

刈割强度对冷蒿可溶性碳水化合物含量的影响

王 静^{1,2}, 杨 持^{1*}, 韩文权¹, 刘美玲¹

(1. 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021; 2. 包头师范学院, 包头 014030)

摘要:通过对播种、移植于大小不同花盆的 1 年龄和多年龄冷蒿进行刈割实验, 探讨冷蒿在不同刈割强度下可溶性碳水化合物含量和库的变化。结果表明, 在不同的刈割强度下, 冷蒿可溶性碳水化合物含量表现为: 刈割 1/4 和刈割 2/4 比不进行刈割和刈割 3/4 高, 可溶性碳水化合物库表现为: 刈割 1/4 > 对照 > 刈割 2/4 > 刈割 3/4; 刈割后在不同的资源与空间, 冷蒿体内可溶性碳水化合物含量和可溶性碳水化合物库均表现为: 大盆 > 小盆 > 移栽盆; 在不同的刈割强度下生物量发生明显的变化, 刈割 1/4 冷蒿生物量比对照增加, 出现超补偿生长, 刈割 3/4 生物量降低, 出现欠补偿生长。说明适度的干扰有利于冷蒿碳水化合物、生物量的积累; 可利用资源、空间越多, 可溶性碳水化合物含量越高。可溶性碳水化合物库的变化趋势与再生生长的趋势一致, 说明可溶性碳水化合物库可以表征再生生长能力。

关键词:冷蒿; 刈割强度; 可溶性碳水化合物含量; 可溶性碳水化合物库

Effects on water-soluble carbohydrate of *Artemisia frigida* under different defoliation intensities

WANG Jing^{1,2}, YANG Chi^{1*}, HAN Wen-Quan¹, LIU Mei-Ling¹ (1. Department of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia University, Huhhot 010021, China; 2. Baotou Teacher's College, Baotou 014030, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(5): 908~913.

Abstract: A defoliation study to imitate grazing was undertaken to research the variance of water-soluble carbohydrate (WSC) of *Artemisia frigida* and WSC pool under different defoliation intensities. *A. frigida* were arranged in different flowerpots. Material I (M_1) was sown into big flowerpot ($d = 40\text{cm}$, $h = 25\text{cm}$), material II (M_2) was that M_1 which was removed to small flowerpot ($d = 20\text{cm}$, $h = 13\text{cm}$), material III was removed into small flowerpot from the Inner Mongolia Grassland Ecosystem Research Station, The Chinese Academia Sinica. On July 7th, 2000, plants underwent varying defoliation: 1. no defoliation (CK); 2. defoliate each tiller 1/4, ($D_{1/4}$); 3. defoliate each tiller 2/4, ($D_{2/4}$); 4. defoliate each tiller 3/4, ($D_{3/4}$). Sep. 30, 2000, plants were harvested, stoved and dry weight were measured, WSC were analysis. The results showed: WSC of *A. frigida* of $D_{1/4}$ and $D_{2/4}$ were higher than that of CK and $D_{3/4}$. As to *A. frigida* status WSC of $D_{1/4}$ were higher than $D_{2/4}$. But to perennial *A. frigida*, WSC of $D_{2/4}$ were higher than that $D_{1/4}$. In all treat the highest WSC is 17.76mg/g, which was $D_{1/4}$ of M_1 in big flowerpot where there was more water and nutrition, the lowest was 8.50mg/g, which was CK of M_2 in small

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000048704); 国家自然科学基金资助项目(39760020)

收稿日期: 2002-07-06; 修订日期: 2003-03-10

作者简介: 王 静(1969~), 女, 博士生, 主要从事植物生态学研究。

* 通信作者 Author for correspondence, E-mail: Yangchi@mail.imu.edu.cn

Foundation item: National Key Basic Reserch Special Foundation Project (G2000048704), the National Natural Science Foundation of China(39760020)

