

松嫩平原农牧交错区绵羊放牧 系统粗饲料的链烷特征

孙海霞, 周道玮*, 刘春龙

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:链烷是一类普遍存在于植物表皮蜡质中的饱和直链碳氢化合物,应用链烷技术可以测定放牧动物采食量和食性组成,本试验采用气相色谱法对松嫩平原农牧交错区绵羊放牧系统(人工和天然羊草草地、玉米和大豆农田残茬)中主要粗饲料的链烷含量和特征进行了分析,以为农牧交错区放牧绵羊营养研究提供基础数据。试验结果表明,松嫩平原草地和农田残茬饲料资源所含的链烷具有明显的种间特征,在 $C_{21} \sim C_{35}$ 链烷之间,奇数链烷的含量总体上高于偶数链烷的含量,不同生长时期的全株羊草、5月份的野稗和碱蒿、5和8月份的苜蓿菜、8月份的狗尾草、大豆和玉米残茬的茎、叶、荚中均以 C_{31} 含量最为丰富,马蔺 C_{29} 含量最为丰富,而羊草穗、7月份野稗、8月份的碱蒿以 C_{27} 含量最为丰富。

关键词:绵羊;放牧系统;链烷

中图分类号:S826.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2009)01-0188-04

* 放牧家畜食性组成、采食量和牧草消化率是放牧生态学中研究草畜关系的核心,是计算草地载畜量和放牧家畜营养盈亏的重要依据,同时也是困扰放牧草食动物营养研究最多的问题之一^[1]。以往研究放牧动物的采食量主要通过放牧前后牧草量的变化,以及通过每口采食量、采食速率和采食时间进行计算,或者通过放牧前后绵羊体重变化来进行。由于这些方法存在很多弊端以及执行的难度较大,很多间接测定采食量的方法相继产生,这些方法以指示剂技术测定粪排泄量和体外方法测定牧草样品的消化率为基础,牧草样品消化率的测定主要通过模拟采样或食道瘘管动物获得的样品进行两级离体消化^[2],之后结合估测的排粪量计算采食量。但这些方法也存在很大的局限性,如无法考虑动物之间消化率的变异、指示剂的回收率不稳定、两级离体消化试验需要饲养瘘管动物,试验过程烦琐且结果的重复性差^[3]。

链烷技术是一项测定放牧家畜食性组成和采食量的新技术,始于20世纪80年代末^[3,4]。链烷(alkane)是一种饱和的直链碳氢化合物,普遍存在于植物表皮的蜡质中,植物所含的链烷一般含有21~35个碳原子,其中奇数链烷的浓度常大于偶数链烷的浓度。链烷被家畜采食后不被吸收,在粪便中回收率高,且相邻链烷回收率相近。通过投喂人工合成已知浓度的与奇数链烷相邻的偶数链烷,利用两者回收率相近的特点可以消除不完全回收的缺点,可以准确测定家畜个体采食量和体内消化率。因此,用内外双指示剂的方法来评价草食动物采食量的研究方法得到了众多研究者的报道和关注^[5]。

应用链烷技术的关键是明确牧草中的链烷模式和浓度,国外对热带和亚热带牧草中的链烷模式进行了大量报道,有关松嫩平原草地和农田饲料资源中链烷模式还未见报道,本研究对松嫩平原绵羊放牧系统中粗饲料资源链烷特征进行初步分析,为未来应用链烷技术对放牧动物的营养研究提供理论支持。

1 材料与方 法

1.1 样品采集

本试验所有植物样品于2004年5月—2005年12月期间在吉林省长岭县绿园草业公司所属草地以及黑龙

* 收稿日期:2007-10-11;改回日期:2008-09-28

基金项目:国家“973”项目(2007CB106800)和中国科学院东北地理与农业生态研究所学科前沿领域项目(KZCX3-SW-NA3-07)资助。

作者简介:孙海霞(1974-),女,黑龙江杜蒙人,助理研究员,博士。E-mail:sunhx@neigaehrb.ac.cn

* 通讯作者。E-mail:zhoudw@neigae.ac.cn

江省杜尔伯特蒙古族自治县的农田采集。包括松嫩草地不同季节的优势植物羊草 (*Leymus chinensis*)、野稗 (*Echinochloa crusgalli*)、芦苇 (*Phragmites communis*)、虎尾草 (*Chloris virgata*)、金狗尾草 (*Setaria glauca*)、紫狗尾草 (*S. viridis*)、车前 (*Plantago asiatica*)、苍耳 (*Xanthium sibiricum*)、碱蓬 (*Suaeda glauca*)、碱蒿 (*Artemisia anethifolia*)、苜蓿菜 (*Sonchus bracyotus*)、马蔺 (*Iris ensata*) 和大豆 (*Glycine max*) 茎、叶、荚以及玉米 (*Zea mays*) 秸秆茎、叶。

