024

根霉菌发酵产物在不同季节对犬剃毛后毛发再生速度的影响

黄雪纯
温州科技职业学院动物科学学院,浙江温州 325006

摘要 ［目的］探究犬腹部剃毛后主毛再生的速度,以及以根霉菌发酵产物为主要成分的营养补充剂是否能促进冬、夏两季剃毛后的毛发再生。［方法］试验纳入15只2～8岁未绝育的健康犬,其中母犬10只,公犬5只。试验根据季节及日粮是否添加根霉菌发酵产物营养剂分为3组:冬季对照组(WC组)饲喂商品粮;夏季试验组(SE组)和冬季试验组(WE组)饲喂添加营养剂的商品粮。将犬全腹剃毛,测量剃毛后4周的毛发再生长长度,并拍照记录毛发覆盖情况,比较各组间的毛发生长差异。［结果］3组的腹部主毛再生速度与时间均呈线性相关,SE组生长系数高于WE组和WC组,分别为0.377 1、0.333 5和0.285 7。在剃毛后第3周和第4周,SE组的再生毛发长度显著高于WC组($P<0.05$)。4周观察期中,WE组的毛发生长覆盖率眼观最高。［结论］根霉菌发酵产物可加快犬剃毛后毛发的再生速度,能改善犬毛发生长迟缓的问题,且在夏季促进毛发再生的效果更显著。

关键词 犬;毛发再生速度;根霉菌发酵产物;营养补充剂;毛发生长迟缓;季节影响

Effects of *Rhizopus* fermented product on the regrowth rate of hair in clipped dogs across seasons

Huang Xuechun
College of Animal Science, Wenzhou Vocational College of Science and Technology, Zhejiang Province, Wenzhou 325006, China

Abstract [Objectives]The regrowth rate of primary hair on the clipped abdomen of dogs and whether a nutritional supplement primarily composed of *Rhizopus* fermented product accelerates the regrowth of post-clipping hair during winter and summer were studied.[Methods]15 intact healthy dogs aged 2-8 years including 10 females and 5 males were divided into 3 groups including winter control group (WC group) fed with commercial diet after clipping, summer experimental group (SE group) and winter experimental group (WE group) fed with commercial diet supplemented with a *Rhizopus* fermented product after clipping. The entire abdomen of the dogs was clipped. The regrowth lengths of hair were measured weekly for 4 weeks after clipping, and photographs were taken to record the coverage of hair. The differences in hair growth among the groups were compared.[Results]The regrowth of hair was linearly correlated with time in 3 groups. The growth coefficient in SE group was higher than that in WC group and WE group, which were 0.377 1, 0.333 5 and 0.285 7 respectively. The length of the regrown hair in SE group in the 3rd and 4th week after clipping was significantly

收稿日期:2026-02-27
作者简介:黄雪纯,女,1995年生,硕士,讲师。

higher than that in WC group ($P<0.05$). The coverage degree of hair regrowth during the four-week observation period in WE group was highest.[Conclusions]It is indicated that *Rhizopus* fermented product can accelerate the hair regrowth speed in dogs after clipping and improve the delayed growth of hair, with a more significant effect on promoting the regrowth of hair in summer.

Keywords canine; hair regrowth rate; *Rhizopus* fermented product; nutritional supplement; hair growth retardation; seasonal influence

腹部手术常涉及大范围剃毛，而动物在剃毛备皮后可能出现毛囊停滞，致使毛发再生延迟[1-2]。大面积毛发再生迟缓不仅影响犬表皮的保护、美观功能，还会导致低温环境下腹部保温效果下降，引起继发性疾病和饲主焦虑。犬的毛囊周期性经历生长、退化和休止3个阶段：在生长期，毛囊生成毛干，经历短暂的退化期后进入休止期，毛囊保持静止，随后再进入新一轮的毛发新生，该过程受到包含褪黑素在内的多种内源性和外源性因素影响[3-4]。此外，毛发的生长与脱落呈现季节性变化：在夏季和冬季，生长期的毛囊占比更高，可以观察到最明显的毛发生长变化[5]。

Diaz 等[6]的研究结果显示，局部应用褪黑素对剃毛后的毛发再生并无明显帮助。相比之下，一些真菌发酵产物则被发现具有营养毛发的功能，例如根霉菌发酵产物中富含不饱和脂肪酸、氨基酸及酚类物质，具有滋养毛发、促进毛发健康的潜在功效，但目前尚缺乏相关研究。

