



高寒草甸生态系统微气候和植物的 生理生态反应*

V. 高寒草甸几种植物非结构性 碳水化合物昼夜变化规律的研究

韩发 贵桂英 师生波

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

对高寒草甸几种典型植物的根、茎、叶可溶性糖和淀粉含量以及气候因子昼夜变化的研究表明。白昼植物体内的非结构性碳水化合物累积增加,夜间减少。昼夜间非结构性碳水化合物含量呈现规律性变化。其中矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 和垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 体内的非结构性碳水化合物含量变化明显。与昼夜温度和大气相对湿度等的变化节律密切相关。同时表明,根、茎、叶组织之间的非结构性碳水化合物含量存在一定差异。其中可溶性糖的积累量为叶>茎>根;淀粉积累量为根>茎>叶。麻花艹 (*Gentiana straminea*) 与前两者有所不同。3种植物体内的非结构性碳水化合物含量的昼夜变化规律均受温度和大气湿度的影响。

关键词: 非结构性碳水化合物; 可溶性糖; 淀粉; 昼夜变化

非结构性碳水化合物是植物生长发育,新陈代谢的主要能量来源和物质合成的基础。已有证明,植物体内的非结构性碳水化合物不仅对作物的生产起着重要作用,同时有利于提高植物的耐冻性,抗逆性和再生能力 (Singn 等, 1980; 田村良文, 1987; Fank 等, 1991)。非结构性碳水化合物的积累随着植物的生长及其生理过程的改变会发生有节律的

* 中国科学院院内择优支持项目及海北高寒草甸生态系统定位站基金项目。

变化。这种变化除了由种的生理特性所决定和受酶、激素等的调节外，同时受着环境因子的重要影响 (Harold 等, 1991)。目前，以农作物为对象研究非结构性碳水化合物的累积与抗逆性关系的报道不少。但对高寒牧草的研究还未见报道。本试验通过观测分析，试图对青藏高原高寒草甸主要牧草在独特的自然生态条件下，非结构性碳水化合物累积的昼夜变化规律以及与抗寒性的关系进行探讨。为研究高寒草甸生态系统的结构与功能，进一步合理利用，改造和提高高寒草甸草场的初级生产力提供生理依据。

材料与方 法

本试验在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位观测站进行，该地区的自然概况在《高寒草甸生态系统定位站文集》的其他各篇中均有报道，在此不再赘述。

1. 材 料

供试材料选用中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区的矮嵩草 (*K. humilis*)、垂穗披碱草 (*E. nutans*) 和麻花艹 (*G. straminea*) 三种植物。

作者于1991—1993年7—9月的植物生长期定时进行取样，并且观测气候因子。为使所取的样品具有代表性，预先选好标准样地，在晴朗的昼夜间采样。具体步骤为：48小时内每3小时取1次样，重复三次每次将各组样品带回室内，将根、茎、叶分开，再洗净，放在110℃的烘箱内烘15分钟，迅速杀死材料后，在70℃下通风干燥，干燥样品磨碎过筛，进行非结构性碳水化合物含量分析。同时观测气温、地表温度、土壤温度（测5厘米，10厘米，15厘米和20厘米深处的土温）、土壤含水量、大气相对湿度和太阳辐射强度。

2. 测定方法

可溶性糖含量按照蒽酮比色法测定。

淀粉含量参照华东师范大学生物系植物生理教研组 (1980) 方法提取。取测糖所剩的残渣烘干，放入25毫升的具塞试管中，加0.7N HCl 10毫升，在沸水煮提2.5小时后冷却，过滤到三角瓶中，加5—6滴酚酞，以1N NaOH 中和，然后加活性炭脱色，再过滤到100毫升容量瓶中定容，用蒽酮比色法测糖以定淀粉含量。

大气相对湿度和温度采用 WHM1型温湿度表进行测定。

土壤温度用土壤温度计测定。

太阳辐射强度用 LR-188B 量子/辐射/照度计测定。

结果与分析

1. 昼夜间植物体内可溶性糖的变化

从7月中旬对垂穗披碱草、矮嵩草和麻花艹三种植物组织根、茎、叶可溶性糖含量的测定结果表明，这三种植物体内可溶性糖含量的昼夜变化规律明显不同。从图1和图2中可看出垂穗披碱草和矮嵩草的根、茎、叶可溶性糖含量的昼夜变化趋势一致。从早晨6:00点

