

利用饱和烷烃技术对短花针茅荒漠草原放牧绵羊食性的测定

李亚奎¹, 胡红莲², 卢德勋^{2*}

(1. 河北北方学院动物科技学院, 张家口 075000; 2. 内蒙古农牧业科学院动物营养研究所, 呼和浩特 010030)

摘要: 为进一步研究饱和烷烃技术在放牧绵羊食性测定中的应用, 本研究在 4.4 hm² 放牧试验区内, 放牧 8 只蒙古羊, 分别于 6、9 和 11 月利用饱和烷烃技术对放牧绵羊的食性进行测定。结果表明, 同一季节, 不同牧草的烷烃模式存在差异, 其中以 C₂₇ 和 C₃₁ 差异最为显著, C₃₃ 次之, C₂₉ 最差。绵羊的食性表现出明显的季节性变化, 夏季羊只所食的牧草主要以冷蒿、无芒隐子草和银灰旋花为主, 分别占 79.68%、12.12% 和 7.30%, 而短花针茅只占 0.90%; 而进入秋季后, 随着适口性好植物密度的降低, 羊只开始对短花针茅进行采食, 由原来占食入牧草总量的 0.90% 升高到 3.81%, 同时无芒隐子草的采食量也开始增加, 由原来占食入牧草总量的 12.12% 提高到 23.57%; 冬季家畜采食牧草的种类开始减少, 冷蒿占羊只采食量的 86.26%, 无芒隐子草和银灰旋花分别减少到 8.33% 和 5.41%, 而对短花针茅不采食。综上, 饱和烷烃技术可以准确测定短花针茅荒漠草原放牧绵羊的食物组成。

关键词: 饱和烷烃技术; 短花针茅荒漠草原; 放牧绵羊; 放牧季节; 食性

中图分类号: S816.32

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2011)05-0665-06

Estimation of Diet Composition of Grazing Sheep by n-alkanes as Markers on *Stipa breviflora* Desert Steppe

LI Ya-kui¹, HU Hong-lian², LU De-xun^{2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Hebei North University, Zhangjiakou 075000, China; 2. Animal Nutrition Institute, Inner Mongolian Academy of Agriculture and Animal Sciences, Huhhot 010030, China)

Abstract: This experiment was conducted to estimate the diet composition of grazing sheep by n-alkane technique. In 4.4 hm² grazing plots, eight Mongolia sheep were grazing, and their diet composition was estimated by n-alkanes as markers on June, September and December, respectively. The results showed that there was a difference in concentration of n-alkanes among 4 species forages, which C₂₇ and C₃₁ were most significant, C₃₃ took the second place, and C₂₉ was the poorest. The diet composition of sheep had significant change with grazing seasons. In summer, the mainly diet of sheep was *Artemisia frigida*, *Cleistogens songorica* and *Convolvulus ammannii*, account for 79.68%, 12.12% and 7.30% respectively, while *Stipa breviflora* only 0.90%. In autumn, the sheep started to consume *Stipa breviflora* with the pasture of good palatability reduced, increased from 0.90% to 3.81%, and *Cleistogens songorica* intake increased from 12.12% to 23.57%. In winter, the pasture species reduced of sheep consumed, *Artemisia frigida* occupy 86.26% of the total pasture intake, *Cleistogens songorica* and *Convolvulus ammannii* reduced to 8.33% and 5.41%, respectively, while *Stipa breviflora* didn't consumed. In conclusion, n-alkane technique can provide an accurate estimation of diet composition of grazing sheep.

收稿日期: 2010-10-21

作者简介: 李亚奎(1978-), 男, 内蒙古宁城人, 讲师, 硕士, 主要从事反刍动物营养研究, E-mail: liyakui@163.com

* 通讯作者: 卢德勋, 教授, E-mail: ludexun@126.com

Key words: n-alkanes technique; *Stipa breviflora* desert steppe; grazing sheep; grazing seasons; diet composition

