

三种垫状植物基础抗寒生理的比较*

张树源 白雪芳 马章英

(中国科学院西北高原生物研究所)

垫状植物多分布于海拔4000米以上的高寒山地,由它组成了青藏高原草原群落中特殊的垫状植物层片。1980年王金亭等在研究西藏高原草原植被的基本特征时指出,垫状植物是高寒干旱疾风生境下自然选择的一种特殊形态,也是对高原环境的明显适应。同年,秦志业等在专门研究垫状植物的形态和生态特征以后也指出,垫状植物是适应高山寒冷气候的生态类型。它是在高原辐射较强,气候寒冷及大风等综合因素作用下,通过长期自然选择而形成的。所以,对于垫状植物在高寒生境下抗寒能力的深入研究,无疑有助于了解高原植物对高寒生境适应的生理基础。

一、材料与方法

实验用高山垫状植物材料:紫花五蕊梅(*Sibbaldia macropetala* O. Muravjeva)、垫状繁缕(*Stellaria decumbens* Edgew. var. *pulvinata* Edgew.)和甘肃雪灵芝(*Arenaria kansuensis* Maxim.)分别取自青藏高原东北隅,海拔4000米左右的祁连山系大坂山区的山地阳坡风化砂石砾土中。蔷薇科(Rosaceae)的紫花五蕊梅生长在上,石竹科(Caryophyllaceae)的垫状繁缕和甘肃雪灵芝生长于其下,以垫状植物特有的形态组成了紫花五蕊梅、垫状繁缕和甘肃雪灵芝高山寒漠生态群落类型。在高寒生境下繁演的垫状植物特殊的群落外貌已经反映出了该群落为了生存而对高寒生境的抵抗特性。我们依其自然环境条件下,每月中旬分别采取其绿色功能叶,按称重法测定了叶片全水量(山东农学院等1980)、用蒽酮比色法测定了可溶性糖含量(Fairbairn, N. J.; 1953)。脯氨酸含量是用酸性茚三酮,在酸性(磺基水杨酸)条件下,与脯氨酸作用产生稳定的红色产物,此产物在520nm波长有一最大吸收峰,可用分光光度计测定(徐同等1983)。电导率用DDS-11A型电导仪测得,其方法是取绿色功能叶,剪成长0.5厘米的碎片,混匀,称取1克,装入30毫升大试管中,用无离子水冲洗组织3次,最后加无离子水15毫升,浸泡18小时后,作第1次测定,测后在沸水浴上煮20分钟,杀死植物组织,并用无离子水补充到原来15毫升的容量,再浸泡18小时,作第2次测定。用第2次测定的电导值除以第1次测得的电导值,乘100即得渗出电解质百分率(丁锺荣等1982)。实验重复3次。

二、结果与讨论

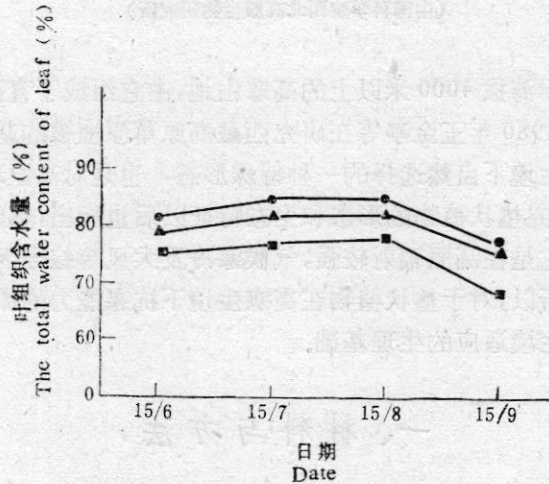
1. 叶组织的含水量与高山垫状植物抗寒能力的关系

据一些学者(马克西莫夫,1952; Olien, C. R., 1960; Levitt, J., 1972; P. H. Li and

* 3种高山垫状植物系周立华和潘锦堂先生协助鉴定,谨此致谢。

本文1984年3月23日收到。

A. Sakal, 1978; 丁锺荣等, 1982) 报道,植物的抗寒能力与其组织内含水量的多少有关。抗寒能力强的植物叶组织含水量一般较低,抗寒能力弱的植物叶组织含水量一般较高。我们对3种高山垫状植物叶组织含水量测定的结果表明(图1): 紫花五蕊梅叶组织含水量在各测定时期始终保持较低的水平,而甘肃雪灵芝叶组织含水量则较高,二者大约相差5%。而垫状繁缕叶组织含水量居其二者之间。可见紫花五蕊梅的抗寒能力较甘肃雪灵芝为高。垫状繁缕的抗寒能力居于二者之间。



- 甘肃雪灵芝 (*Arenaria Kansuensis* Maxim.)
- ▲—▲ 垫状繁缕 (*Stellaria decumbens* Edgew. var. *pulvinata* Edgew.)
- 紫花五蕊梅 (*Sibbaldia macropetala* O. Muravjeva)