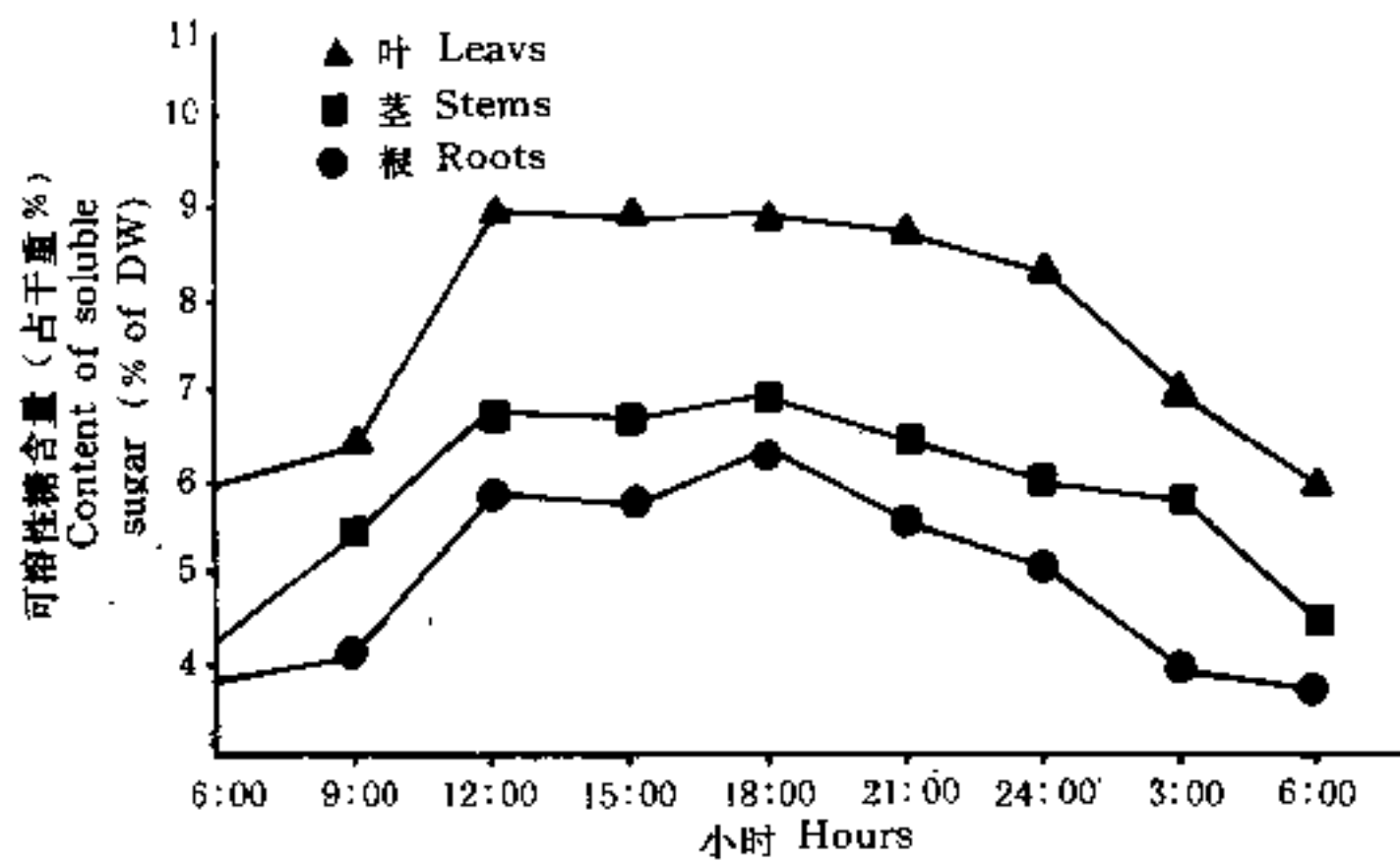


图1 垂穗披碱草根、茎、叶可溶性糖含量的昼夜变化
Fig. 1 Daily changes of the content of soluble sugar in roots, stems and leaves of *E. nutans*