放牧家畜食性的测定是长期以来动物营养学家和草原学家所十分关注的技术难题,因为只有准确知道在放牧条件下绵羊到底摄入多少营养物质以及它们的比例如何,才能对放牧绵羊对营养物质的吸收和体内营养物质的分配做出准确的评价。但如何在放牧条件下采用可靠的方法,估测家畜所食植物的种类组成是一项非常困难的工作,随着放牧生态学 and 放牧行为学的发展,许多科学家曾对其估测方法做过大量的研究工作,提出许多常规估测方法,但 these 方法都有很大的局限性,或者是估测精确度不高,或是实验繁琐、工作量大、费用昂贵、难以控制等^[1]。饱和烷烃技术是一项测定放牧家畜食性食量的新技术,始于 20 世纪 80 年代末。该技术是利用植物表皮蜡质层中普遍存在的饱和性碳氢化合物或称饱和烷烃(n-alkanes)作为内源标记物来测定放牧家畜的食性^[2]。由于烷烃在植物体中的模式存在明显的种间差异^[3],故通过分析家畜采食的牧草种类和排泄粪中烷烃含量,就可以计算出家畜采食牧草种类组成及其比例,进而推算出采食各种植物组分的量^[4-5]。但该项技术也受很多因素的影响,如牧草种类和部位、生育期及季节性变化、链烷的分析和计算方法等^[6-9]。

为了进一步研究该技术在放牧领域中的应用,本研究对短花针茅荒漠草原不同季节放牧绵羊所食 4 种主要牧草的比例进行测定,以揭示放牧绵羊的自然食性及食物替代规律,更科学合理地管理草地和引导放牧家畜生产,同时也为饱和烷烃技术在中国的应用提供科学的理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验区的自然条件

试验区位于内蒙古自治区乌兰察布市四子王旗王府一队,地处 41°47'17"N,东经 111°53'46"E,海拔 1 450 m。属于典型的大陆性气候,春季干旱多风,夏季炎热,≥10℃的年积温为 2 200~2 500℃,年均降水量 280 mm,湿润度 0.15~0.3,降水量主要集中在 5~8 月,月平均温度最高月为 6、7、8 三个月,平均气温,21.5、24、23.5℃,无霜期 175 d,土壤为淡栗钙土。

试验区属短花针茅荒漠草原的地带性植被。草

地类型为短花针茅+冷蒿+无芒隐子草荒漠草原,植被草层低矮,一般为 8 cm,且植被较稀疏,盖度为 17%~20%,种类组成较贫乏。建群种为短花针茅(*Stipa breviflora* Griseb),优势种为冷蒿(*Artemisia frigida* Willd)、无芒隐子草(*Cleistogenes songorica* Ohwi)。主要伴生种有银灰旋花(*Convolvulus ammarii* Desr)、阿尔泰狗娃花(*Hetropappus altaicus* Novopokr)、栉叶蒿(*Artemisa pectinata* Pall)、木地肤(*Kochia prostrata* Schrad)、狭叶锦鸡儿(*Caragana stenophylla* Pojark)、羊草(*Leymus chinensis* Tzvel)。其中冷蒿、短花针茅、无芒隐子草、银灰旋花占植物总量的 90%以上,全年平均重要值分别为 0.45、0.15、0.11、0.10 左右^[10]。草地出现了一定程度的退化现象。

1.2 试验设计

在 4.4 hm² 的试验区内,放牧 8 只体况良好、体质量在 30~35 kg 的蒙古育成羯羊,载畜率为每半年 1.82 羊单位·hm⁻²,放牧期为每年 6 个月,每年 6 月开始放牧,截止到 12 月初。全天放牧饲养,每天将家畜赶入放牧区让其自由采食,夜间赶回畜圈休息。出牧前和归牧后设水槽自由饮水两次,归牧后无补饲。根据季节变化,即 6、9 和 11 月,采用饱和烷烃技术分别对放牧绵羊所食牧草的比例进行测定。

1.3 草样的采集与处理

草样的采集采用手采牧草标样法。在出牧时段进行放牧观察,每隔 2 h 观察 1 次,每次 5 min,连续 5 d,观测绵羊采食牧草的种类、部位、高度,同时采集一定数量接近羊只采食部位的草样。称重,混匀,在-20℃条件下保存。将同一试验羊 5 h 不同时间点采集同一牧草混合样 65℃烘 24 h,置于实验室回潮 24 h 后,称重,样品过 40 目筛,磨成 1 mm 的粉末,制成分析样品。