Received date: 2002-07-06; Accepted date: 2003-03-10

Biography: WANG Jing, Ph. D. candidate, mainly engaged in plant ecology.

flowerpot. It indicated defoliation could increase WSC, the more source and space plants could use, the better plants regrowth after defoliation would be. The perennial *A. frigida* had stronger defoliation-resistance than status. Biomass of *A. frigida* increased after defoliation 1/4, and occurred over-compensatory growth, but decreased after defoliation 3/4, and occurred under-compensatory growth. In good resource and space condition (in big flowerpot) over-compensatory growth occurred after defoliation 2/4, but in bad resource and space condition (in small flowerpot) under-compensatory growth occurred. So, *A. frigida* occurred over-compensatory growth when they were in good condition and moderate defoliation. After defoliation, the WSC pools (WSC contents \times biomass) of defoliation 1/4 increase, that of defoliation 3/4 reversed. The change of WSC pools had the same trend with regrowth. Therefore, WSC pools could indicate the ability of regrowth.

Key words: *Artemisia frigida*; defoliation intensities; water-soluble carbohydrate content; water-soluble carbohydrate pool

文章编号:1000-0933(2003)05-0908-06 中图分类号:Q948.1 文献标识码:A

冷蒿(*Artemisia frigida*)是一种菊科小半灌木,耐啃食、耐践踏、返青早、凋落晚,是牧场冬、春季牧草缺乏时的主要牧草^[1]。李永宏曾对内蒙古锡林河流域羊草和大针茅草原在放牧影响下的分异和趋同进行研究,认为内蒙古高原典型草原地带性的羊草草原及大针茅草原在连续多年的强度放牧压力下均可退化演替为冷蒿草原群落^[2]。汪诗平等对不同放牧率下冷蒿小禾草草原放牧演替规律与数量分析的研究中指出,冷蒿小禾草退化草原只是放牧演替阶段中的一个相对稳定阶段或“阈值”,即如果牧压维持在某一水平不再加重,则将保持草原现状持续下去;否则,若持续重牧或过牧,冷蒿小禾草草原难以维持,最终退化或趋同于星毛萎陵菜草原群落,并面临荒漠化和沙化的危险^[3]。许多研究者在冷蒿的重要性方面都达成共识。因此,对冷蒿进行了深入的研究^[4~6]。刘美玲、杨持^[5]研究了不同干扰强度对冷蒿再生生长的影响,结果表明,适度刈割冷蒿枝条有利于再生生长。那么再生生长的能源基础是什么?

传统上衡量刈割植物再生能力有两个标准,一是要有活跃的分生组织来再生枝条;二是要有足够的碳水化合物贮存^[7~9]。Davies 和 Alberdla 研究表明,多年生黑麦草被刈割后,如果残茬中 WSC 含量低于一定水平,其再生将受到阻碍^[10,11]。Danckwerts 和 Gordon 用¹⁴C 追踪研究黑麦草时发现,刈割促使 WSC 增加,并分配给叶、根和蘖,以维持其生长和萌发^[12]。许多研究也都证明了牧草再生性能(包括再生次数和再生速率)强弱与其贮存的碳水化合物含量关系密切。但多数研究是以丛生禾草为研究对象,对放牧有指示作用的冷蒿的研究尚未见报道。本文通过刈割实验,探讨不同刈割强度对冷蒿可溶性碳水化合物含量和可溶性碳水化合物库的影响,揭示冷蒿再生生长的能量基础,为牧场的合理利用和退化草原恢复提供理论依据。