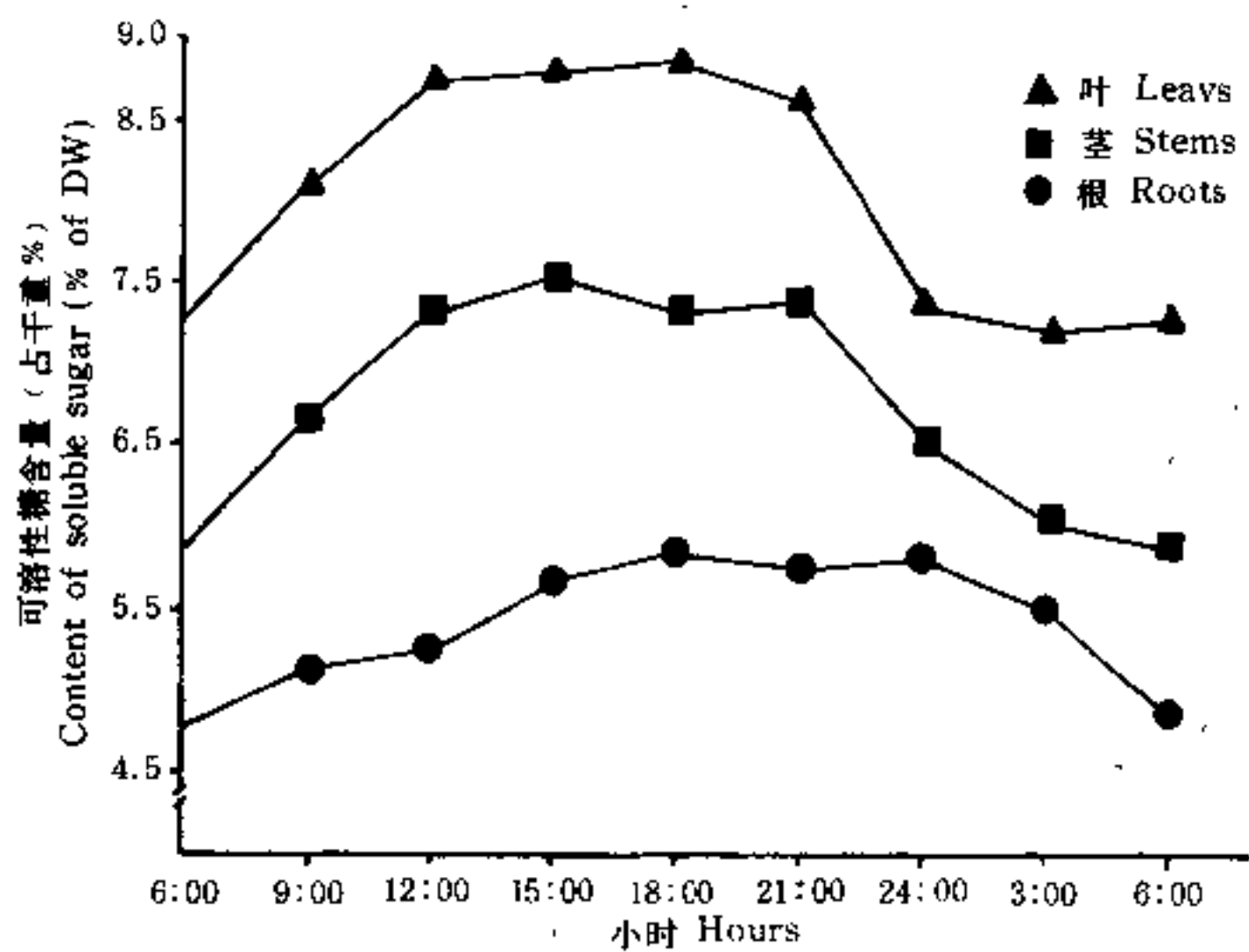


图2 矮嵩草根、茎、叶可溶性糖含量的昼夜变化
Fig. 2 Daily changes of the content of soluble sugar in roots, stems and leaves of *K. humilis*

多(日出)根、茎、叶组织中的可溶性糖开始增加,到傍晚8:00点多达到高峰。21:00点以后,逐渐下降。直至第二天日出之前降到最低值,此后又开始积累。昼夜间植物体内可溶性糖含量的变化呈规律性循环。

在24小时内植株各组织中所积累的可溶性糖含量有所波动。其中垂穗披碱草的叶组

织中含量为9.2%，茎为7.1%，根为6.5%。矮嵩草的叶、茎、根组织中的含量分别是9.6%，8.4%和6.8%。此外，各组织中可溶性糖含量峰值出现的时间也不同，垂穗披碱草中叶和茎的最高含量出现时间在12:00点左右，根在18:00点，矮嵩草中叶、茎、根的最高含量分别出现在12:00点，15:00和18:00点。

从图1和图2还可看出，不论是白昼还是夜间，矮嵩草和垂穗披碱草的叶组织中可溶性糖含量始终最高，茎次之，根最低。整个昼夜期间其含量的增加幅度和组织间的差异顺序为：叶>茎>根。从图3看出，麻花苻的叶、茎、根可溶性糖含量的昼夜变化规律与前两者有所差别。3种组织中糖含量的基本变化趋势表现为早晨3:00—9:00点处于下降状态，9:00点以后开始逐渐积累增加，24:00点出现低谷，3:00点出现高峰值。麻花苻与前2种植物相比，各组织之间糖的昼夜变化却具有一定波动，但不明显。各组织中所积累糖含量的多少顺序为：根>茎>叶。