1.4 粪样的采集与处理

采用直肠取粪法,试验期间,每只试验羊采集 10 个不同时间点的粪便,每个时间点间隔 1 h,每日 2 次,连续 5 d,样品量每次 10 g,装入密封袋在-20℃条件下保存。处理方法同草样。

1.5 饱和烷烃测定方法

样品预处理采用 Mayes 等的方法^[11],测定方法

采用岛津 GC-9A 气相色谱仪测定,内标液为三十四烷烃和十二烷烃(1mg C₃₄/mL C₁₂)。色谱条件:色谱柱为直径 4 mm、长 2 m 的不锈钢柱;固定相为 SE-30 及载体 Supelcoport;柱温 275 ℃;载气为氮气,流速 30 mL·min⁻¹;标准样品二十七烷烃(C₂₇)、二十九烷烃(C₂₉)、三十一烷烃(C₃₁)、三十三烷烃(C₃₃)均由 Sigma 公司生产。

1.6 所食牧草比例的计算方法

采用 Dove 和 Moore^[12] 提出的 non-negative least-squares procedure 方法,同时根据其所提供的程序(Eat What)对该地区放牧绵羊所食牧草的比例进行计算。烷烃的回收率参照 Newman^[13] 提供的数值,分别为 C₂₇:0.714, C₂₉:0.745, C₃₁:0.848, C₃₃:0.894。

1.7 数据分析与处理

所有数据用 SPSS 13.0 软件中的 Compare Means 法进行单因子方差分析,差异显著时用 LSD 法进行多重比较。

2 结果

2.1 牧草和粪的烷烃模式

夏、秋、冬 3 季牧草和粪中不同烷烃的浓度分别见表 1 和表 2。

从表 1 可以看出,同一季节 4 种牧草的烷烃特征模式是不同的,其中以 C₂₇ 和 C₃₁ 最为显著,夏、秋、冬 3 季 4 种牧草中这两种烷烃浓度的差异均达到了显著程度;次之为 C₃₃,其中短花针茅和无芒隐子草、冷蒿和短花针茅分别在秋季和冬季该烷烃浓度的差异不显著;最后为 C₂₉,在每个季节中至少两种牧草该烷烃浓度差异不显著,但就整体而言,牧草中这 4 种烷烃的模式是不同的,同一季节中任何两种牧草相比较,至少有 3 种烷烃浓度的差异达到显著。粪中烷烃的浓度除 C₂₉ 的浓度在秋季和冬季差异不显著外,其余 3 种烷烃浓度不同季节差异均达到显著程度(表 2)。

表 1 不同季节牧草中各种烷烃的浓度

Table 1 Concentrations of alkanes of different herbage species in different seasons

g · kg⁻¹ DM

季节 Season	草种 Species	C ₂₇ Heptacosane	C ₂₉ Nonacosane	C ₃₁ Hentriacosane	C ₃₃ Tritriacosane
夏季 Summer	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	0.148 5±0.018 ^c	0.326 4±0.025 ^a	0.254 9±0.019 ^c	0.126 6±0.012 ^d
	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	0.342 3±0.048 ^a	0.108 9±0.016 ^c	1.664 1±0.266 ^a	0.327 1±0.009 ^c
	无芒隐子草 <i>Cleistogens ongorica</i>	0.039 1±0.004 ^d	0.137 9±0.012 ^b	0.657 6±0.086 ^b	0.525 0±0.190 ^a
	银灰旋花 <i>Convolvulus ammannii</i>	0.221 3±0.023 ^b	0.121 9±0.006 ^b	0.177 1±0.008 ^d	0.432 1±0.276 ^b
秋季 Autumn	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	0.143 1±0.003 ^c	0.174 3±0.005 ^a	0.164 5±0.004 ^d	0.251 1±0.021 ^c
	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	0.443 4±0.038 ^a	0.156 3±0.016 ^a	0.219 5±0.013 ^c	0.683 6±0.002 ^a
	无芒隐子草 <i>Cleistogens ongorica</i>	0.032 7±0.049 ^d	0.109 1±0.043 ^b	0.433 6±0.022 ^b	0.662 4±0.130 ^a
	银灰旋花 <i>Convolvulus ammannii</i>	0.209 5±0.033 ^b	0.107 8±0.097 ^b	0.928 8±0.098 ^a	0.382 3±0.004 ^b
冬季 Winter	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	0.111 0±0.003 ^c	0.194 8±0.011 ^a	0.184 4±0.012 ^c	0.466 9±0.016 ^b
	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	0.392 5±0.004 ^a	0.133 9±0.009 ^b	0.110 9±0.111 ^d	0.471 6±0.077 ^b
	无芒隐子草 <i>Cleistogens ongorica</i>	0.052 0±0.002 ^d	0.127 4±0.001 ^b	0.734 9±0.007 ^b	0.661 7±0.009 ^a
	银灰旋花 <i>Convolvulus ammannii</i>	0.212 7±0.035 ^b	0.098 1±0.009 ^c	1.630 1±0.076 ^a	0.336 7±0.019 ^c