1 研究方法

1.1 实验材料

2000 年 5 月 13 日在大花盆($D=40\text{cm}$, $H=25\text{cm}$)中播种冷蒿,共播 28 盆。18d 后开始出芽。在细心管理下冷蒿生长旺盛,此为实验材料 I (M_1)。2000 年 7 月 7 日,把大盆中的部分冷蒿移栽到 60 个小花盆($D=20\text{cm}$, $H=13\text{cm}$)中,此为实验材料 II (M_2)。2000 年 7 月 20 日,在冷蒿生长稳定后进行间苗。大盆中保持每盆 4~5 株,小盆中保持每盆 1~2 株,以满足有充足的阳光。1998 年 8 月从锡林郭勒草原生态系统定位研究站移回整株多年龄冷蒿,植入 30 个小花盆($D=20\text{cm}$, $H=13\text{cm}$)中,经几年的细心管理,每年在花盆中过冬,并在来年春天 5 月份返青。2000 年返青的冷蒿为实验材料 III (M_3)。把这 3 种生长状况的冷蒿再各自分成 4 组,以备刈割试验。

1.2 实验处理

2000 年年历数据对 M_1 、 M_2 、 M_3 分别进行刈割试验:(1)第 1 组,作为对照不进行刈割,以模拟无牧;(CK)。(2)第 2 组,刈割 1/4,即剪掉每根枝条长度的 1/4,以模拟轻牧(D1/4)。(3)第 3 组,刈割 2/4,剪掉

每根枝条的 2/4,以模拟中牧(D_{2/4})。(4) 第 4 组,刈割 3/4,剪掉每根枝条的 3/4,以模拟重牧(D_{3/4})。

2000 年 9 月 30 日对 12 种处理取样,将样品地上和地下部分分开,地下部分用清水冲洗干净,在 65℃ 下烘至恒重,称出每种处理冷蒿样品的重量,用小型粉碎机将各种处理的冷蒿样品分别粉碎和装袋,供分析碳水化合物含量使用。

1.3 样品分析

每个样品准确称取 0.5g,用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[13]测定可溶性碳水化合物含量。不同处理均重复测定 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同刈割强度对冷蒿可溶性碳水化合物含量的影响

如图 1 所示,1 年龄冷蒿(M₁、M₂)在不同刈割强度下可溶性碳水化合物含量表现为:D_{1/4}>D_{2/4}>D_{3/4}>CK。多年龄冷蒿 M₃ 在不同刈割强度下,可溶性碳水化合物含量的变化表现为:D_{2/4}>D_{1/4}>D_{3/4}>CK。表明刈割可以提高冷蒿可溶性碳水化合物的含量,并且刈割 1/4 和刈割 2/4 时可溶性碳水化合物含量比刈割 3/4 和不刈割高。

t-检验表明,对照和刈割 1/4、对照和刈割 2/4 之间冷蒿可溶性碳水化合物含量差异显著(P<0.05),其中对照和刈割 1/4 之间差异极显著(P<0.01);刈割 1/4、刈割 2/4 和刈割 3/4 之间的差异显著(P<0.05),刈割 1/4 与刈割 3/4 之间极显著(P<0.01);对照和刈割 3/4 处理之间的差异不显著,刈割 1/4 和刈割 2/4 处理之间的差异不显著。

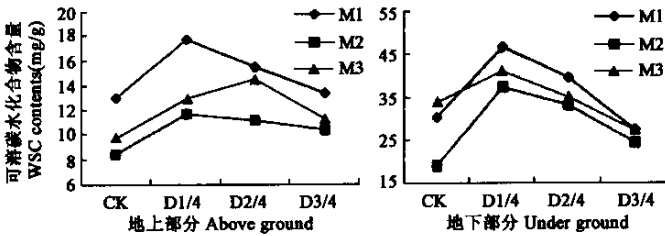


图 1 不同刈割强度下冷蒿可溶性碳水化合物含量的变化

Fig. 1 Changes of water-soluble carbohydrate content of *A. frigida* in different defoliation intensities