图1 高山垫状植物叶组织含水量的变化

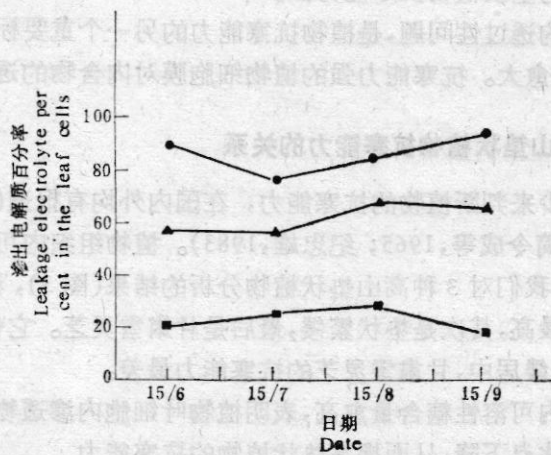
Fig. 1 Change in the total water content of leaf in alpine cushion plants.

从图1还可以看到,随着气温逐渐变冷,3种垫状植物叶组织含水量也相应降低。其中抗寒能力强的紫花五蕊梅比抗寒能力弱的甘肃雪灵芝降低的幅度更大。这种变化,不仅有利于增强植物的抗寒能力,而且也显示出了不同抗寒能力的垫状植物,在水分含量上的明显差别。

垫状植物叶组织含水量之所以能够反映该植物的抗寒能力,这是因为在低温下,植物叶组织内含水量越高,细胞内结冰的可能性就越大,如果细胞内开始结冰,说明植物受到寒害而丧失了抗寒能力。

2. 叶组织的渗出电解质百分率与高山垫状植物抗寒能力的关系

近年来的研究 (Lyons, J. M. 1973; P. H. Li and A. Sakal, 1978; 杨家驹等 1980; 丁锺荣等 1982) 得知,植物组织渗出电解质百分率的高低与其抗寒能力的强弱成负相关。我们的测定结果说明(图2),紫花五蕊梅叶组织的渗出电解质百分率较低,其抗寒能力较强。甘肃雪灵芝叶组织的渗出电解质百分率较高,其抗寒能力较弱。而垫状繁缕叶组织的渗出电解质百分率居于紫花五蕊梅和甘肃雪灵芝之间,其抗寒能力也居于二者之间。

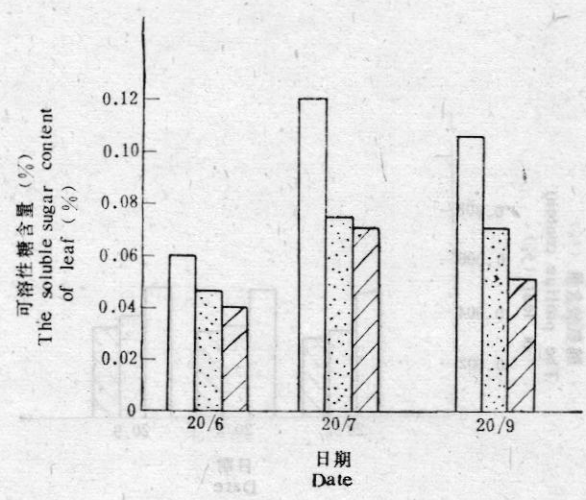


- 甘肃雪灵芝 (*Arenaria kansuensis* Maxim.)
- ▲—▲ 垫状繁缕 (*Stellaria decumbens* Edgew. var. *pulvinata* Edgew.)
- 紫花五蕊梅 (*Sibbaldia macropetala* O. Muravjeva)

图2 高山垫状植物渗出电解质百分率的变化

Fig. 2 Change in percentage of leakage electrolyte in the leaf cells in alpine cushion plants.

由图2还可以看出,渗出电解质百分率和叶组织含水量一样,随着气温逐渐下降,3种垫状植物的渗出电解质百分率均有所增加。而且,抗寒能力弱的垫状植物比抗寒能力强的垫状植物增加的幅度要大得多。这显然表明,3种垫状植物随着气温下降,细胞膜的



- 紫花五蕊梅 (*Sibbaldia macropetala* O. Muravjeva)
- ▨ 垫状繁缕 (*Stellaria decumbens* Edgew. var. *pulvinata* Edgew.)
- ▧ 甘肃雪灵芝 (*Arenaria kansuensis* Maxim.)

图3 高山垫状植物可溶性糖含量的变化

Fig. 3 Change in soluble sugar content of leaf in alpine cushion plants.