基于此，本研究于夏、冬两季，使用以根霉菌发酵产物为主要成分的营养剂饲喂全腹剃毛犬，并测量其腹部主毛的生长速率，旨在探究该皮肤营养补充剂对犬全腹剃毛后毛发再生的作用，为犬毛发再生迟缓的干预策略提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

好利得 No.3（合台生化股份有限公司，中国台湾），为含有根霉菌发酵产物的宠物营养补充剂。

1.2 实验动物

本研究共纳入 15 只不同品种、体型、年龄的短毛犬作为研究对象，具体信息见表1。其中，包含 10 只混种犬，2 只雪纳瑞犬，2 只贵宾犬，1 只比熊犬；母犬 10 只，公犬 5 只；年龄范围为 2～8 岁（平均 4.9±2.2 岁），初始体重为 4.3～15.5 kg（平均 9.7±3.6 kg），均未绝育。所有实验犬均通过完整的病史评估、皮肤毛发检查、血常规检查及血清生化检查，确保无皮肤疾病或其他全身性疾病。

所有实验犬长期饲养在相同的环境下。试验开始前 6 个月，将实验犬日粮统一更换为同种全价犬粮，并根据个体体重定量饲喂，每天 2 餐。期间每月称量 1 次体重，保证实验犬每月体重浮动不超过 10%。在体重稳定后，维持日粮总量不变。正式试验前，所有犬只再次接受体格检查及血液检查，筛除数据异常动物。试验期间，所有犬均笼养于同一室内环境，环境温度控制在 26～28 ℃，每日早晚各 1 次定时外出牵遛。

表 1 实验犬的品种、性别、年龄及体重

编号	品种	性别	年龄/岁	体重/kg
1	混种犬	母	3	8.4
2	雪纳瑞	母	5	5.6
3	混种犬	母	6	10.7
4	混种犬	公	6	13.6
5	混种犬	母	2	9.5
6	贵宾犬	母	2	4.3
7	混种犬	母	7	8.1
8	混种犬	母	7	8.4
9	比熊犬	公	6	6.8
10	混种犬	母	8	15.5
11	雪纳瑞	公	3	8.4
12	混种犬	母	3	11.3
13	混种犬	公	6	14.2
14	混种犬	公	8	15.3
15	贵宾犬	母	2	5.2

1.3 试验设计

根据时间及日粮组成，将试验分为 3 组，试验对象不变。冬季对照组（WC 组）饲喂未添加营养补充剂的全价犬粮，夏季试验组（SE 组）和冬季试验组（WE 组）饲喂添加有好利得 No.3 的全价犬粮，每日添加剂量为 0.2 g/kg。试验流程如图 1 所示。试验期间，观察并记录实验犬的不良反应，若有犬

只试验部位出现皮肤异常，则将其剔除出试验。

试验开始前，剃除15只犬腹部自肋弓至腹股沟区域的全部被毛。该部位是常见的腹部手术剃毛区域，在不同体型的犬上，这一剃毛区域占体表面积的比例相似。试验观察期为4周，每周拍摄记录实验犬腹部毛发的生长情况，通过肉眼评估毛发生长覆盖率；并于腹中线第2、第3、第4对乳头处，自毛根沿毛干方向分别拔出10根主毛，使用游标卡尺测量主毛长度，记录其平均值（平均值±标准差）。拔毛与长度测量均由同一试验员操作完成。