在相同的刈割强度下,不同的资源与空间对冷蒿可溶性碳水化合物的含量有显著的作用(图 2)。冷蒿的可溶性碳水化合物含量表现为:M₁(生长于大盆的 1 年龄冷蒿)最高,M₃(生长于小盆的多年龄冷蒿)次之,M₂(生长于小盆的 1 年龄冷蒿)含量最低,且 M₃ 与 M₂ 较接近。t-检验也表明 M₁-M₃,M₁-M₂ 的差异极显著(P<0.01),而 M₂-M₃ 间的差异不显著。

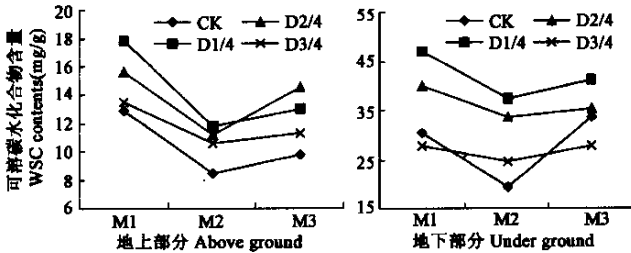


图 2 不同资源与空间冷蒿可溶性碳水化合物含量的变化

Fig. 2 Changes of water-soluble carbohydrate content of *A. frigida* in different source and space

M₁ 生长于大盆,大盆容积大(约为小花盆容积的 8 倍),土层厚,表体比小,土壤蒸发量小,土壤养分、水分状况较小花盆良好。大盆土壤为冷蒿提供了更多的可利用资源(有机质、无机矿物质、根部空气、水

等)与空间,因而 M_1 能够高效地利用光能,生产出更多的可溶性碳水化合物。相反, M_2 和 M_3 生长于小花盆,由于土层较薄,土壤蒸发量高,土壤养分、水分条件差,可以利用的资源相对要少,导致冷蒿光合作用受阻,体内的可溶性碳水化合物含量低。另外,同样生长于小盆的冷蒿 M_2 比 M_3 可溶性碳水化合物含量略低。这可能是因为 M_2 的冷蒿是从大盆中移栽的,在移栽过程中根系被部分破坏,根系吸收水分和养分的表面积减少,在冷蒿的修复过程中,光合效率降低的结果。

2.2 不同刈割强度对冷蒿生物量的影响

在不同的刈割强度下,冷蒿的生物量发生明显的变化(图 3)。

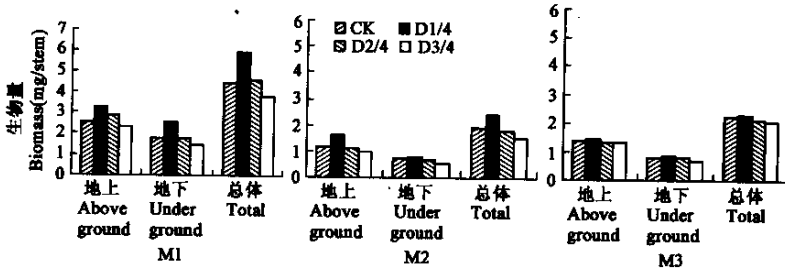


图 3 不同刈割强度下冷蒿生物量的变化

Fig. 3 Changes of biomass of *A. frigida* under different defoliation intensities

在资源、空间较好的大盆, M_1 刈割 1/4 和 2/4 生物量高于 CK, 出现超补偿生长; 刈割 3/4 的冷蒿生物量低于对照, 出现欠补偿生长。而在相对资源与空间较差的小盆中的 M_2 、 M_3 刈割 1/4 略高于对照, 而刈割 2/4、3/4 均低于对照, 出现欠补偿生长。

2.3 不同刈割强度对冷蒿可溶性碳水化合物库的影响

碳水化合物库是植物某一部分碳水化合物含量乘以该部分生物量。Lacey 等认为碳水化合物库能更好地表明植物能量的贮藏^[14]。如图 4 所示, 在不同刈割强度下冷蒿可溶性碳水化合物库的变化规律为: 刈割 1/4 冷蒿可溶性碳水化合物库最大, 刈割 2/4 次之, 刈割 3/4 最小。其中刈割 2/4 与对照接近。