同一季节同一列数据后所标字母相异表示差异显著($P < 0.05$),所标字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)

In same season, different letters in the same column means significant difference between the treatments($P < 0.05$), same letter in the same column means no significant difference between treatments($P > 0.05$)

表 2 不同季节粪中各种烷烃的浓度

Table 2 Faecal concentrations of alkanes for grazing sheep in different seasons

g · kg⁻¹ DM

季节 Season	C ₂₇ Heptacosane	C ₂₉ Nonacosane	C ₃₁ Hentriacosane	C ₃₃ Tritriacosane
夏季 Summer	0.219 4±0.019 ^a	0.629 8±0.034 ^a	0.768 6±0.039 ^a	0.524 6±0.012 ^c
秋季 Autumn	0.199 6±0.013 ^b	0.243 7±0.009 ^b	0.462 0±0.013 ^b	0.699 6±0.020 ^b
冬季 Winter	0.136 1±0.015 ^c	0.261 1±0.089 ^b	0.310 6±0.019 ^c	0.813 0±0.025 ^a

同一列数据后所标字母相异表示差异显著($P < 0.05$), 所标字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)。下表同

Different letters in the same column means significant difference between the treatments($P < 0.05$), same letter in the same column means no significant difference between treatments($P > 0.05$). The same as below

2.2 放牧绵羊所食 4 种牧草的比例

不同季节放牧绵羊所食各种牧草的比例见表 3。

表 3 不同季节放牧绵羊所食牧草的比例

Table 3 The dietary botanical composition of grazing sheep in different seasons

%

季节 Season	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i>	短花针茅 <i>Stipa breviflora</i>	无芒隐子草 <i>Cleistogens ongorica</i>	银灰旋花 <i>Convolvulus ammannii</i>
夏季 Summer	79.68±3.40 ^b	0.90±1.19 ^b	12.12±2.49 ^b	7.30±4.50 ^a
秋季 Autumn	68.12±4.03 ^c	3.81±1.74 ^a	23.57±1.99 ^a	4.50±3.12 ^b
冬季 Winter	86.26±5.72 ^a	0.00±0.00 ^b	8.33±3.30 ^c	5.41±3.82 ^b

应用饱和烷烃技术对放牧绵羊不同季节所食牧草比例变化的测定可以看出,在夏季,羊只所食的牧草主要以冷蒿、无芒隐子草和银灰旋花为主,分别占 79.68%、12.12% 和 7.30%,对短花针茅基本不采食。而进入秋季后,随着适口性好的植物密度的降低,羊只开始对短花针茅进行采食,由原来占食入牧草总量的 0.90% 升高到 3.81%,同时无芒隐子草的采食量也开始增加,由原来占食入牧草总量的 12.12% 提高到 23.57%。冬季家畜采食的植物种类开始减少,冷蒿占羊只采食量的绝大部分。

