

超旱生植物——珍珠的形态解剖 和水分生理特征

刘 家 琼

(中国科学院兰州沙漠研究所)

一、珍珠的形态

珍珠 (*Salsola passerina*), 又名珍珠猪毛菜、雀猪毛菜, 为藜科猪毛菜属植物, 属亚洲中部特有成分 (中国植被编辑委员会编著, 1980)。小半灌木, 株高 15—30 厘米, 多为 20 厘米左右。茎粗壮, 分枝多, 呈丛状生长 (图版 I: 1); 老枝灰褐色, 幼枝黄褐色。肉质叶, 小, 长 2.5—3 毫米, 宽约 2 毫米, 呈锥形或三角形; 穗状花序, 着生于枝条上部, 花小, 直径只有几毫米, 呈黄褐色或浅紫红色; 种子圆形, 胚螺旋状。根系较深, 其深度相当于地上部分的 3—4 倍 (图版 I: 2)。

珍珠叶表面被覆白色绒毛, 在扫描电镜下可以看到密集的表皮毛 (图版 I: 3), 基部内卷, 它的功能是反射阳光的强烈照射, 保护叶肉免受高温灼伤。在珍珠的细枝上, 可以看到隆起的腊被层, 稀疏的表皮毛以及点点盐斑 (图版 I: 4)。

二、珍珠叶的解剖特征

珍珠叶平均横切直径 1,667.0 微米, 角质层厚度为 2.9 微米, 气孔表面积为 719.8 平方微米, 气孔密度为 70.7 个/平方毫米, 下陷很深 (图版 I: 5), 表皮细胞肥大 (图版 I: 6), 面积为 62.3×78.6 平方微米, 栅栏细胞长 99.0 微米, 宽 8.3 微米, 单位长度内细胞数目为 18.7 个¹⁾, 排列稀疏 (图版 I: 6), 贮水组织极厚, 为 914.1 微米, 贮水组织与叶横切直径之比值为 53.8%, 说明珍珠的肉质性很强。叶横切面中部由 6 个小维管束构成中央维管束 (图版 I: 7)。在叶纵切面上, 可以明显地看到螺纹导管 (图版 I: 8)。

三、珍珠的水分生理²⁾

1. 测定方法

试验植物选择生长正常有代表性的植株, 定点、定株于晴朗天气每日早上九时左右, 取

1) 指目镜测微尺 100 格内的细胞数, 用来表示细胞密度。
2) 本节数据系与蒲锦春、鲁作阳、刘新民同志共同测定。

中部枝条的中部叶片进行测定, 红砂 (*Reaumuria soongorica*)、珍珠为幼枝。

水势用小液流法(颜季琼等, 1961), 求出待测溶液的等渗浓度, 按下列公式计算:

$$P = RTIC$$

式中 P 为大气压数

R 为气体常数 (0.0821)

T 为绝对温度 ($T = 273 + t^{\circ}$)

I 为等渗系数, 蔗糖的等渗系数为 1

C 为等渗溶液浓度

由于 1 大气压 = 1.0133 巴, 经换算后即得水势值。

总含水量用烘干法, 以占干重或鲜重 % 计算。

自由水用折射仪法, 蔗糖溶液浓度为 65 %, 按下列公式计算:

$$\text{自由水 \%} = \frac{\text{糖重}(\text{糖液原始浓度} - \text{加植物材料后浓度})}{\text{植物材料重} \times \text{加植物材料后浓度}} \times 100$$

$$\text{束缚水} = \text{总含水量} - \text{自由水}。$$

蒸腾强度用扭力天平快速称重法。剪取植物嫩枝 (或叶片) 迅速称重, 三分钟后再次称重, 求得失水量, 以每小时每克干重嫩枝 (或叶片) 失水的毫克数计算。

保水力用硫酸干燥法。将样品置 1:1 硫酸干燥器中, 每隔 4 小时称重一次, 直到恒重为止。

水分亏缺用 Stocker 法。采样称重后, 置于盛水的密闭容器中, 使其充分吸水, 24 小时后, 用滤纸吸干叶片表面的水分, 称饱和重, 并烘干称重, 计算公式如下:

$$\text{水分亏缺 \%} = \frac{\text{饱和重} - \text{鲜重}}{\text{饱和重} - \text{干重}} \times 100$$

测定结果:

水势和水分状况测定结果列表 1 如下:

表 1 珍珠及对照植物的水势和水分状况 (占鲜重 %)

植 物 名 称	水 势 (巴)	总 含 水 量	束 缚 水	自 由 水	束 缚 水* 自 由 水
珍 珠	-51.3	77.5	68.6	8.9	7.7
红 砂	-62.1	69.5	57.4	12.1	4.7
膜 果 麻 黄 <i>Ephedra przewalskii</i>	-31.0	45.7	35.6	10.1	3.5
红 柳 <i>Tamarix ramosissima</i>	-21.6	67.3	46.3	21.4	2.2
梭 梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	-16.7	78.3	56.4	21.9	2.6
沙 枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i>	-16.1	60.1	20.8	39.3	0.5
箭 杆 杨 <i>Populus nigra</i> var. <i>thevestina</i>	-14.1	64.4	27.5	39.9	0.7

* 以下简称束/自比值

从表 1 中可见, 珍珠的水势很低, 达 -51.3 巴, 仅高于超旱生植物红砂, 而低于其余作对照用的超旱生、旱生及中生植物 (-31.0 — -14.1 巴)。近年来, 水势已被广泛地承认是植物水分状况及抗旱性的基本指标。较低的水势有利于植物吸水, 同时也可降低蒸腾 (Migahid, 1962)。

珍珠的总含水量较高, 为 77.5%, 束缚水含量非常高, 为 68.6%, 而自由水却非常低, 为 8.9%, 分别为表中所列各对照植物之最高、最低者, 因而束/自比值也最高, 为 7.7, 约高于中生植物沙枣、箭杆杨的 10—15 倍。这是对干旱生境的一种适应。较高的束缚水和束/自比值, 可以提高细胞原生质的亲水性, 国内外许多学者已把它作为鉴定植物抗旱性的指标 (黄子琛, 1979; 古谢夫, 1975; 鲁作民等, 1980; 刘家琮, 1981; 马克西莫夫, 1959; Migahid, 1962; Гентель, 1960)。因此, 珍珠的抗旱性极强。

珍珠的水势、总含水量、束缚水、束/自比值的季节动态分别见图 1—4。

由图 1 可见, 珍珠的水势春季最高, 夏季最低, 秋季又有回升。它的水势, 无论春、夏季或秋季, 除略高于旱生植物红砂外, 均低于各对照植物。在荒漠地区, 由于空气干旱和土壤干旱, 水分的化学势能很低, 水势较低的植物便于从土壤中夺取难以获得的水分, 以维持生命活动。由此可见, 珍珠对极干旱生境的适应性很强。

由图 2 可见, 珍珠的总含水量以春季最高, 夏季最低, 秋季因雨季来临, 又有提高。在整个生长期中, 珍珠的总含水量均高于各对照植物, 这是由珍珠的盐生肉质特性所决定的。

珍珠的束缚水含量和束缚水/自由水比值 (图 3—4), 无论春、夏季或秋季均高于各对照

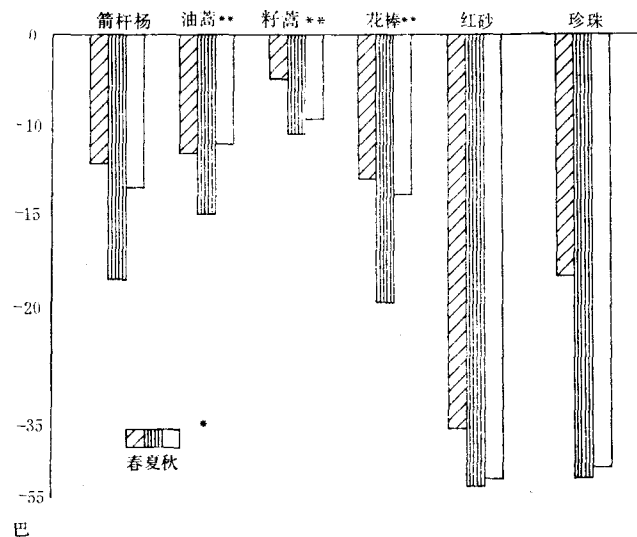


图 1 珍珠及对照植物叶水势的季节动态

- * 图例下同
- ** 油蒿 (*Artemisia ordosica*)
- 籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)
- 花棒 (*Hedysarum scoparium*)。