1.2 样品处理

所有植物样采集后采用冷冻的方法进行干燥,粉碎后过 1 mm 筛,用于链烷含量测定。

1.3 链烷提取和分析

链烷提取主要根据 Mayes 等^[3]的方法进行,同时进行一些改进,具体分析测定和计算方法同 Sun 和 Zhou^[6]。

2 结果与分析

不同植物链烷含量和模式见表 1。不同生长阶段的整株羊草奇数和偶数链烷的分布呈锯齿状,偶数链烷的含量相对较低,奇数链烷中 C_{31} 含量最丰富,最高达 494.9 mg/kg,其次是 C_{29} 、 C_{27} 和 C_{33} ,而且随生长期的变化,含量并未表现出特定规律。但羊草穗与整株羊草相比,奇数链烷的模式和浓度有明显的差异, C_{27} 含量最高,达到了 1 323.5 mg/kg,其次是 C_{25} 、 C_{29} 、 C_{31} 和 C_{23} ,对应浓度都高于整株的值。5 月份野稗 C_{31} 含量最丰富,达到了 179.8 mg/kg,其次是 C_{33} 和 C_{29} ,而 7 和 8 月份野稗处于抽穗期,链烷模式发生了相应的改变, C_{27} 含量最丰富,其次为 C_{29} 。2 个生长期的碱蒿链烷变化与野稗有相似的趋势。8 月份的苜蓿菜与 5 月份苜蓿菜浓度相比,奇数链烷尤其是 C_{31} 、 C_{27} 、 C_{33} 、 C_{23} 和 C_{21} 含量较高,但仍以 C_{31} 含量最高。同一生长期的金狗尾草和紫狗尾草的链烷模式和对应的浓度相似。松嫩草地伴生的其他杂草链烷也基本都以 C_{31} 和 C_{29} 最高,但马蔺 C_{29} 含量远远高于其他类杂草,含量达到了 1 377.9 mg/kg。

大豆残茬中的茎、叶和荚奇数链烷以 C_{31} 含量最为丰富,其在茎、叶中含量高于荚的含量,玉米茎、叶的 C_{31} 含量最高。

3 讨论

3.1 不同植物种类链烷特征

本试验结果表明羊草草地的优势植物羊草以及伴生的杂类草和农田残茬的饲料资源中,链烷模式与 Dove 和 Mayes^[7] 结论基本类似,刘贵河等^[1] 报道了羊草中 C_{27} 、 C_{29} 、 C_{31} 和 C_{33} 含量丰富,且以 C_{31} 含量最高(羊草为 79 mg/kg), C_{31} 含量与本试验一些季节羊草一致,而与其他季节有很大的差异,取样时间、部位以及羊草品种差异可能是导致这些结果出现的原因。马蔺链烷浓度较高,可能与其极强的抗旱性^[8] 有关, Kolattukudy^[9] 报道一些节水植物的链烷含量普遍高。本试验中金狗尾草和紫狗尾草虽属不同的品种,但它们的链烷模式和浓度却表现出相似的特征,证明了植物链烷种内差异较小的特征。

3.2 同一植物不同生长期链烷变化

随着植物的繁殖发育,特别是禾本科牧草,穗中链烷的浓度显著增加,而且链烷模式向短一些的碳链转变,在花序和种穗中含量很高^[10],本试验结果也证明了这个规律的存在。试验结果表明羊草穗中奇数链烷的浓度显著高于全株的浓度,而且与全株不同的是 C_{27} 含量最丰富,而且 C_{23} 、 C_{25} 浓度也很高,处于开花和结实期的野稗、碱蒿、苜蓿菜也表现出相似的趋势。因此在模拟采集牧草样品时,应注意植物的繁殖发育过程对牧草链烷模式的影响,提高模拟采样的准确性。

烷烃化学性质稳定,一般在常温下与强酸、强碱、氧化剂、还原剂都不反应,尤其长链烷烃常温下通常处于固态,生物可利用性差^[11]。因此自然条件下植物中的长链烷烃相对稳定,处于枯黄期的全株羊草以及玉米和大豆农田残茬的茎、叶、荚中均检测出链烷,而且枯黄的羊草与生长期羊草相比,链烷模式没有发生改变。因此同样可以应用链烷技术测定枯草期放牧动物采食量和食性组成。