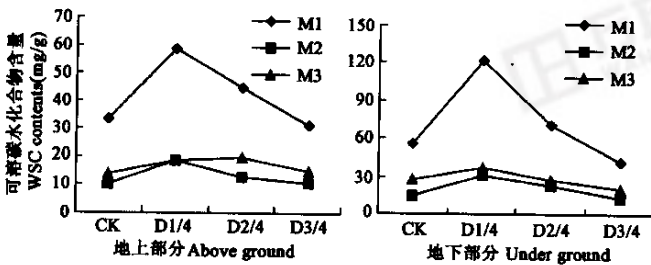


图 4 不同刈割强度下冷蒿可溶性碳水化合物库的变化

Fig. 4 Changes of water-soluble carbohydrate pool of *A. frigida* under different defoliation intensities

在相同的刈割强度下, 生长于不同资源与空间的冷蒿 M_1 的可溶性碳水化合物库明显高于 M_2 和 M_3 , M_2 和 M_3 之间差异不大(图 5)。

3 讨论

刈割使植物叶面积指数(LAI)大幅度降低, 植物冠层净光合速率(NPR)也随之减少, 植物冠层微气候得到改善(主要是光、热、水等条件); 植物根/冠比增大, 地下部分向上输送养分增多; 单位资源(光、热、水等)支持的地上部分生活物质减少, 资源过盛驱动植物生产更多的生活物质; 再生叶片幼嫩, 有较强的光合效率。因此, 再生叶片的光合作用, 使可溶性碳水化合物含量增加^[15]。但是不同的刈割强度对碳水化物的积累有较大的影响。Donaghy 和 Fulkerson 在对多年生黑麦草进行刈割实验, 3 叶龄的植株分别留茬

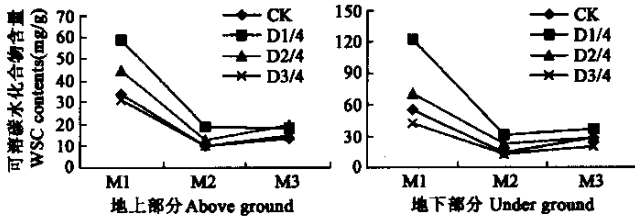


图5 不同资源与空间冷蒿可溶性碳水化合物库的变化

Fig. 5 Changes of soluble carbohydrate pool of *A. frigida* in different source and space

50mm 和 20mm, WSC 分别为 1.21mg/tiller 和 0.39mg/tiller, 前者是后者的 3.1 倍^[16]。本实验中 M₁ 刈割 1/4 WSC 含量为 17.76mg/g, 是刈割 3/4 WSC 含量 12.49mg/g 的 1.32 倍。说明适度的刈割有利于 WSC 的积累。

不同年龄冷蒿对刈割的反应不同。1 年龄冷蒿 M₂ 的 WSC D_{1/4} > D_{2/4}, 而多年龄冷蒿 M₃ 的 WSC D_{2/4} > D_{1/4}, 这可能是多年龄冷蒿残茬和地下部分积累的物质多, 在刈割后的再生生长中, 可以提供较多的碳水化合物的缘故。在 Donaghy 和 Fulkerson 的刈割实验^[16]中, 刈割 1 叶龄和 3 叶龄的黑麦草也得到了相同的结果。因此, 多年龄冷蒿的抗刈割能力强于 1 年龄。

不同年龄和生长状况的冷蒿被刈割后, 刈割 1/4 组均出现超补偿生长, 刈割 3/4 组均出现欠补偿生长。如果可利用的资源与空间条件良好, WSC 含量、WSC 库和生物量较高, 植物补偿生长能力强, 如生长于大盆的 M₁ 刈割 2/4 出现超补偿生长, 而生长与小盆的 M₂、M₃ 刈割 2/4 则出现欠补偿生长。安渊等在对大针茅草原放牧研究中发现, 草群落在 47% 被采食后出现最大补偿生长量, 当采食量超过 55% 并继续增加时表现欠补偿生长。而且在降雨不足情况下, 随着牧草采食量的提高, 草群表现出欠补偿生长^[17]。由此可见, 植物的补偿生长方式主要由刈割(放牧)强度和资源与空间条件决定。