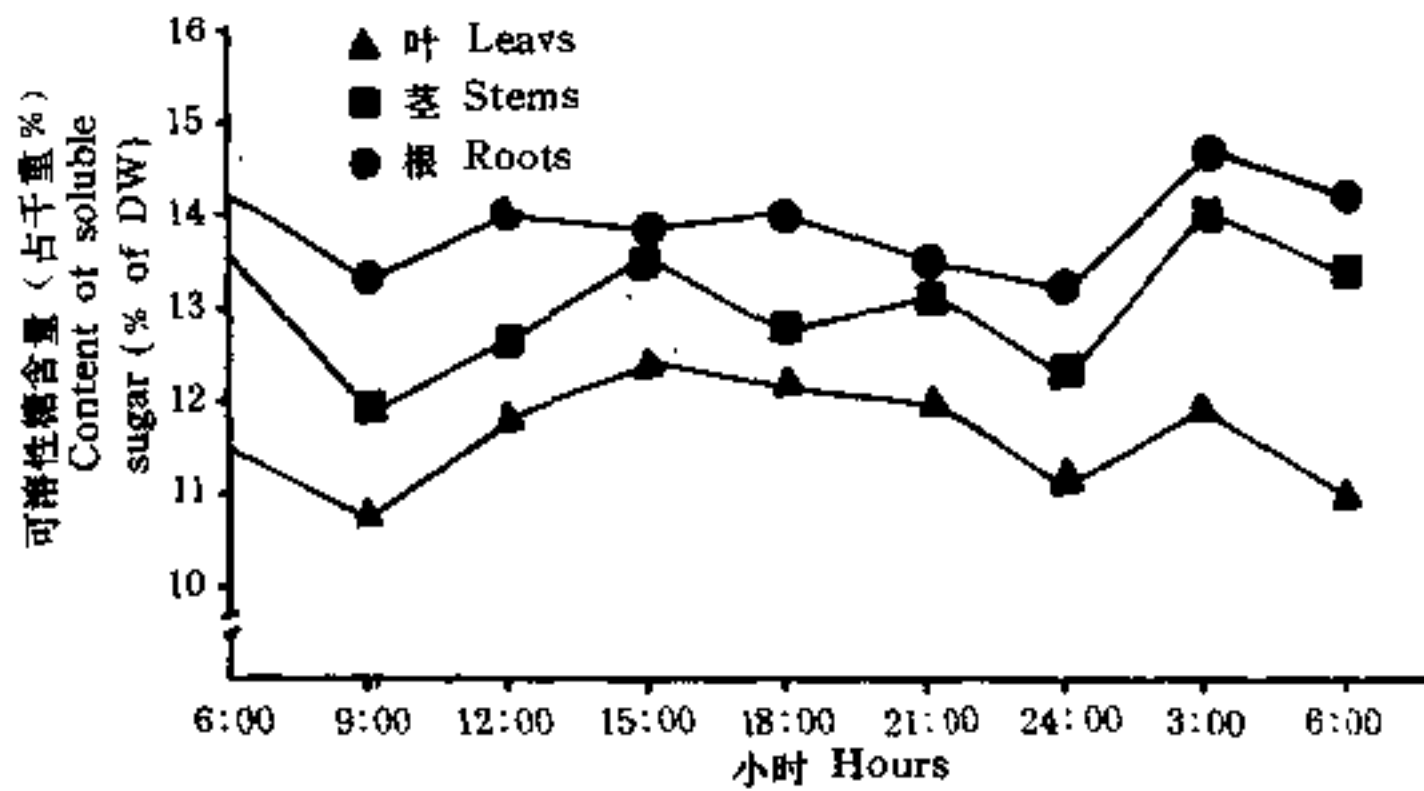


图3 麻花苻根、茎、叶可溶性糖含量的昼夜变化

Fig. 3 Daily changes of the content of soluble sugar in roots, stems and leaves of *G. straminea*

2. 昼夜间植物体内淀粉含量的变化

图4指出，在垂穗披碱草旺盛生长初期，体内淀粉含量的昼夜变化曲线呈双峰型。峰值分别出现在12:00—18:00点和24:00—3:00点，最低值出现在气温最低的早晨6:00点左右。昼夜变化过程中，根与茎、叶组织之间淀粉含量的差距较大，分别为32%，27%和25%。

图5指出，矮嵩草3种组织中淀粉含量的昼夜变化比较明显。一般淀粉的积累量在下午6:00点左右基本达到高峰，早晨3:00—6:00点降到最低点。3种组织的峰值出现时间基本相同。从6:00左右（日出）开始随着时间的进程，根、茎、叶的淀粉含量积累表现为由低到高再降低的变化趋势。昼夜间根、茎、叶中的平均含量分别为27%，24%和22%。