表 1 不同植物链烷含量

Table 1 Concentrations of alkane for different plants

mg/kg

植物种类(采样时间) Plant species (Sampling time)	C ₂₁	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₅
全株羊草(5月10日) Whole <i>L. chinensis</i> (10th May)	22.1	13.5	10.2	19.9	10.5	37.6	10.4	65.2	7.0	203.1	5.1	48.5	0
全株羊草(5月20日) Whole <i>L. chinensis</i> (20th May)	62.7	77.5	48.9	86.7	36.7	146.3	15.2	165.5	29.5	494.9	240.4	416.0	0
全株羊草(6月20日) Whole <i>L. chinensis</i> (20th June)	12.5	22.9	6.3	18.7	4.5	30.9	3.7	47.7	6.7	102.6	6.1	62.7	0
全株羊草(7月30日) Whole <i>L. chinensis</i> (30th July)	20.3	17.2	18.7	19.5	9.2	22.6	8.5	39.8	10.0	102.8	30.6	95.1	0
全株羊草(10月10日) Whole <i>L. chinensis</i> (10th October)	12.5	19.2	10.0	18.9	5.9	33.4	4.5	62.4	18.5	247.4	4.3	176.7	0
全株羊草(枯草期) Whole <i>L. chinensis</i> (Dry period)	49.6	62.7	43.4	55.6	40.8	75.2	19.7	147.0	48.0	275.1	60.4	22.8	0
羊草穗(5月30日) Ear head of <i>L. chinensis</i> (30th May)	26.1	216.6	16.9	583.4	21.6	1323.5	31.5	396.4	18.5	344.8	18.4	98.3	0
碱蒿(6月15日) <i>A. anethifolia</i> (15th June)	60.5	45.4	49.8	72.7	28.5	112.7	22.2	254.5	16.6	226.2	200.7	87.5	0
碱蒿(8月20日) <i>A. anethifolia</i> (20th August)	13.0	16.2	6.3	44.7	15.7	381.2	2.6	1018.9	47.0	304.3	16.0	71.1	0
苜蓿(5月30日) <i>S. bracyotus</i> (30th May)	30.8	29.4	22.8	54.1	22.5	183.2	37.7	319.1	22.6	491.5	125.9	4.9	0
苜蓿(8月15日) <i>S. bracyotus</i> (15th August)	520.7	246.8	65.3	166.7	61.2	407.6	14.0	363.2	31.8	761.4	125.9	250.4	8.9
野稗(5月30日) <i>E. crusgalli</i> (30th May)	20.3	42.7	11.2	52.1	10.8	39.1	4.4	75.8	9.1	179.8	4.3	126.5	0
野稗(7月30日) <i>E. crusgalli</i> (30th July)	86.0	95.4	51.7	76.6	50.1	194.5	5.7	142.3	13.9	99.8	94.6	49.4	0
野稗(8月15日) <i>E. crusgalli</i> (15th August)	48.8	68.5	48.2	108.4	62.5	374.2	5.5	241.7	14.6	83.4	32.4	42.6	2.9
金狗尾草(8月15日) <i>S. glauca</i> (15th August)	55.0	88.2	44.9	105.0	24.9	232.7	11.4	433.7	63.2	514.9	96.6	183.1	3.0
紫狗尾草(8月15日) <i>S. viridis</i> (15th August)	35.6	47.7	21.9	79.5	19.9	205.4	14.3	451.7	70.7	454.9	36.0	167.6	9.8
碱蓬(8月15日) <i>S. glauca</i> Bunge (15th August)	18.6	27.1	15.6	53.1	11.0	74.9	2.1	119.6	12.5	83.5	36.1	26.2	0
马蔺(6月15日) <i>I. ensata</i> (15th June)	84.9	71.4	49.1	92.4	36.9	139.0	37.4	1377.9	40.8	199.9	295.2	20.7	0
芦苇(6月15日) <i>P. communis</i> (15th June)	14.3	26.1	11.9	25.6	11.9	65.3	1.7	25.5	3.2	12.6	59.8	4.8	0
虎尾草(8月15日) <i>C. virgata</i> (15th August)	60.4	171.9	64.0	139.6	54.3	164.5	11.6	246.3	49.0	313.1	134.1	86.7	5.1
苍耳(8月15日) <i>X. sibiricum</i> (15th August)	15.7	17.7	16.4	4.6	12.8	70.4	17.5	169.0	14.7	128.7	12.4	13.7	0.9
大豆茎 <i>G. max</i> stem	34.7	32.4	23.4	59.8	10.3	77.0	9.6	99.3	25.8	559.8	142.6	90.8	0
大豆叶 <i>G. max</i> leaf	22.1	57.0	16.2	129.8	24.3	312.6	156.8	222.6	51.6	639.3	108.5	61.4	0
大豆荚 <i>G. max</i> pod	25.4	24.8	26.4	47.5	19.9	54.4	11.3	110.7	11.5	228.1	90.8	0	0
玉米叶 <i>Z. mays</i> leaf	47.9	73.7	63.8	109.3	66.8	203.6	42.1	391.0	62.0	454.6	222.1	192.7	0
玉米茎 <i>Z. mays</i> stem	35.5	41.2	58.0	54.5	38.9	87.5	39.8	192.1	24.3	254.1	65.8	120.9	0