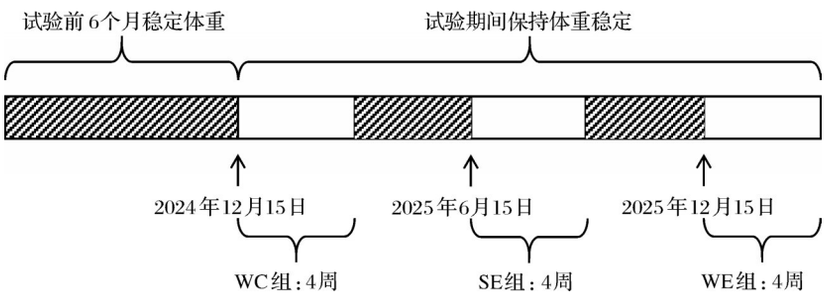


图1　试验流程

1.4　数据分析

使用Graphpad Prism 10进行数据整理、统计分析与图表绘制。所有数据以“平均值±标准误”表示。

1）差异性分析。采用双因素方差分析比较各组不同时间点的毛发长度，$P<0.05$视为具有统计学意义，表示差异显著。

2）拟合曲线绘制。绘制各组主毛平均长度随时间变化的拟合曲线，分析各组毛发随时间的再生长关系。

2　结果与分析

2.1　毛发生长长度对比

试验期间，15只犬均未见明显异常，且维持体重差异不超过10%。4周观察期内，各组实验犬的主毛长度见表2。其中，SE组的主毛平均长度在7、14、21、28 d时均为最长，而WC组的主毛平均长度在各时间点均为最短。在第21天（P=0.045 4）和第28天（P=0.049 7），SE组的再生毛发长度显著长于WC组；其余任一时间点，3组实验犬的毛发长度均无显著差异。

表2　4周观察期内各组的主毛平均长度

时间/d	主毛平均长度/cm		
	WC组	SE组	WE组
7	0.76±0.24	0.79±0.24	0.78±0.12
14	1.04±0.30	1.13±0.26	1.09±0.15
21	1.35±0.30b	1.59±0.22a	1.47±0.18ab
28	1.61±0.35b	1.90±0.30a	1.77±0.27ab

注：同行不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），相同字母或者无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。

2.2　毛发生长长度随时间的线性变化规律

3组的主毛生长长度与时间均呈线性关系，如图2所示。其中，WC组生长系数为0.285 7（拟合曲线为y=0.2857x+0.4753，R^2=0.999 0），SE组为0.377 1（拟合曲线为y=0.3771x+0.4103，R^2=0.994 3），WE组为0.333 5（拟合曲线为y=0.3335x+0.4427，R^2=0.997 0）。结果表明，各组毛发生长速度稳定，SE组犬的毛发生长速率最快，WE组次之，WC组最慢。

