

文章编号: 1007-0435(2002)02-0124-04

青藏高原不同海拔高度对禾本科 牧草体外消化率的影响*

徐世晓, 赵新全, 孙 平, 赵 伟, 赵同标

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

摘要: 利用大板山北坡 3200m~3800m 的海拔梯度, 分别在 3200m、3400m、3600m 和 3800m 处选取羊茅、一年生早熟禾和荩草用二级离体培养法测定其体外消化率。1999 和 2000 年测定结果表明, 随着海拔的升高, 3 种牧草的体外消化率呈增加趋势, 海拔从 3200m 升到 3800m, 羊茅、早熟禾、荩草的体外消化率分别增加 6.42、6.35、8.69 和 4.89、9.8 和 5.1 个百分点。显著性分析结果表明, 供试牧草的体外消化率与其生长的海拔高度之间的正相关关系差异显著 ($P < 0.05$)。

关键词: 大板山; 海拔; 羊茅; 早熟禾; 荩草; 体外消化率

中图分类号: S543 **文献标识码:** A

Altitude Impact on *Vitro* Digestibility of Gramineous Herbage Grown in Tibetan Plateau

XU Shi-xiao, ZHAO Xin-quan, SUN Ping, ZHAO Wei, ZHAO Tong-biao

(Northwest Plateau Institute of Biology, CAS, Xining 810001, China)

Abstract: Four sites that depend on different altitudes along northern slope of Daban Mountain were used to investigate the impacts of altitude of sites herbage grow on gramineous herbage *vitro* digestibility. Every 200m of each site were choosed from 3200m to 3800m. Three species of Tibetan Plateau gramineous herbage, such as *Festuca ovina*, *Poa annua*, *Koeleria cristata*, which grow n at different altitudes of Daban Mountain were selected to detemine *vitro* digestibility. The results obtanied from the experiment indicate that there are a positive correlation between herbage *vitro* digestibility and the altitude of sites herbage grow. based on the results of 1999 and 2000 *vitro* digestibility of *Festuca ovina*, *Poa annua*, *Koeleria cristata* increase 6.42 and 6.35, 8.69 and 4.89, 9.8 and 5.1 percent respectively as raise of altutude from 3200m to 3800m.

Key words: Daban Mountain; altitude; *Festuca ovina*; *Poa annua*; *Koeleria cristata*; *Vitro* digestibility

当前, 关于青藏高原不同海拔梯度牧草营养含量变化规律的研究比较普遍, 也得到了一系列规律性的研究成果, 认为随着海拔的升高牧草蛋白质、脂

肪及可溶性糖等营养物质含量升高^[1,2]。有关青藏高原不同海拔牧草体外消化率方面差异的研究尚未见报道, 而牧草消化率的测定是评价牧草营养价值的

收稿日期: 2001-11-08; 修回日期: 2002-02-07

基金项目: 国家基础研究规划项目(G1998040813); 国家自然科学基金项目(30070147)和中国科学院创新工程项目(KZCX₁-09-01)

作者简介: 徐世晓(1973-), 男, 青海乐都人, 硕士, 从事生态学方面研究。E-mail: xushixiao@sina.com.cn

一项关键工作; 本研究选取生长在不同海拔梯度的 3 种青藏高原禾本科牧草, 利用藏系绵羊瘤胃液进行二级离体消化实验, 探讨生长在不同海拔梯度的同种禾本科牧草体外消化率的差异。

1 材料与方法

1.1 自然概况

实验区域位于青海省北藏族自治州门源回族自治县和大通回族自治县交接的祁连山中支, 海拔 3100~4000m 的大板山北坡, 具有明显的高原大陆性气候特点, 冷季漫长寒冷而且干燥, 暖季短暂凉爽而湿润, 日温差大, 太阳辐射强烈。降水多集中于 5~9 月, 占全年的 80%。气温变幅大, 霜冻严重, 早霜出现早 (8 月 20 日左右), 晚霜结束迟 (7 月 18 日前后), 全年无霜期仅有一个月左右或无绝对无霜期^[3]。植被类型主要有高寒灌丛 (alpine shrub)、高寒草甸 (alpine meadow); 在滩地、山地阳坡分布着嵩草草甸 (*Kobresia meadow*), 其中矮嵩草草甸是该地区分布最普遍的类型之一^[4]。植物生长低矮, 高度一般为 5~15cm, 以矮蒿草为建群种, 群落结构简单, 一般为一层。植物营养丰富, 具有高蛋白、高脂肪、高无氮浸出物、高热值含量与低纤维等“四高一低”的特点, 草质柔软, 适口性好^[4~6]。

1.2 样品采集、处理

分别于 1999 年和 2000 年 8 月剪取供试牧草地上部分, 将样品置于 105℃ 烘箱烘 5min, 迅速杀死组织, 再在 70℃ 下烘干至恒重后保存。为了减小物候期对牧草营养含量的影响, 每年的采集都是 8 月 3 日从海拔 3200m 开始, 依次采集 3400m、3600m 和 3800m 处, 每 200m 的海拔梯度间采集时间相隔 7d, 牧草于草盛后期。烘干后的牧草粉碎成直径小于 1mm 粉末以增加消化液与样品的接触面积。