通透性都有所增加,透性大的即渗出电解质百分率高的垫状植物抗寒能力弱,透性小的即渗出电解质百分率低的垫状植物抗寒能力强。

细胞膜对内含物的透过性问题,是植物抗寒能力的另一个重要标志。一般来说,细胞膜受冻害愈重,其透性愈大。抗寒能力强的植物细胞膜对内含物的透过性较小。

3. 可溶性糖含量与高山垫状植物抗寒能力的关系

依糖分含量的多少来判断植物的抗寒能力,在国内外均有报道(马克西莫夫,1952; Olien, C. R., 1967; 简令成等,1965; 纪忠雄,1983)。植物组织内可溶性糖含量愈高,植物的抗寒能力愈强。我们对3种高山垫状植物分析的结果(图3),证明了紫花五蕊梅叶组织内可溶性糖含量最高,其次是垫状繁缕,最后是甘肃雪灵芝。它们的抗寒能力也是紫花五蕊梅最大,垫状繁缕居中,甘肃雪灵芝的抗寒能力最差。

垫状植物叶组织内可溶性糖含量愈高,表明植物叶细胞内渗透物质愈多,这种渗透物质可以促使叶细胞内冰点下降,从而提高垫状植物的抗寒能力。

4. 脯氨酸含量与高山垫状植物抗寒能力的关系

国内外不少学者(Chu, T. M. *et al.*, 1974, 1978; Levitt, J., 1980; Mussell, H. and R. C. Staples, 1979; Lesaint-Quervel, A. M., 1969; 郭绍川等, 1984)认为,脯氨酸在低温下的积累与植物的抗寒能力有关。我们对3种高山垫状植物分析的结果(图4)表明,紫花五蕊梅叶组织内脯氨酸含量最高,甘肃雪灵芝最低,垫状繁缕居中。这3种垫状植物的抗寒能力则与其所含脯氨酸量的高低一致。而且,随着气温下降,它们的脯氨酸含量在各自原有的基础上都有所增加。这是垫状植物在低温下,对低温胁迫的一种生理适应性反应。

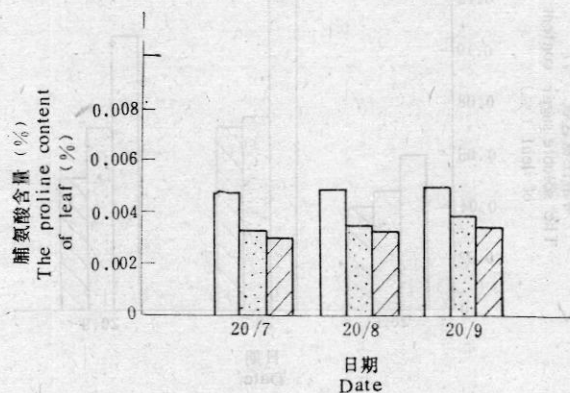


图4 高山垫状植物脯氨酸含量的变化

紫花五蕊梅 (*Sibbaldia macropetala* O. Muravjeva)
 垫状繁缕 (*Stellaria decumbens* Edgew. var. *pulvinata* Edgew.)
 甘肃雪灵芝 (*Arenaria kansuensis* Maxim.)

Fig. 4 Change in proline content of leaf in alpine cushion plants.

植物组织内游离脯氨酸的增加,一方面可以使细胞内原生质渗透压增加,冰点下降,增强低温锻炼效应。另一方面它能提高原生质胶体的稳定性,对蛋白质在细胞外结冰脱水后可能产生的变性,起着防止和保护作用。所以,脯氨酸能够增强植物的抗寒能力。

三、小 结

(1) 植物的抗寒能力是植物在系统发育和个体发育过程中获得的一种生理特性,这种基本特性,就其本质来说是一个植物生理适应外界低温胁迫的过程。垫状植物的特殊外貌已经反映出了它对高寒生境的忍受能力。

(2) 植物组织内的水分含量(指自由水)越低,可溶性糖含量越高,植物的抗寒能力越强。

(3) 植物组织渗出电解质百分率的高低,即细胞膜通透性的大小,可以反映出植物的抗寒能力。透性大的渗出电解质百分率高,抗寒能力弱。透性小的渗出电解质百分率低,抗寒能力强。

(4) 植物在低温下,体内脯氨酸含量的增高,是植物对低温胁迫的一种生理适应性反应。是否具有普遍性,能否同干旱引起植物体内脯氨酸积累的性質一样,可否作为植物抗寒的生理指标等等,这都需要进一步研究。

(5) 高山垫状植物体内的生理变化,同样也反映在群落外部结构上。我们所研究的3种垫状植物,它们在高山上的分布的垂直高度不同,因而各个种对环境的适应能力也有差异。海拔每升高100米,气温将下降 $0.5-0.6^{\circ}\text{C}$ 。紫花五蕊梅较甘肃雪灵芝和垫状繁缕分布的海拔高度相对较高,它受高寒生境长期的自然选择,对高山低温胁迫的适应能力最强。这一点也和文内诸生理分析的结果一致。这就充分说明了群落外部结构与体内生理变化的统一性。