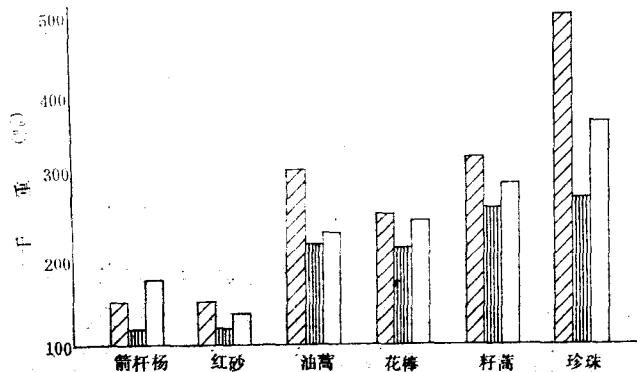


图 2 珍珠及对照植物叶总含水量的季节动态

植物（仅春季低于红砂）。

蒸腾强度（图5）与保水力的测定表明，春季珍珠的蒸腾强度很低，随着植株的生长发育，蒸腾强度逐渐增加，到秋季（雨季后）增加到最大值，为1,649.3毫克/小时·克干重。从与各对照植物的比较来看，珍珠的蒸腾强度，除春、夏季略高于红砂外，全部低于各对照植物，比蒸腾强度最大的籽蒿约低2—5倍，说明珍珠非常节约用水。这与它的保水力较强有关，在硫酸干燥器中，珍珠达到恒重的时间为369小时，而箭杆杨仅36小时，其余对照植物油蒿182、红砂167、籽蒿110、花棒82小时。说明珍珠失水速度非常慢，其保水力比箭杆杨约强10倍。

水分亏缺测定结果见图6。

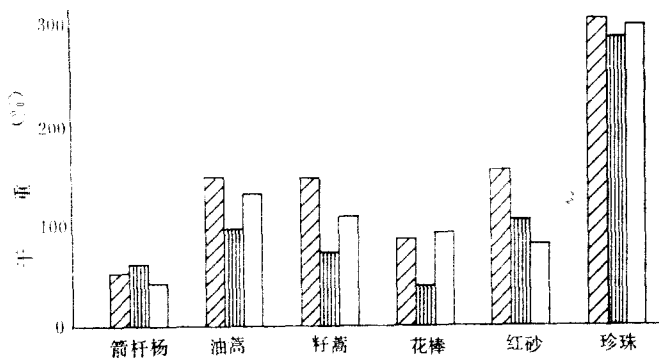


图3 珍珠及对照植物叶束缚水的季节动态

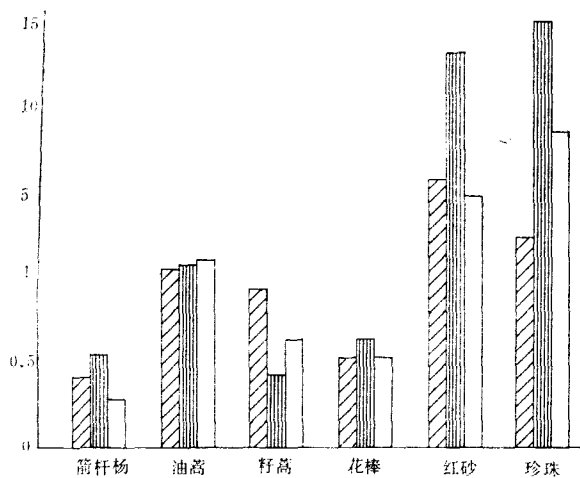


图4 珍珠及对照植物叶束/自比值的季节动态

由图6可见，无论春、夏季或秋季，珍珠的水分亏缺均高于其余各对照植物，以下午为例，珍珠的水分亏缺达53%，对照植物油蒿为37%、红砂33%、籽蒿32%、花棒27.6%、箭杆杨仅10.1%。在荒漠地区，由于土壤干旱，必然引起植物体内水分亏缺的增加和相对含水量的下降（Noggle, 1976）。珍珠在如此之高的水分亏缺和相对含水量仅47%的情况下，尚能正常生长，表现出对严酷生境惊人的适应。