3 讨论

3.1 饱和烷烃技术测定放牧绵羊食性的准确性

从表 1 可以看出,同一季节 4 种牧草的烷烃特征模式是不同的,本研究再次验证了不同牧草含有

独特的“植物指纹”信息这一结论^[14-16],而这正是推广并运用烷烃技术评价家畜食性和食量的理论基础。饱和烷烃技术理论上可以测定 15 种混合牧草草地的家畜采食量和采食牧草比例^[8],特别是随着计算机软件的发展,最小平方和优化程序(Eat-What)^[5]被广泛应用,在测定多种牧草采食比例时更为简单、快速、准确^[14]。由于内蒙古四子王旗地区属于荒漠草原,草地植被种类相对较少,绵羊所食牧草只有 6~9 种植物组成,其中冷蒿、短花针茅、无芒隐子草和银灰旋花这 4 种植物又构成了所食牧草的绝大部分(平均 90% 以上)^[10],同时考虑到粪中烷烃回收率和多种植物取样等问题^[17],因此本研究只对该 4 种牧草的比例进行了测定,且测定结果与部分学者报道一致^[18],再一次验证了饱和烷烃技术应用于放牧绵羊食性测定上的可行性。根据 Dove

等^[9]报道,牧草中奇数碳烷含量丰富,而偶数碳烷含量较少,因此,本研究对偶数碳烷没有测定。当然,本研究中饱和碳烷的回收率是引用 Newman^[13]提供的数值,因此,对放牧绵羊粪中饱和烷烃的真实回收率以及对多种混合牧草草地放牧家畜采食牧草比例的测定还需要进一步深入研究。

3.2 不同季节下绵羊食性选择的变化

由表 3 可知,冷蒿在夏、冬两季利用程度大于秋季,这与冷蒿在夏季不为家畜所选食这一结论有所不同^[19],这可能因为在初夏时,冷蒿主要以叶子和嫩茎为主,且冷蒿在草群中所占比例较大,同时由于夏季干旱少雨,造成其它牧草含水量低,适口性差,因此冷蒿在日粮中所占比例较大;但随着季节的推移,以及降水量的增加,冷蒿的茎秆快速生长,绵羊对其喜食程度下降,同时,随着降水量的增加,草地食物资源开始丰富,绵羊采食适口性更好的植物(如无芒隐子草),从而导致其在日粮中的比例有所降低;到了冬季,冷蒿的生殖枝随绵羊的践踏而脱离,而其匍匐茎却因夏秋季节绵羊的采食和践踏有了更多的机会接触地面,形成更多的不定根和营养枝,此时的营养枝仍然保持绿色和幼嫩性,因而是放牧绵羊首选的对象。放牧绵羊对短花针茅全年的利用率较低,与以往报道有所不同^[10],这可能与试验时间的选择有关,6 月放牧绵羊刚刚进入牧场,食物资源丰富,羊只主要对几种适口性较好的植物进行采食,而绵羊对冷蒿的喜食程度大于短花针茅^[18],而到了 9 月以后,其营养含量迅速下降,纤维含量上升,植株粗糙,适口性下降,特别是其有刺籽实,更加影响了其利用率。另外,根据试验区植物现存量的测定显示,短花针茅只占样方鲜草平均产量的 8.2%^[20],可利用性低,这也是绵羊所食牧草中所占比例较低的另一个主要原因。无芒隐子草秋季被利用的程度大于夏季和冬季,夏季因其叶量大,质地柔软,绵羊较为喜食,进入秋季,即使到结实期其蛋白含量仍不降低,因此在冷蒿利用率降低的情况下,绵羊对其大量采食,进入冬季后逐渐干枯,但其干枯后残留较好,不易被风刮走,仍能为绵羊充分利用。银灰旋花被利用的变化幅度较小的原因,可能因为银灰旋花的植株矮小,青鲜时绵羊特别喜食,干枯后也乐食,同时与其地上生物量很低有关。本研究虽然没有对放牧绵羊所食其它牧草比例进行测定,且有些植物绵羊较为喜食,但这些植物可利用性较低,绵羊在单位时间内难以采食到足够量的食物,而构成放牧绵

羊主要食物资源的冷蒿、无芒隐子草、银灰旋花的相对生物、盖度和频度都较高,可利用性较大,因而构成了所食牧草的绝大部分。

4 结 论

利用饱和烷烃技术对短花针茅荒漠草原不同季节放牧绵羊食性的测定结果显示,同一季节,不同牧草的烷烃模式存在差异,其中以 C₂₇ 和 C₃₁ 差异最为显著,C₃₃ 次之,C₂₉ 最差。绵羊的食性表现出明显的季节性变化。夏季,羊只所食的牧草主要以冷蒿、无芒隐子草和银灰旋花为主,分别占到了 79.68%、12.12% 和 7.30%,对短花针茅基本不采食,而进入 9 月后随着适口性好的植物的密度的降低羊只开始对短花针茅进行采食,由原来占食入牧草总量的 0.90% 升高到 3.81%,同时无芒隐子草的采食量也开始增加,由原来占食入牧草总量的 12.12% 提高到 23.57%。冬季家畜采食的植物种类开始减少,冷蒿占羊只采食量的绝大部分。综上,饱和烷烃技术可以准确测定短花针茅荒漠草原放牧绵羊的食物组成。