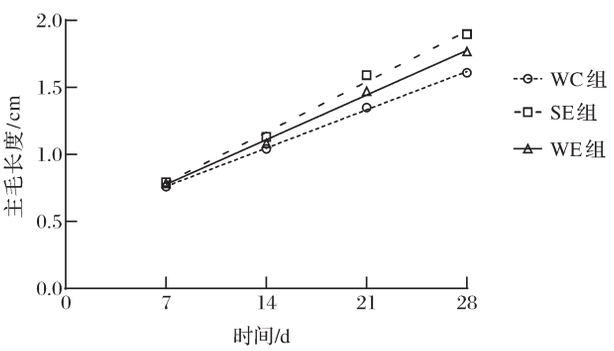


图2　4周观察期内主毛长度随时间的生长曲线

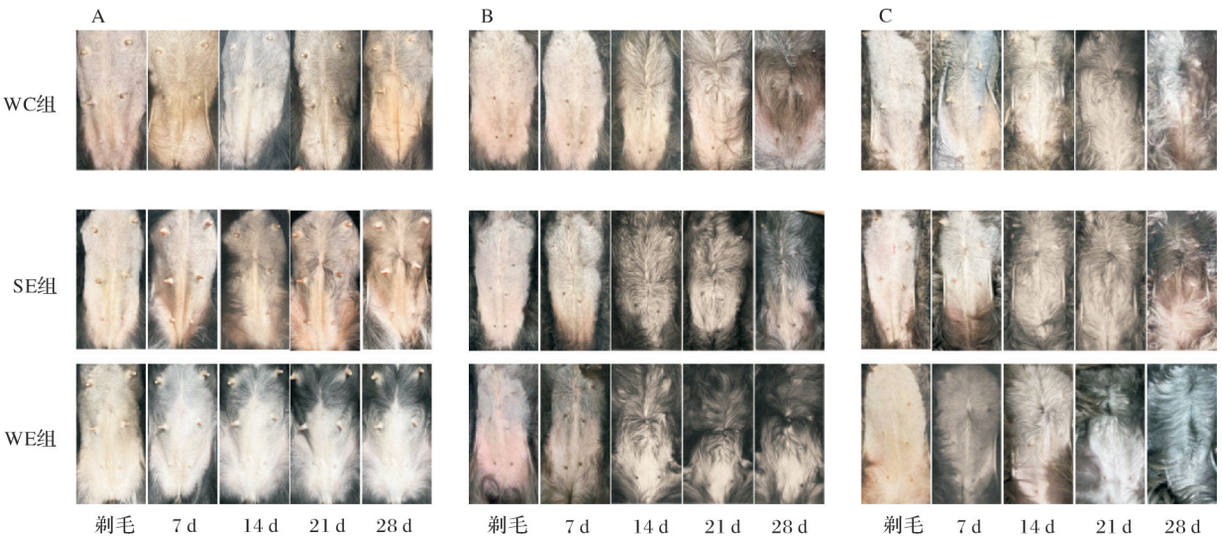
2.3　毛发生长覆盖情况

在4周观察期间，各组动物在剃毛后第2周均可肉眼识别到明显的毛发生长。在任一观察时间点，WE组的毛发生长覆盖率均高于WC组和SE组，SE组则在剃毛后第2周肉眼可见毛发生长覆盖率高于WC组，如图3所示。

3　讨　论

3.1　营养补充剂的主要成分与功能

本试验中营养补充剂的主要成分为根霉菌发酵产物及维生素A、B、D。其中，根霉菌是一种传统



A、B、C为3只实验犬

图3 腹部毛发在各组的生长覆盖情况

上用于酒精生产和大豆食品发酵的真菌，其发酵谷物后能明显提升基质的营养价值。例如，根霉菌在发酵脱脂米糠后，可增加氨基酸、酚类物质的释放，并在降低饱和脂肪酸含量的同时，增加诸如亚油酸等不饱和脂肪酸的含量[7-9]。炎症并发的氧化应激会引发毛囊氧化损伤，干扰毛发生长周期[10]。根霉菌发酵生成的酚类物质具有清除自由基及抗氧化作用，不饱和脂肪酸则兼具抗炎与强化皮肤屏障的功能，加之发酵产物中丰富的氨基酸可为毛发生长提供营养支持，三者协同作用，可能在部分疾病或机械损伤后，减少毛发脱落，并加速毛发新生[11-12]。

此外，多种维生素也被证实参与毛发的生长过程，并可应用于日常保健或皮肤病的辅助治疗[13]。如维生素A可影响毛囊周期，促进毛囊内基质细胞的更新，已有研究证实其在实验小鼠上可增加生长期毛囊的比例；维生素B参与毛发的营养代谢过程，同时具有一定的抗炎作用；维生素D则与毛囊生长期的启动密切相关[14-16]。

3.2 毛发生长影响因素

除疾病和内源性因素外，动物毛发的生长主要受到光照时间和温度的影响。这些外源性因素通过调控褪黑素和催乳素的分泌，进而影响毛囊内毛发的生长周期。日照时间减短，可促使松果体内褪黑素水平升高；而催乳素水平则主要受到温度影响，随着温度的降低而升高，但只有在温差高达8～10 ℃时，才会影响毛发生长[17-18]。高褪黑素水平和低催乳素水平均能促进毛发生长，使其呈现出不受年龄影响的季节性变化[5,19-21]。

有研究报道，犬的毛发在12月及夏初出现生长高峰[22]。为便于数据收集，本研究选择生长期毛囊占比最高的12月中旬和6月中旬开展试验。试验期间，犬舍冬季和夏季均通过空调调整饲养温度，维持在26～28 ℃，并通过统一外出牵遛时间来控制室外自然日照时长，以尽量减少或消除季节性变化对各组毛发生长速率的影响。

3.3 毛发生长规律

本试验中，各组实验犬的主毛再生速率显示，含根霉菌发酵产物的营养补充剂能提高人为剃毛后犬主毛的生长速率，且在第3周起营养剂促进毛发生长的效果开始显著——夏季试验组在剃毛后21 d和28 d时的再生毛发长度显著高于对照组；但从整体来看，该营养剂的效果有限。

4周观察期内，3组实验犬的毛发均随时间呈线性再生长。其中，对照组毛发的每日生长长度为0.285 7 mm，夏季试验组为0.377 1 mm，冬季试验组为0.333 5 mm。从生长曲线上看，犬在剃毛后仍存在4.10～4.75 mm长度的毛发，应与皮肤毛囊深度有关，这部分毛发无法被剃刀剃除，因而被保留。Comben等[23]在公灵缇犬上的研究同样报道了犬毛发生长与时间的线性关系，这项研究在9月底至12月底开展，对灵缇犬脊背部的毛发进行为期63 d的观察记录，发现毛发呈现两阶段的线性生长：第一阶段持续约1个月，毛发的每日生长长度为0.04 mm；第二阶段生长更快，达每日0.18 mm。本试验对照