1.3 消化率测定

1963 年英国营养学家 Tilley 和 Terry 总结前人的经验, 提出反刍家畜二级离体消化实验法^[7], 经过不断改进和完善被公认是间接测定饲草常规体外消化率比较可靠的方法^[8]。通过瘘管从藏系绵羊体

内抽取的瘤胃液与精确配置的磷酸缓冲液混合, 同时通入 CO₂ 以营造瘤胃内厌氧微生物生活的无氧环境, 加入样品后密封并在 38~39℃ 恒温下培养, 模拟反刍动物瘤胃液的消化过程。第一阶段将样品在厌氧环境下培养 48h; 第二阶段用 pH 值为 2 的盐酸将细菌杀死并用蛋白酶再培养 48h 进行消化。然后, 把不消化的残渣滤出, 烘干并将其燃烧, 计算每种牧草的体外消化率^[9]。

2 结果与分析

通过二级离体消化实验测定 (第一样品重复 3 次) 结果表明, 供试牧草瘤胃液培养后的体外消化率与海拔高度之间存在显著的正相关 (表 1)。

表 1 不同海拔牧草体外消化率
Table 1 *Vitro* digestibility of herbage
at different altitudes

草种 Species	海拔 (m) Altitude (m)	消化率 (%) Digestibility (%)		相关性分析 Relativity analyze	
		1999	2000	1999	2000
羊茅 (<i>Festuca ovina</i>)	3800	48.86	48.35	r=0.942 P<0.01	r=0.981 P<0.05
	3600	45.79	46.37		
	3400	42.35	41.82		
	3200	42.44	42.00		
早熟禾 (<i>Poa annua</i>)	3800	69.39	66.82	r=0.939 P<0.01	r=0.886 P<0.05
	3600	69.69	67.38		
	3400	64.04	65.24		
落草 (<i>Koeleria cristata</i>)	3200	60.77	61.93	r=0.937 P<0.01	r=0.872 P<0.05
	3800	48.75	45.50		
	3600	45.43	46.83		
	3400	45.15	42.26		
	3200	38.95	40.40		

1999 年测定结果, 早熟禾、羊茅和落草的体外消化率与海拔高度的相关系数分别为 0.942、0.939 和 0.937, 差异极显著 (P<0.01)。2000 年测定结果, 羊茅、早熟禾和落草的体外消化率与海拔高度的相关系数分别为 0.891、0.886 和 0.872, 差异显著 (P<0.05)。

两年的实验数据表明, 随着海拔高度从 3200m 上升到 3800m, 羊茅、早熟禾和落草 3 种禾本科牧草体外消化率都表现出逐渐增加的趋势 (图 1, 2)。

3 结论与讨论

3.1 海拔高度与牧草营养含量变化

为了适应高寒气候,青藏高原牧草在长期的演化过程中形成一系列生态特征以适应生存的气候环境条件。植株低矮,根系粗壮发达但分布短浅平展(分布在0~10cm的土壤层中的根系占总根量的85%),叶片栅栏排列紧密层数增多,角质膜增厚^[1,10]。同时,生活在高海拔地区的牧草除了生态方面的适应以外,其生理及物质代谢方面同样具有独特的适应特征;蛋白质、脂肪及其碳水化合物等营养

物质含量的增加,可以增加细胞原生质浓度,从而降低冰点,提高抗寒能力,适应海拔的寒冷气候^[11]。所以生活在高海拔地区的植物营养组分中蛋白质、脂肪等可以提高其抗寒能力的营养成分将有所增加。在小麦、苜蓿和马铃薯等植物中已经证实,植物对低温寒冷生存环境的适应是在低温锻炼过程中蛋白质、碳水化合物、核酸和脂类等代谢物质发生生物化学变化,参与抗冻性生理过程,在寒冷环境下起到保护作用^[2,6]。韩发等对青藏高原不同海拔矮高草蛋白质、脂肪和淀粉含量的研究发现,随着海拔高度的升高牧草蛋白质、脂肪和淀粉含量呈现非常明显的增加趋势^[6]。

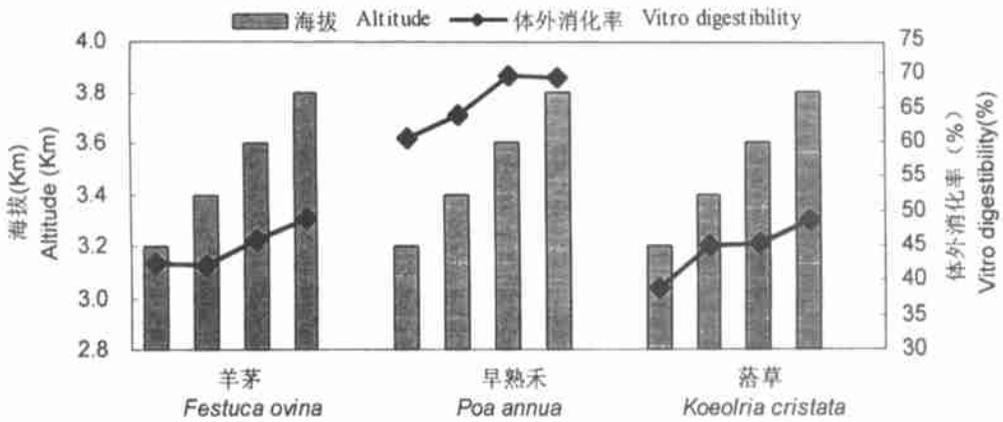


图1 不同海拔牧草体外消化率(1999年)