图6指出，麻花苻3种组织中淀粉含量的变化趋势与前两种植物的不同之处是在昼夜间淀粉含量的变化波动较小。其中根淀粉含量的变幅为11%—13%，茎为7%—10%；叶

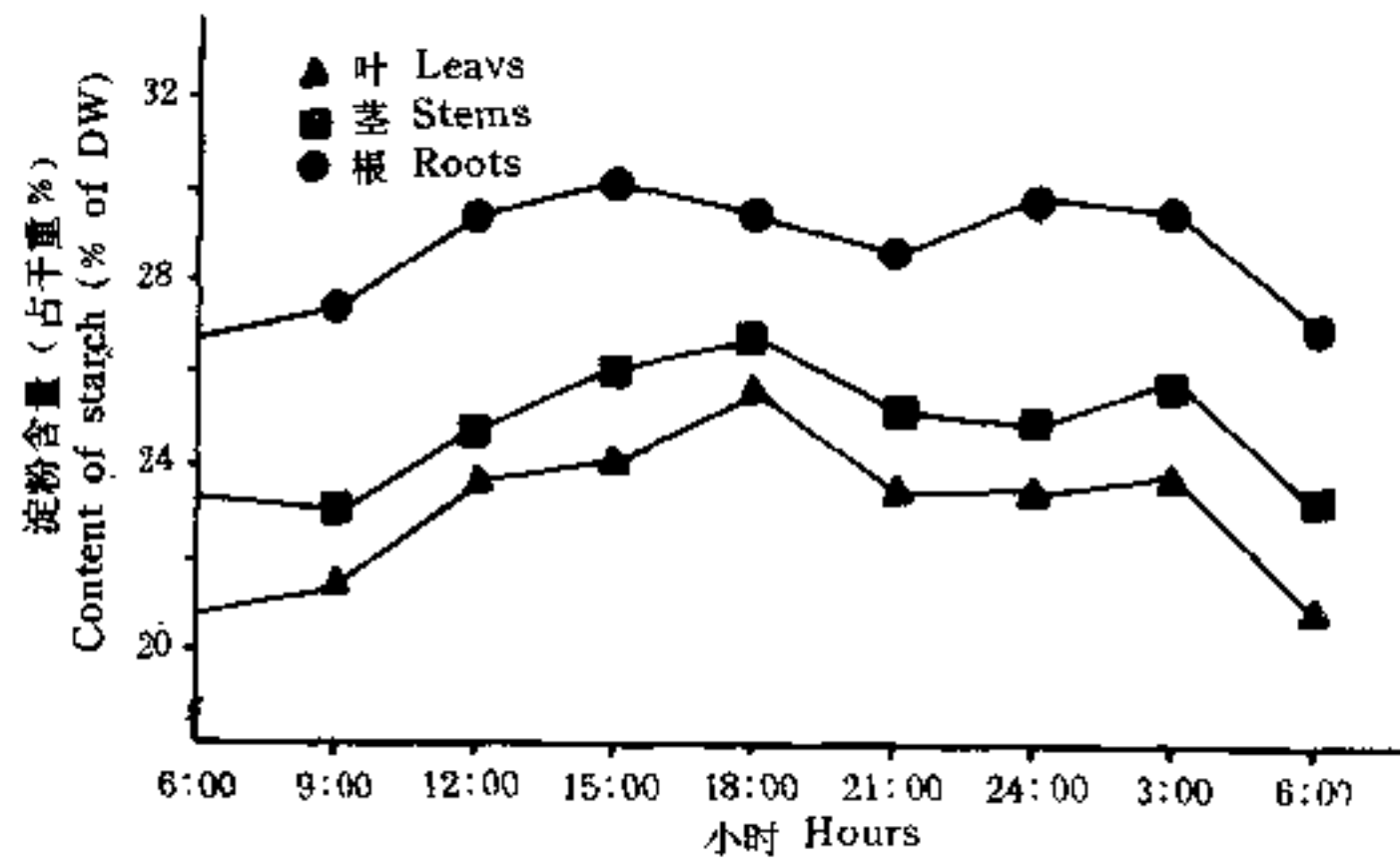


图4 垂穗披碱草根、茎、叶淀粉含量的昼夜变化
Fig. 4 Daily changes of the starch content in roots, stems and leaves of *E. nutans*