组的毛发平均生长速度(0.41 mm/d)快于Comben等[23]的试验结果,这一差异可能与毛发观察部位、季节和品种差异有关。

毛发长度在不同品种或同一动物的不同部位具有差异,因此不同部位剃毛后重新生长到原长度的时间也不一致,这些生长速率差异可能与毛发的最终长度有关,而这一长度由基因决定。短毛犬在剃毛后重新长出同等长度的毛发一般需要3至4个月,长毛犬则可能需要长达18个月,毛发一旦达到最终长度便不再生长,随后进入休止期,持续一段时间后脱落[24]。Gunaratnam等[24]的研究发现,无论是夏季还是冬季,肩部毛发的生长速度均快于侧腹部,前额毛发的生长速度最慢。本研究在对犬腹部毛发生长的观察中,也可见上腹部与下腹部毛发的生长速度及生长覆盖率存在肉眼可见的差异。鉴于本次试验主要探究全腹部剃毛后主毛的再生平均速度,因此采样点覆盖上、中、下腹部,这导致各采样时间点个体的数据差异也较大。未来可对各采样区域进行独立分析,以比较不同长度区域是否具有相同的毛发生长系数。

毛发生长速率峰值及其出现时间方面,各研究报道并不一致。本试验中,犬在夏季的毛发生长速率(0.54 mm/d)快于冬季(0.48 mm/d),与Gunaratnam等[24]的研究结果一致,该研究数据显示,犬侧腹部毛发在夏季的生长速度为0.49 mm/d,快于冬季的0.4 mm/d。然而,Al-Bagdadi等[5]在雄性比格犬中的研究结果则相反,这项研究中,犬冬季毛发的生长速度快于夏季,分别为0.40 mm/d和0.34 mm/d,与在猫上观察到的结果一致[24-25]。这种矛盾可能与不同试验地区的温度和光照周期变化差异较大相关[6,19,26]。尽管本试验已控制犬舍温度与外出日照时间,但犬笼养后并未进行遮罩,且无法控制牵遛时的室外温度差异,这可能是造成冬、夏两季毛发生长速率差异的原因。

值得注意的是,犬的毛发生长速度虽在夏季更快,但冬季毛发的生长覆盖率似乎更高。推测较长的日照和更高的温度可能降低生长期毛囊的占比,而低温则可能主要抑制生长期毛发的生长速度。此外,冬季试验组与对照组的对比结果提示,根霉菌发酵产物或许可以增加生长期毛囊的占比,让剃毛区域更快被毛发所覆盖。

4　结　论

本次研究结果证明,以根霉菌发酵产物为主要成分的好利得No.3对犬毛发再生速率有一定的促进效果,还可能增加剃毛区域生长期毛发的占比,且在1个月的喂食观察期内未见明显不良反应。因此,该营养添加剂可配合日粮用于犬猫的日常毛发养护,以及毛发生长迟缓或其他皮肤疾病的辅助治疗中。

本试验的持续时间较短,未能评估以根霉菌发酵产物为主体的营养剂对剃毛后犬毛发生长恢复至原始长度所需时间的影响;同时,在每只犬上采集的毛发样本数量较少,可能引起一定的误差,也缺乏对不同生长周期毛囊比例的统计分析。此外,尽管已控制温度和光照,但仍不可排除季节从其他机制上引起的毛发生长速率及生长期毛囊占比差异。后续研究应延长周期、扩大样本量,并结合毛囊周期检测手段,以系统性检验营养添加剂对犬毛发养护的效果与实用价值。

参 考 文 献

[1] Troncy E, Junot S, Keroack S, et al. Results of preemptive epidural administration of morphine with or without bupivacaine in dogs and cats undergoing surgery: 265 cases (1997—1999)[J]. J Am Vet Med Assoc,2002,221(5):666-672.

[2] Gross T L, Ihrke P J, Walder E J. Veterinary dermatopathology: a macroscopic and microscopic evaluation of canine and feline skin disease[M]. 1st ed. St. Louis, MO: Mosby,1992:285-286.

[3] Lin X Y, Zhu L, He J. Morphogenesis, growth cycle and molecular regulation of hair follicles[J/OL]. Front Cell Dev Biol, 2022, 10: 899095. https://doi.org/10.3389/fcell.2022.899095.

[4] Müntener T, Doherr M G, Guscetti F, et al. The canine hair cycle: a guide for the assessment of morphological and immunohistochemical criteria[J]. Vet Dermatol,2011,22(5):383-395.