碳水化合物是植物再生能源, 与碳水化合物含量相比, 碳水化合物库大小可能是反映能量贮存的主要方式。虽然冷蒿在不同刈割强度下, 可溶性碳水化合物含量比对照有所增加, 但是, 刈割使冷蒿光合作用受到不同程度的损失, 特别是刈割 2/4、刈割 3/4, 再生生长受到阻碍, 所以可溶性碳水化合物库呈现出在刈割 1/4 时增大, 刈割 3/4 降低。另外, 在资源匮乏的情况下, 可溶性碳水化合物库下降幅度更大。这与生物量及一些表征再生的指标的变化相一致。

由此可见, 适度的刈割使冷蒿的可溶性碳水化合物含量、可溶性碳水化合物库和生物量增加, 过度的刈割使之下降。因此, 在畜牧业生产中只有适度利用草地资源, 才能使退化草原进行恢复演替, 并使畜牧业生产获得较高效益。过度利用冷蒿草原, 将阻碍碳水化合物及生物量的积累, 使冷蒿草原向星毛委陵菜草原群落类型发展, 从而加剧草原荒漠化、沙化的危险。

4 结论

4.1 冷蒿在不同刈割强度下, 地上部分可溶性碳水化合物的含量均有所增加。其中, 在刈割 1/4 和刈割 2/4 冷蒿可溶性碳水化合物含量增加较多, 刈割 3/4 可溶性碳水化合物含量增加较少。1 年龄冷蒿刈割 1/4 WSC 含量最高, 多年龄冷蒿在刈割 2/4 WSC 含量最高。地下部分可溶性碳水化合物的含量在刈割 1/4 和刈割 2/4 刈割下比对照增加, 但刈割 3/4 可溶性碳水化合物的含量降低。

4.2 随着刈割强度的增加可溶性碳水化合物库减小, 即刈割 1/4 最大, 刈割 2/4 次之, 刈割 3/4 最小, 刈割 2/4 WSC 库与对照接近。

4.3 不同资源与空间对冷蒿可溶性碳水化合物的积累有显著影响。可利用的资源与空间多, 冷蒿可溶性碳水化合物含量、可溶性碳水化合物库和生物量增加, 反之则降低。

4.4 适度刈割使冷蒿出现超补偿生长, 过度刈割使之出现欠补偿生长。

References: 万方数据

[1] Nei Mongol-Ning Xia integrated investigation team, CAS. *Vegetation of Inner Mongolia*. Beijing: Science Press,