参考文献:

- [1] 汪诗平. 几种草食动物日粮植物组成研究技术和方法的比较[J]. 草业学报, 1995, 14(3): 8-16.
- [2] MAYES R W, LAMB C S, COLGROVE P M. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake [J]. *J Agric Sci Camb*, 1986, 107: 161-170.
- [3] DOVE H. Using the n-alkanes of plant cuticular wax to estimate the species composition of herbage mixtures[J]. *Aust J Agricul Res*, 1992, 43: 1711-1724.
- [4] MAYES R W, DOVE H. Measurement of dietary nutrient intake in free-ranging mammalian herbivores [J]. *Nutr Res Rev*, 2000, 13: 107-138.
- [5] ZHANG Y J. Introduction of plant wax alkane technique[C]. Proceedings of China International Grassland Conferences. Beijing: 2002: 77-81.
- [6] LAREDO M A, SIMPSON G D, MINSON D J, et al. The potential for using n-alkanes in tropical forages as a marker for the determination of dry matter intake by grazing ruminants[J]. *J Agric Sci Camb*, 1991, 117: 355-361.
- [7] OLIVAN M, OSORO K. Effect of temperature on alkane extraction from faeces and herbage[J]. *J Agric Sci Camb*, 1999, 132: 305-312.

- [8] KELMAN W, BUGALHO M, DOVE H. Cuticular wax alkanes and alcohols used as markers to estimate diet composition of sheep (*Ovis aries*) [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2003, 31: 919-927.
- [9] DOVE H, MAYES R W, FREER M. Effects of species, plant part, and plant age on the concentrations in the cuticular wax of pasture plants [J]. *Aust J Agric Res*, 1996, 47: 1333-1347.
- [10] 毕力格图. 载畜率对短花针茅草原放牧系统植物群落和绵羊影响的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2003.
- [11] MAYES R W, WRIGHT I A. The use of long-chain n-alkanes as markers for estimating intake and digestibility of herbage in cattle [J]. *Anim Prod*, 1986, 12: 457.
- [12] DOVE H, MOORE A D. Using a least-squares optimization procedure to estimate botanical composition on the alkanes of plant cuticular wax [J]. *Aust J Agric Res*, 1995, 46: 1535-1544.
- [13] NEWMAN J A, THOMPSON W A, PENNING P D, et al. Least-squares estimation of diet composition from n-alkanes in herbage and faeces using matrix mathematics [J]. *Aust J Agric Res*, 1995, 46: 793-805.
- [14] HAMELEERS A, MAYES R W. The use of n-alkanes to estimate herbage intake and diet composition by dairy cows offered a perennial ryegrass/white clover mixture [J]. *Grass Forage Sci*, 1998, 53: 164-169.
- [15] MALOSSINI F, PIASENTIER E, BOVOLENTA S. n-alkane content of some forages [J]. *J Sci Food Agric*, 1990, 53: 405-409.
- [16] DOVE H, MAYES R W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition herbivores: a review [J]. *Aust J Agric Res*, 1991, 42: 913-952.
- [17] 刘贵河, 林立军, 张英俊, 等. 饱和链烷技术测定绵羊食性食量精确性研究 [J]. *中国农业科学*, 2006, 39 (7): 1472-1479.
- [18] 王小亮. 短花针茅荒漠草原不同载畜率绵羊食性研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [19] 汪诗平. 不同放牧季节绵羊的食性及食物多样性与草地植物多样性间的关系 [J]. *生态学报*, 2000, 20 (6): 952-957.
- [20] 刘永志. 短花针茅草原绵羊放牧生态系统研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2005.

(编辑 郭云雁)