注: C₂₁~C₃₅分别为碳原子数 21~35 的链烷,如二十一烷和三十五烷。

Note: C₂₁—C₃₅ denote the alkane containing 21—35 carbon atom, for example Heneicosane and Pentatriacontane.

4 结论

松嫩平原农牧交错区人工和天然羊草草地以及农田残茬等饲料资源含有的链烷具有明显的种间特征,大多数粗饲料 C₃₁ 含量最为丰富,少数种类 C₂₉、C₂₇ 浓度最高。开花抽穗等繁殖发育过程改变了植物的链烷模式,提高了一些种类链烷的浓度。枯黄的植物同样可以检测到链烷存在,应用链烷技术可以对不同季节草地和农田的放牧绵羊进行采食量和食性组成进行估测。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Tilley J M A, Terry R A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops[J]. Journal of the British Grassland Society, 1963, (18): 104-111.
- [3] 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]. Journal of Agricultural Science, 1986, 107:161-170.
- [4] Dove H, Mayes R W. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: A review[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1991, 42:913-952.
- [5] Nielsen B, Thamsborg S M, Andersen H R, et al. Herbage intake in Danish Jersey and Danish Holstein steers on perennial ryegrass/white clover pasture[J]. Livestock Production Science, 2004, 86:261-267.
- [6] Sun H X, Zhou D W. Seasonal changes in voluntary intake and digestibility by sheep grazing introduced *Leymus chinensis* pasture, Asian-Australasian[J]. Journal of Animal Sciences, 2007, 20(6): 842-849.
- [7] Dove H, Mayes R W. Using n-alkanes and other plant wax components to estimate intake, digestibility and diet composition of grazing/browsing sheep and goats[J]. Small Ruminant Research, 2005, 59: 123-139.
- [8] 张德魁. 马蒿的特性研究进展与开发利用[J]. 草原与草坪, 2006, (3): 7-10.
- [9] Kolattukudy P E. Introduction to natural waxes[M]. New York:Elsevier, 1976. 1-15.
- [10] Tulloch A P. Composition of leaf surface waxes of some Triticum species: Variation with age and tissue[J]. Phytochemistry, 1973, 12:2225-2232.
- [11] Daisuke K, Fumihiko H, Etsuo Y, et al. Biodegradation of long-chain n-paraffins from waste oil of car engine by *Acinetobacter* sp. [J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2001, 91: 94-96.

**N-alkanes characteristic of roughage from the sheep grazing system
in the Songnen Plain farming-pastoral zone**

SUN Hai-xia, ZHOU Dao-wei, LIU Chun-long

(Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Harbin 150081, China)

Abstract: Alkanes are saturated hydrocarbons in the cuticular wax of plants, which can be used as a marker for determination of dry matter intake and diet selection by grazing ruminants. The concentrations and profiles of alkanes from roughage (introduced and natural *Leymus chinensis* grassland, maize, and soybean residues), were analysed to provide basic data for research on grazing sheep in the farming-pastoral zone of the Songnen Plain. The n-alkane profiles of forage from grassland and crop residues were different from different species. In the range of C₂₁—C₃₅, the content of odd n-alkanes were more abundant than those of the even n-alkanes. Whole *L. chinensis* at different growth stages, *Echinochloa crusgalli*, and *Artemisia anethifolia* collected in May, *Sonchus bracyotus* growing in May and August, *Setaria viridis*, and stems, leaves, and pods of *Glycine max* and *Zea mays* crop residues, had the maximum alkane concentration for C₃₁. The concentration of C₂₉ n-alkanes was most abundant in *Iris ensata* and ear heads of *L. chinensis* and *E. crusgalli* in July while *A. anethifolia* had a maximum alkane concentration for C₂₇ in August.

Key words: sheep; grazing system; alkanes