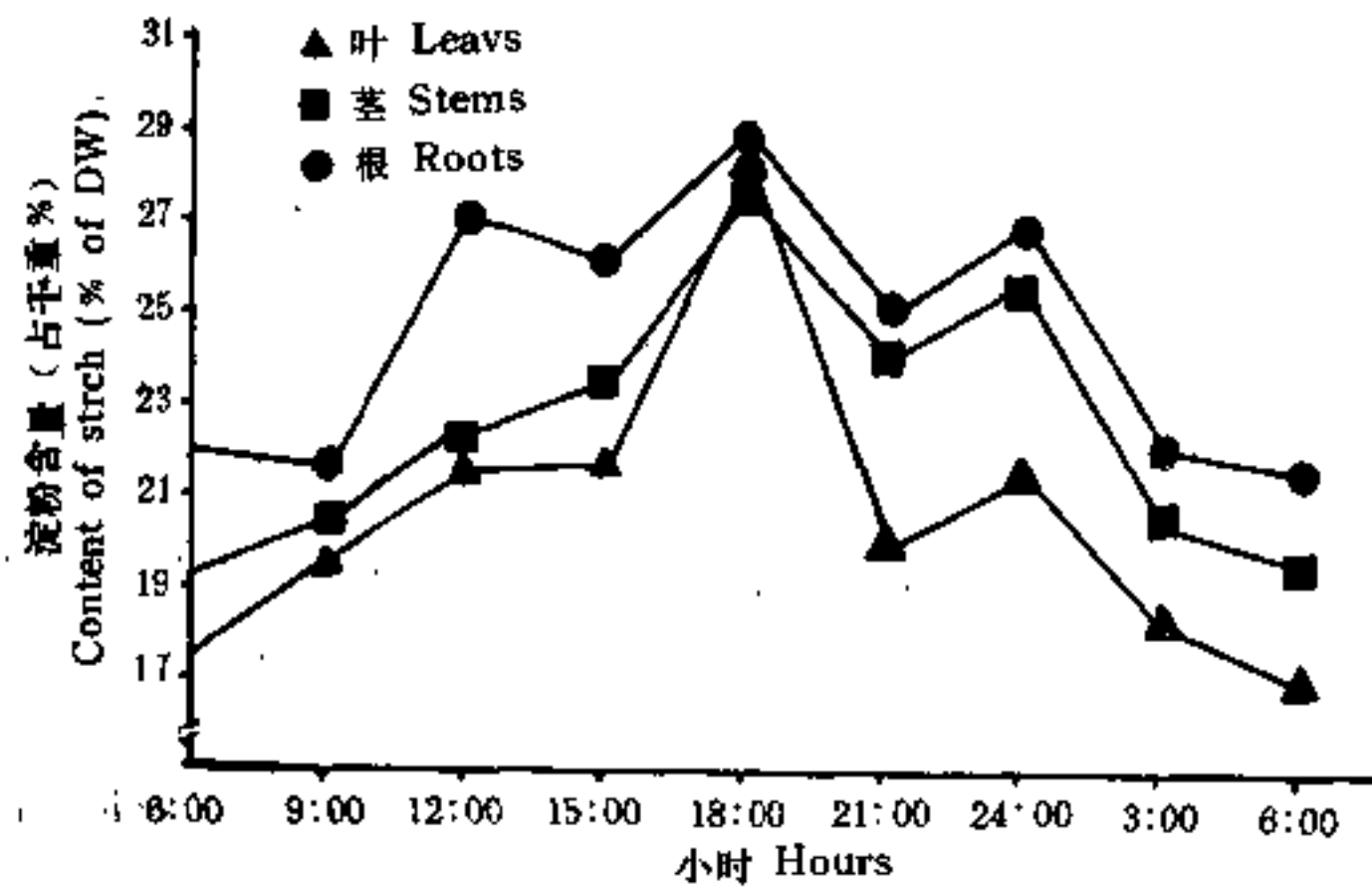


图5 矮嵩草根、茎、叶淀粉含量的昼夜变化
Fig. 5 Daily changes of the content of starch in roots, stems and leaves of *K. humilis*

为4%—8%。其次，淀粉在各组织中的分配积累不同，根最高，茎次之，叶较少，三者之间其含量的差距达4%—8%。

3. 植物体内非结构性碳水化合物的昼夜变化与气候因子的关系

海北高寒草甸生态系统定位站地区的气候特点是太阳辐射强、日照时间长、昼夜温

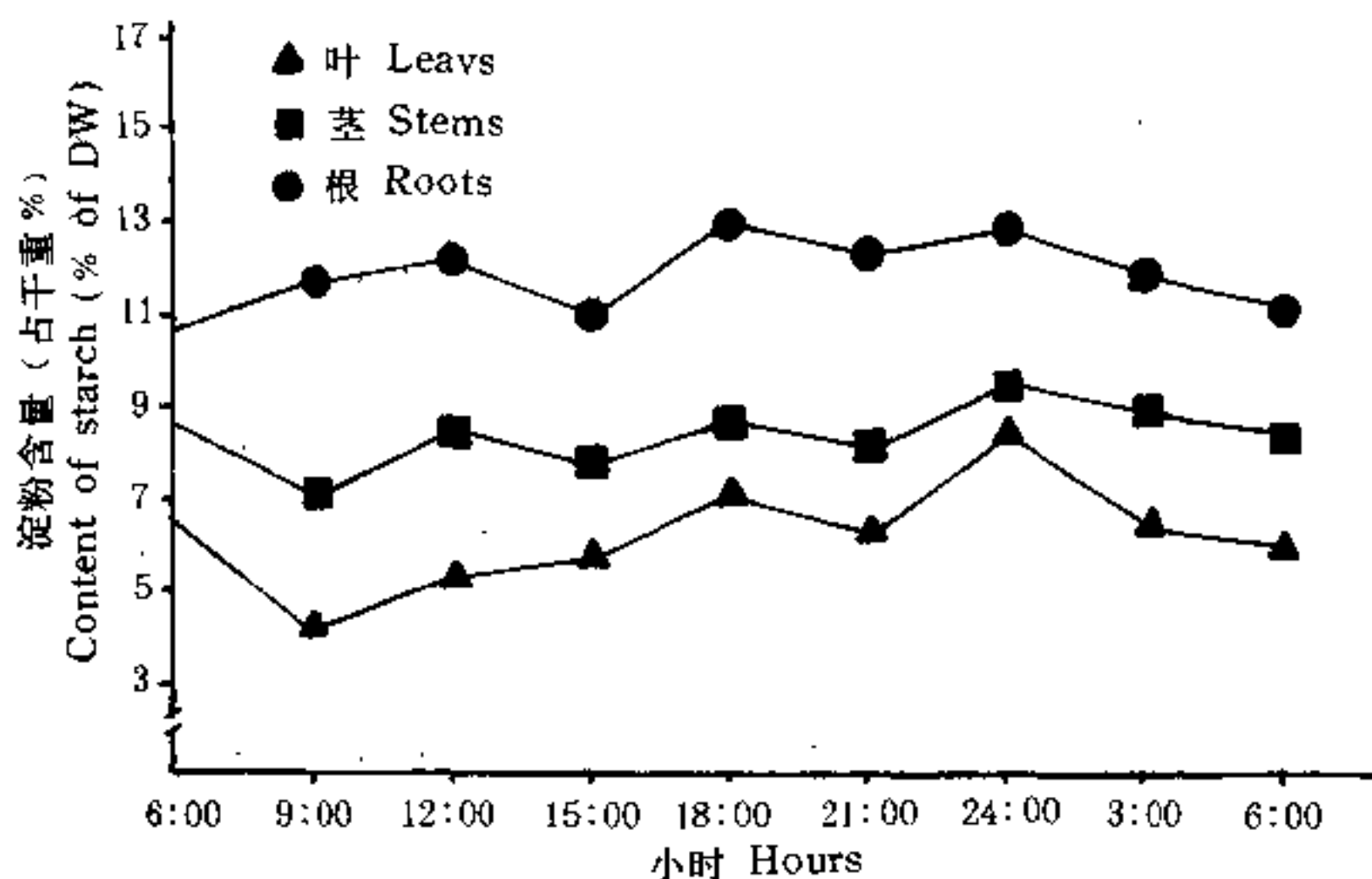


图6 麻花苻根、茎、叶淀粉含量的昼夜变化
 Fig. 6 Daily changes of the starch content in roots, stems and leaves of *G. straminea*