(6) 本文做了3种垫状植物基础抗寒生理的比较,结果表明:紫花五蕊梅叶组织的含水量和渗出电解质百分率较低,可溶性糖和脯氨酸含量较高。而甘肃雪灵芝与其相反,叶组织的含水量和渗出电解质百分率较高,可溶性糖和脯氨酸含量较低。垫状繁缕叶组织的这4种基础抗寒生理指标居于紫花五蕊梅和甘肃雪灵芝之间。其抗寒能力,紫花五蕊梅最强,垫状繁缕次之,甘肃雪灵芝最弱。

参 考 文 献

- 丁锺荣、荆家海、米公烈,1982,冬小麦抗寒生理指标的研究,西北农学院学报 1:1—8。
山东农学院、西北农学院,1980,植物生理学实验指导,159,山东科学技术出版社。
马克西莫夫(周小民译),1952,马克西莫夫院士选集(下卷)147—235页,科学出版社。
王金亭、李渤生、陈伟烈、张经纬,1980,西藏高原草原植被的基本特征,植物学报 22(2):161—169。
纪忠雄,1983,柑桔抗寒性的生理生化指标,园艺学报 10(4):239—244。
杨家骝、刘祖祺、刘谷良,1980,电导法测定柑桔耐寒性的灵敏度和精确性的检验,南京农学院学报 1:87—95。
郭绍川、刘玲玉,1984,脯氨酸含量在作物低温锻炼中的变化及同抗寒性的关系,西北植物研究 4(1):45—50。
秦志业、谢文忠,1980,藏北土门地区垫状植物的形态与生态观察,植物学报 22(2):177—181。
徐同、陈翠莲,1983,植物抗逆性测定(脯氨酸快速测定)法,华中农学院学报 2(1):94—95。
徐新宇、胡荣海,1983,作物的抗旱能力和体内游离脯氨酸含量的关系综述,国外农业科技 9:19—22。
简令成、吴素宣,1965,植物抗寒性的细胞学研究——小麦越冬过程中细胞内物质的变化,植物学报13(3):198—206。
Chu, T. M. et al., 1974, Stress Metabolism VI. Temperature Stress and the Accumulation of proline in Barley and Radish. *Aust. J. Plant Physiol.* 1: 87—97.

- Chu, T. M. *et al.*, 1978, Accumulation of Free Proline at Low Temperature, *Physiol. Plant.* **43**: 254—260.
- Fairbairn, N. J., 1953, A modified anthrone reagent. *Chem. and Ind.* **4**: 86.
- Levitt, J., 1972, Responses of plants to environmental stresses. *Aca. Press.* New York London.
- Levitt, J., 1980, Responses of Plants to Environmental Stresses Academic Press. N. Y. (I): 183—184.
- Lyons, J. M., 1973, Chilling Injury in Plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **24**: 445—466.
- Mussell, H. and R. C. Staples, 1979, Stress Physiology in Crop Plants, John Wiley & Sons. N. Y., (263—265): 442—456.
- Olien, C. R., 1960, *Barley Genetics.* **2**: 356.
- Olien, C. R., 1967, Preliminary Classification of Polysaccharide Freezing Inhibitors. *Crop Sci.* **7**: 156.
- P. H. Li and A. Sakal, 1978, Cell Membrane Properties in Relation to Freezing Injury. Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. *Aca. Press.* New York, San Francisco, London. 93—113.

A COMPARISON OF BASIC COLD-TOLERANT PHYSIOLOGY BETWEEN THREE CUSHION PLANTS

Zhang Shuyuan Bai Xuefang Ma Zhangying

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Physiological indices of the total water content of leaf, leakage electrolyte per cent in the leaf cells, soluble sugar and proline content were determined, using the material of three alpine cushion plants with different cold resistance. The experimental results show that the total water content of leaf and leakage electrolyte per cent in the leaf cells of the alpine cushion plant with strong cold resistance are lower than the alpine cushion plant with weak cold resistance, and the soluble sugar and proline content of the alpine cushion plant with strong cold resistance are higher than the alpine cushion plant with weak cold resistance, i.e. the total water content of leaf and the leakage electrolyte per cent in the leaf cells of *S. macropetala* are lower, however, its soluble sugar and proline content are higher. The total water content of leaf and the percentage of leakage electrolyte in the leaf cells of *A. kansuensis* are higher, but, its soluble sugar and proline content are lower. The same four physiological indices of *S. decumbens* are between these of *S. macropetala* and *A. kansuensis*. The cold resistance of *S. macropetala* is the strongest among the three. *S. decumbens* is secondary. *A. kansuensis* is the weakest. This is physiologically adaptive result of the alpine cushion plant in the alpine ecotope.