1985. 631.
- [2] Li Y H. The divergency and convergence of *Aneurolepidium chinense* Steppe and *Stipa grandis* steppe under the grazing influence in Xilin River valley, Inner Mongolia. *Acta Phytocologica E T Geobotanica Sinica*, 1998, **12** (3): 189~196.
- [3] Wang S P, Li Y H, Wang Y F, et al. The succession of *Artemisia frigida* rangeland and multivariation analysis under different stocking rates in Inner Mongolia. *Acta Agrestia Sinica*, 1998, **6**(4): 299~305.
- [4] Yang C, Bao Yintogeto, Li L. Variation of module of *Artemisia frigida* population under different grazing intensities. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(3): 405~408.
- [5] Liu M L, Yang C. Effect of regenerate growth of *Artemisia frigida* under different disturbing intensities. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol*, 2002, **33**(4): 446~451.
- [6] Bao Yin taogetao, Li Y M, Jia J M, et al. The change of feature of the generative propagation of *Artemisia frigida* under different grazing gradients. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol*, 2000, **31**(3): 311~313.
- [7] Xia J X, Fan F H, Wang P. Effect of defoliation on carbohydrate reverse content of pasturage. *Acta Agrestia Sinica*, 1994, **2**(1): 45~55.
- [8] Wan C G. Grassland plant regeneration, energy and others *Overseas pasturage-Grassland and pasturage*, 1990, **2**: 39~41.
- [9] Bai Y F, Xu Z X, Duan C Q, et al. A study on the distribution of carbohydrate reserves in the plant of typical steppe. *Grassland of China*, 1996,(1): 7~9.
- [10] Davies A. Carbohydrate levels and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 1965, **65**: 213~221.
- [11] Alberdla T H. The influence of reserve substance on dry matter production after defoliation. *Proceedings of the 10th International Grassland Congress*, Heisinki, Finland, 1966. 140~147.
- [12] Danckwerts J E, Gordon A J. Long-term partition, storage and re-mobilisation of ¹⁴C assimilated by *Lolium perenne* (cv. Melle). *Annals of Botany*, 1987, **59**: 55~66.
- [13] Department of biology, Beijing University. *A guide to biochemistry experiment*. Beijing: Higher education press, 1987. 22.
- [14] John R. Lacey, Kathrin M Olson-rutz, et al. Effects of defoliation and competition on total nonstructural carbohydrates of spotted knapweed. *J. Range Manage.*, 1994, **47**: 481~484.
- [15] Hou F J. Effect of grazing on photosynthesis and respiration of herbage and on its absorption and transportation of nitrogen and carbon. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, **12**(6): 938~942.
- [16] Donaghy D J, Fulkerson W J. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. *Grass and forage science*, 1998, **53**: 211~218.
- [17] An Y, Li B, Yang C, et al. Plant compensatory growth and grassland sustainable use. *Grassland of China*, 2001, **23**(6): 1~5.

参考文献:

- [1] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被. 北京: 科学出版社, 1985. 631.
- [2] 李永宏. 内蒙古锡林河流域羊草草原和大针茅草原在放牧影响下的分异和趋同. *植物生态学和地植物学学报*, 1988, **12**(3): 189~196.
- [3] 汪诗平, 李永宏, 王艳芬, 等. 不同放牧率下冷蒿小禾草原放牧演替规律与数量分析. *草地学报*, 1998, **6**(4): 299~305.
- [4] 杨持, 宝音陶格涛, 李良. 冷蒿种群在不同放牧强度胁迫下构件的变化规律. *生态学报*, 2001, **21**(3): 405~408.
- [5] 刘美玲, 杨持. 不同干扰强度对冷蒿再生生长的影响. *内蒙古大学学报*, 2002, **33**(4): 446~451.
- [6] 宝音陶格涛, 李艳梅, 等. 牧压梯度下冷蒿有性繁殖器官变化特征的观察分析. *内蒙古大学学报(自然科学版)*, 2000, **31**(3): 311~313.
- [7] 夏景新, 樊变成, 王培. 刈割对牧草贮藏碳水化合物含量变化的影响. *草地学报*, 1994, **2**(1): 45~55.
- [8] 万长贵. 草原植物再生、能源及其他. *国外畜牧学——草原与牧草*, 1990, **2**: 39~41.
- [9] 白永飞, 许志信, 段淳清, 等. 典型草原主要牧草植物贮藏碳水化合物分布部位的研究. *中国草地*, 1996, (1): 7~9.
- [13] 北京大学生物系. *生物化学实验指南*. 北京: 高等教育出版社, 1987. 22.
- [15] 侯扶江. 放牧对牧草光合作用、呼吸作用和氮、碳吸收与转运的影响. *应用生态学报*, 2001, **12**(6): 938~942.
- [17] 安渊, 李博, 杨持, 等. 植物补偿生长和草地可持续利用研究. *中国草地*, 2001, **23**(6): 1~5.