差大、白天气温高、空气干燥、夜间气温低、空气湿度升高。特别是在植物生长旺盛的夏季，早晨5:00—6:00点，经常出现-3—-7℃的低温。但是，日出后随着气温回升，草地上的霜或冰融化，处于结冰状态的植物很快恢复正常，进行光合作用，即表现出植株体内的非结构性碳水化合物含量迅速积累增加。图7中的气温、地表温度、土壤温度和大气相对温度的昼夜变化曲线与图1—6进行比较，就不难看出，在白昼日照条件下，随着温度（包括气温、地表温度，不同深度土壤温度）升高，太阳辐射增强和大气温度下降，植物体内的非结构性碳水化合物含量得到增加。夜间随着温度迅速下降和大气湿度提高，其含量开始减少。经相关分析表明非结构性碳水化合物含量与温度呈正相关 ($P < 0.01$)，与大气相对湿度呈负相关 ($P < 0.05$)。结果也表明，尽管三种植物都是高寒草甸植物，但由于它们的遗传特性不同，在昼夜期间各组织中含量的分配，积累增加或减少相应出现了一定的差异性。

讨 论

高寒草甸地区的主要植物建群种垂穗披碱草和矮嵩草。其植物体内非结构性碳水化合物的昼夜变化规律与Ulrich (1955) 和王祝华 (1964) 的报道相似。植物体内非结构性碳水化合物含量的变化与温度和大气相对温度的变化一致。特别是夜间低温对高寒植物体内的可溶性糖和淀粉积累起着重要作用 (韩发, 1989)。其次，不同组织之间非结构性碳水化合物的分配积累具有较大差异。矮嵩草和垂穗披碱草的地上部分大于地下部分。麻花苻则相反。表明这三种植物的生理适应即抗寒性不仅与含糖量有关，而且与糖在植株体