[5] Al-Bagdadi F A, Titkemeyer C W, Lovell J E. Hair follicle cycle and shedding in male beagle dogs[J]. Am J Vet Res, 1977, 38(5): 611-616.

[6] Diaz S F, Torres S M, Nogueira S A, et al. The impact of body site, topical melatonin and brushing on hair regrowth after clipping normal Siberian Husky dogs[J]. Vet Dermatol,2006,17(1):45-50.

[7] Silveira C M, Badiale-Furlong E. Characterization of nitrogenated compounds in solid state fermented bran[J]. Food Sci Technol, 2007,27(4):805-811.

[8] Oliveira M S, Feddern V, Kupski L, et al. Changes in lipid, fatty acids and phospholipids composition of whole rice bran after solid-state

fungal fermentation[J]. Bioresour Technol,2011,102(17):8335-8338.

[9] Silveira C M, Oliveira M S, Badiale-Furlong E. Lipid content and fatty acid profile of defatted rice bran and wheat bran submitted to solid state fermentation by *Aspergillus oryzae*[J]. Bo Cent Process Aliment,2010,28(1):133-140.

[10] Du F P, Li J J, Zhang S Q, et al. Oxidative stress in hair follicle development and hair growth: signalling pathways, intervening mechanisms and potential of natural antioxidants[J/OL]. J Cell Mol Med,2024,28(12):e18486. https://doi.org/10.1111/jcmm.18486.

[11] Schmidt C G, Gonçalves L M, Prietto L, et al. Antioxidant activity and enzyme inhibition of phenolic acids from fermented rice bran with fungus Rizhopus oryzae[J]. Food Chem,2014,146:371-377.

[12] Connolly E D, Wu G Y. Functions and metabolism of amino acids in the hair and skin of dogs and cats[J]. Adv Exp Med Biol,2024,1446:135-154.

[13] Natarelli N, Gahoonia N, Sivamani R K. Integrative and mechanistic approach to the hair growth cycle and hair loss[J/OL]. J Clin Med,2023,12(3):893. https://doi.org/10.3390/jcm12030893.

[14] Almohanna H M, Ahmed A A, Tsatalis J P, et al. The role of vitamins and minerals in hair loss: a review[J]. Dermatol Ther,2019,9(1):51-70.

[15] Suo L Y, Sundberg J P, Everts H B. Dietary vitamin A regulates wingless-related MMTV integration site signaling to alter the hair cycle[J]. Exp Biol Med (Maywood),2015,240(5):618-623.

[16] Gerkowicz A, Chyl-Surdacka K, Krasowska D, et al. The role of vitamin D in non-scarring alopecia[J/OL]. Int J Mol Sci,2017,18(12):2653. https://doi.org/10.3390/ijms18122653.

[17] 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]. Domest Anim Endocrinol,2004,26(4):303-314.

[18] Lincoln G A. Correlation with changes in horns and pelage, but not reproduction, of seasonal cycles in the secretion of prolactin in rams of wild, feral and domesticated breeds of sheep[J]. J Reprod Fertil,1990,90(1):285-296.

[19] Gebbie F E, Forsyth I A, Arendt J. Effects of maintaining solstice light and temperature on reproductive activity, coat growth, plasma prolactin and melatonin in goats[J]. J Reprod Fertil,1999,116(1):25-33.

[20] Goldman B D. Mammalian photoperiodic system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement[J]. J Bio Rhythms,2001,16(4): 283-301.

[21] Randall V A, Ebling F J. Seasonal changes in human hair growth [J]. Br J Dermato,1991,124(2): 146-151.

[22] Butler W F, Wright A I. Hair growth in the greyhound[J]. J Small Anim Pract,1981,22(10):655-661.

[23] Comben N. Observations on the mode of growth of the hair of the dog[J]. Br Vet J, 1951,107(5):231-235.

[24] Gunaratnam P, Wilkinson G T. A study of normal hair growth in the dog[J]. J Small Anim Pract,1983,24(7): 445-453.

[25] Baker K P. Hair growth and replacement in the cat[J]. Br Vet J, 1974,130(4): 327-335.

[26] Forsyth I A, Gebbie F E, Arendt J. Timing of melatonin treatment: differential effects on oestrus and coat growth in goats[J]. Anim Sci, 1997,65(2): 267-273.

【责任编辑:马心仪】