Fig. 1 *Vitro* digestibility of herbages at different altitudes (1999)

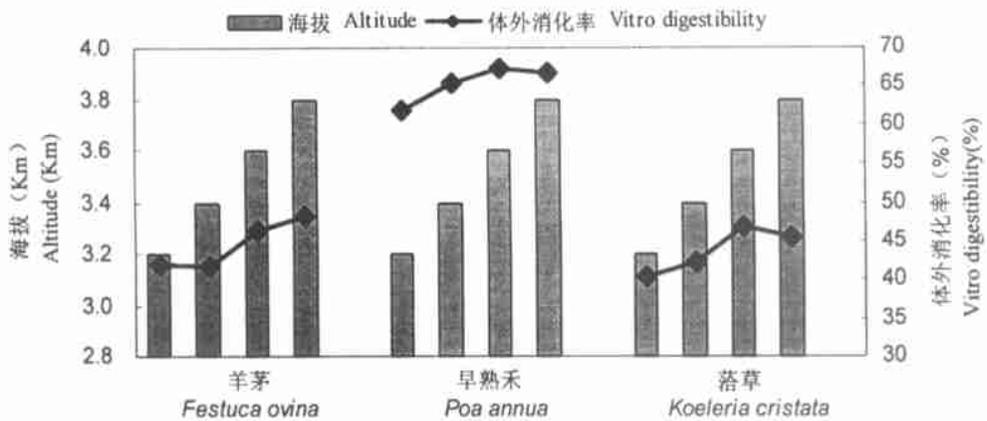


图2 不同海拔牧草体外消化率(2000年)

Fig. 2 *Vitro* digestibility of herbage at different altitudes (2000)

3.2 海拔与牧草体外消化率

气温的高低与牧草呼吸强度存在明显正相关, 气温升高呼吸强度增强, 牧草通过光合作用积累的干物质, 尤其是可溶的非结构性碳水化合物消耗增加, 而难溶的结构性碳水化合物(纤维素、半纤维素、木质素等)的含量就会相对增加, 从而消化率下降。随着海拔升高气温不断下降, 牧草呼吸强度相对减弱, 粗蛋白、粗脂肪以及可溶的非结构性化合物消耗减少^[12], 难溶的结构性碳水化合物含量相对减少, 有利于牧草的消化分解, 因此, 随着海拔高度的增加牧草体外消化率呈现增加趋势。

通过 1999 和 2000 年对生长在不同海拔高度 3 种禾本科牧草体外消化率的研究结果表明, 青藏高原禾本科牧草体外消化率与其生长的海拔高度之间存在明显的正相关关系, 随着海拔升高牧草体外瘤胃液培养后的体外消化率也随之增加。

参考文献

- [1] 王勋陵, 王静 植物形态结构与环境[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1989 105~ 138
- [2] 韩发, 贲桂英, 师生波 青藏高原不同海拔矮嵩草抗逆性的比较

研究[J]. 生态学报, 1998, 18(6): 654~ 659

- [3] 李英年 中国科学院北海高寒草甸生态系统定位站气候概述[J]. 资源生态环境网络研究动态, 1998, 9(3): 30~ 33
- [4] 周兴民, 王质彬, 杜庆 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987 146~ 147
- [5] 中国科学院西北高原生物研究所 青海经济植物志[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987 736~ 758
- [6] 韩发, 贲桂英, 师生波 青藏高原不同海拔高度矮嵩草蛋白质、脂肪和淀粉含量的变异[J]. 植物生态学报, 1997, (2): 97~ 104
- [7] Tilley J M A, Terry R A. A two stage technique for the in vitro digestion of forages[J]. Journal of British Grassland Society, 1963, 18: 104~ 111
- [8] 刘金祥, 胡自治, 梁秀, 等 高山草原绵羊放牧生态及消化代谢系列研究III 放牧绵羊食入牧草消化动态及其限制性因素分析[J]. 草业科学, 2001, 18(2): 28~ 31
- [9] 赵义斌, 胡令浩 动物营养学[M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 1992 149~ 151
- [10] 王为义 高山植物结构特异性的研究 高原生物学集刊第4集[M]. 北京: 科学出版社, 1985 20~ 30
- [11] 简令成 植物抗寒性的细胞及分子生物学进展[J]. 细胞生物学进展, 1990, 2: 296~ 320
- [12] 张树源, 马章英 青藏高原夜间低温对几种牧草的生理学影响[A]. 见: 夏武平: 中国科学院西北高原生物研究所北海高寒草甸生态系统定位站论文集 高寒草甸生态系统[C]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1982 52~ 57