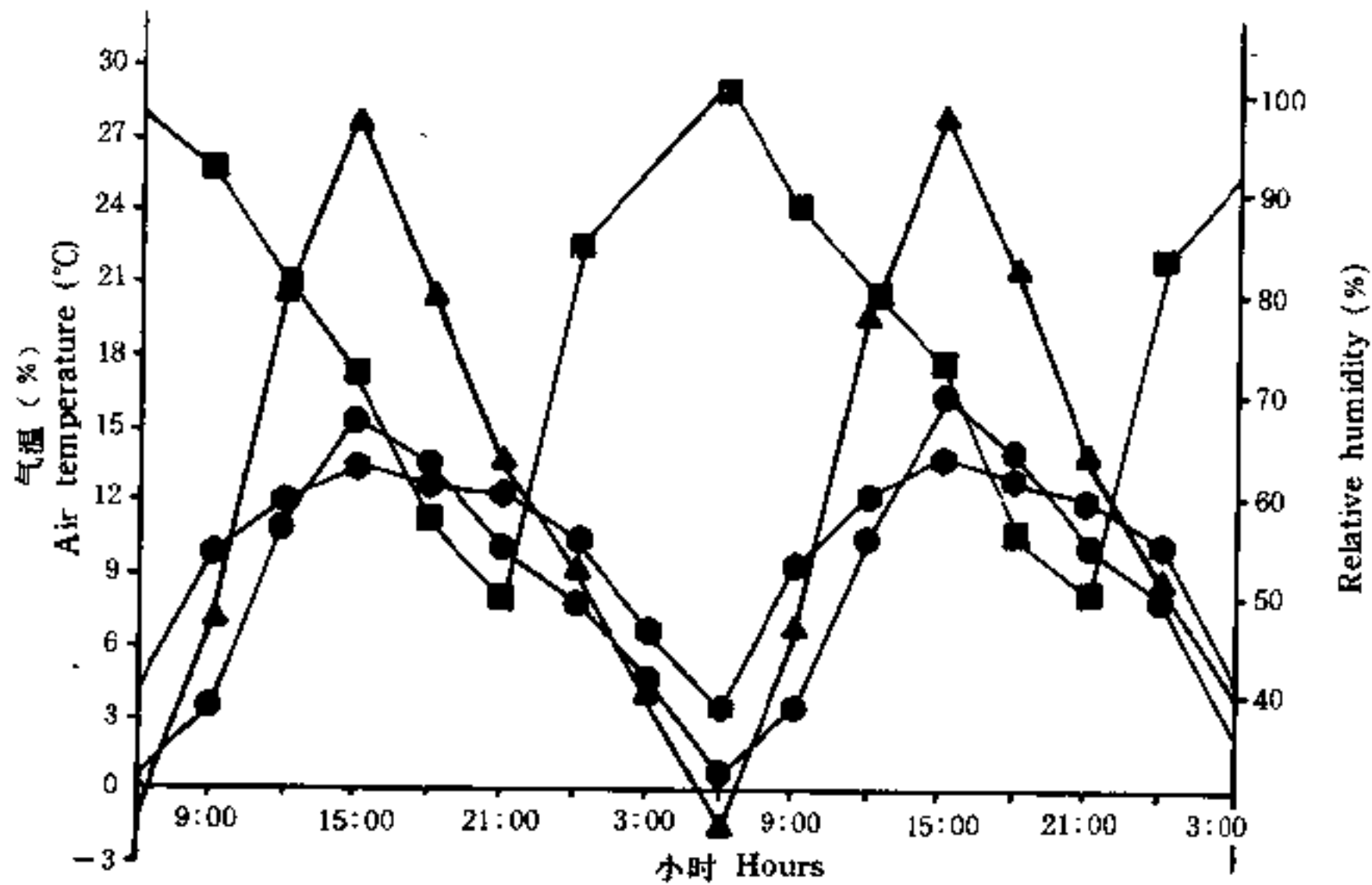


图7 气候因子的昼夜变化曲线

Fig. 7 Daily changes of air temperature,

soil surface temperature, soil temperature and relative humidity

▲地表温度 ■大气相对湿度 ●土壤温度 ●气温
 Soil surface temp. Relative humidity Soil temp. (10cm) Air temp.
 of atmosphere

内的分布有关。王为义等 (1985) 研究证明, 高寒植物都具有抗寒性的形态结构和功能特点。因此, 这3种植物之所以具有较高积累非结构性碳水化合物的能力, 可能与它们的结构和功能的特异性是分不开的, 表明上述非结构性碳水化合物昼夜变化的特点有利于提高植物的耐寒性。据报道, 高纬度或寒地的植物品种, 其非结构性碳水化合物积累的能力高于低纬度或暖地的品种。同时非结构性碳水化合物作为植物抗寒的物质基础, 可增加细胞的抗冻性。生长在不利环境条件下的植物, 越是非结构性碳水化合物积累高的, 对特殊环境的适应性 (抗性) 也就越强 (田村良文, 1987; Harborne, 1982)。本文结果进一步证实了这一点。

可见, 高寒地区植物体内的非结构性碳水化合物在白昼温度回升后逐渐积累, 夜间温度降低, 湿度提高后又减少的变化是高寒草甸植物对特殊环境条件生理生态适应的主要特点。高寒草甸植物积累糖的能力较强, 可能是决定它们耐寒性强的主要原因之一, 因此, 高寒植物非结构性碳水化合物昼夜变化的生理效应以及与抗逆性的关系尚待进一步研究。

参 考 文 献

- 王为义, 1985, 高山植物结构特异性的研究. 高原生物学集刊, 4: 19—31.
- 王祝华、夏镇澳, 1964, 夜温对小麦胚乳细胞及其淀粉数量和籽粒重量的影响. 植物生理学通讯, 4: 10—14.
- 华东师范大学生物系植物生理教研组, 1980, 植物生理学实验指导, 145—150, 人民教育出版社.
- 村田良文, 1987, 二年生禾本科牧草非结构碳水化合物的积累. 国外畜牧——草原与牧草, 1: 5—9.
- 韩发, 1989, 青藏高原的夜间低温对麦苗和牧草的生理意义. 中国农业气象, 10 (1): 10—14.
- Frank, K., 1990, *Environmental Injury to Plants*. Academic Press, New York, 1—56.
- Harborne J. B., 1982, *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, London, 5—11.
- Harold A. M., William E. W., Eva J. D., 1991, *Response of Plants to Multiple Stresses*. Academic Press, New York, 40—407.
- Singh J. S., Trlica. M. J., 1980, Autotrophic Subsystem. In international biological programme 18, Part I. Cambridge University Press, New York, 145—149.
- Ulrich A., 1955. Influence of night temperature and nitrogen nutrition on the growth, sucrose accumulation and leaf minerals of sugar beet plant, *plant physiol.* 30: 250—257.

MICROCLIMATE AND PLANT PHYSIOLOGICAL ECOLOGY RESPONSE IN ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

V. STUDIES ON THE DAILY CHANGE OF NON-STRUCTURAL CARBOHYDRATE IN SOME PLANTS OF ALPINE MEADOW

Han Fa Ben Guiying Shi Shengbo

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

Abstract

Change of the content of soluble sugar and starch in roots, stems and leaves of the 3 plants (*Kobresia humilis*, *Elymus nutans* and *Gentiana straminea*) and of the climatic factors during daily in the region of Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem (37°29'—37°45'N, 101°12'—101°33'E, EL. 3200m) were studied. The experimental results indicated that accumulation of the non-structural carbohydrate (NSC) in 3 plants increased during diurnal, but decreased during night. The content of NSC in 3 plants appeared a regular change.

During daily the correlation between NSC in *E. nutans* and *K. humilis* with air temperature, relative humidity, soil temperature and soil surface temperature were significantly. At the same time, the content of NSC among roots, stems and leaves possessed differences. accumulation level of the soluble sugar was in such order: leaves > stems > roots, and that of the starch was roots > stems > leaves. The increase or

decrease of the NSC in different tissues of 3 plants during day and night were controlled by air temperature and relative humidity. It was clear that increase of the NSC in roots, stems and leaves on plants adapting alpine environment possess important significance.

Key words: Non-structural carbohydrate; Soluble sugar; Starch; Change of day and night