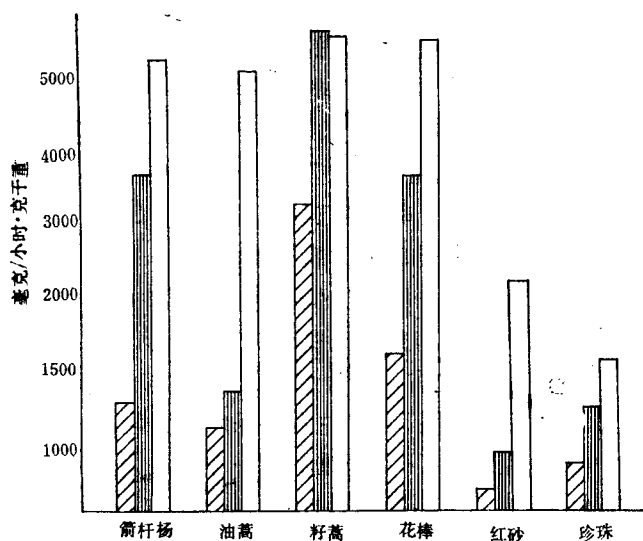


图5 珍珠及对照植物叶蒸腾强度的季节动态

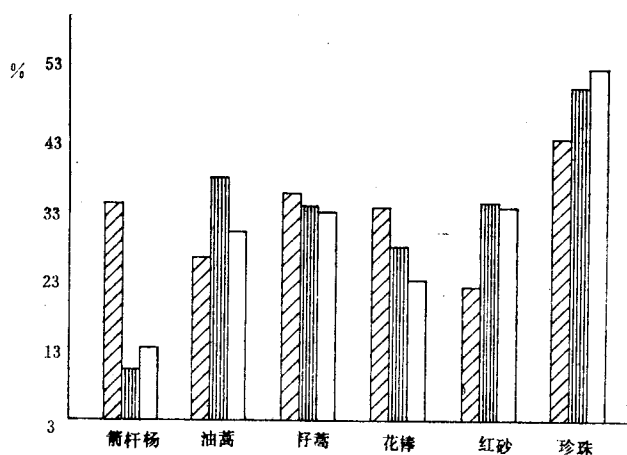


图6 珍珠及对照植物水分亏缺的季节动态

四、讨论和结论

珍珠生长在极其干旱的生境条件下,年降雨量仅100—200毫米,而年蒸发量却达1,000—2,000毫米,蒸发量为降雨量的10—20倍左右。土壤质地粗糙而贫瘠、含盐。在长期的自然选择作用下,珍珠有着顽强的适应性。在形态上,珍珠植株低矮,茎粗壮,分枝多,叶肉质,根系较深而根幅大。在解剖结构上,珍珠叶具浓密的表皮毛,可反射日光的强烈照射。肥大的表皮细胞和贮水组织均有贮水作用,因而珍珠叶含水量相当高,达77.5%,尤以束缚水含量高达68.8%,自由水较低,因而束/自比值很高,为7.7,高于其余中、旱生植物。珍珠的水势很低(—51.3巴),这有利于从土壤中吸水并降低蒸腾。珍珠还有很强的保水力,

故蒸腾强度很低,十分节约用水,从而在植物体内保持良好的水分平衡,因而它在水分亏缺相当大(53%)而相对含水量又很低(47%)的情况下,仍能正常生长。

从上述各测定项目的季节动态来看,珍珠的叶水势在各生长季节均很低,而束缚水和束/自比值均很高,导致珍珠的蒸腾强度在各生长季节都相当低。珍珠的低蒸腾,还与它的气孔表面积大(719.8平方微米),气孔密度小(70.7个/平方毫米)且深度下陷的形态结构有关,也与它的保水力较强有密切关系。较低的蒸腾,有利于保持从土壤中极难获得的水分,显然是对极干旱生境的一种适应,也是珍珠的超旱生特征之一。

根据上述研究,我们试图对珍珠一类的盐生、肉质超旱生植物划一个初步界限:它们在形态解剖上具有明显的旱生结构,如密集的表皮毛、气孔下陷、贮水组织发达。在水分生理上,它们的水势很低,约为-50巴左右。总含水量、束缚水含量和束/自比值均很高,分别约为400%(占干重),300%(占干重)和10左右。保水力很强,约300小时以上才达恒重,而蒸腾强度很低,约1,000毫克/小时·克干重,水分亏缺虽大(50%左右),但仍能正常生长。这种初步的划分只适用于盐生、肉质类型的超旱生植物,是否妥当,仅供讨论。

参 考 文 献

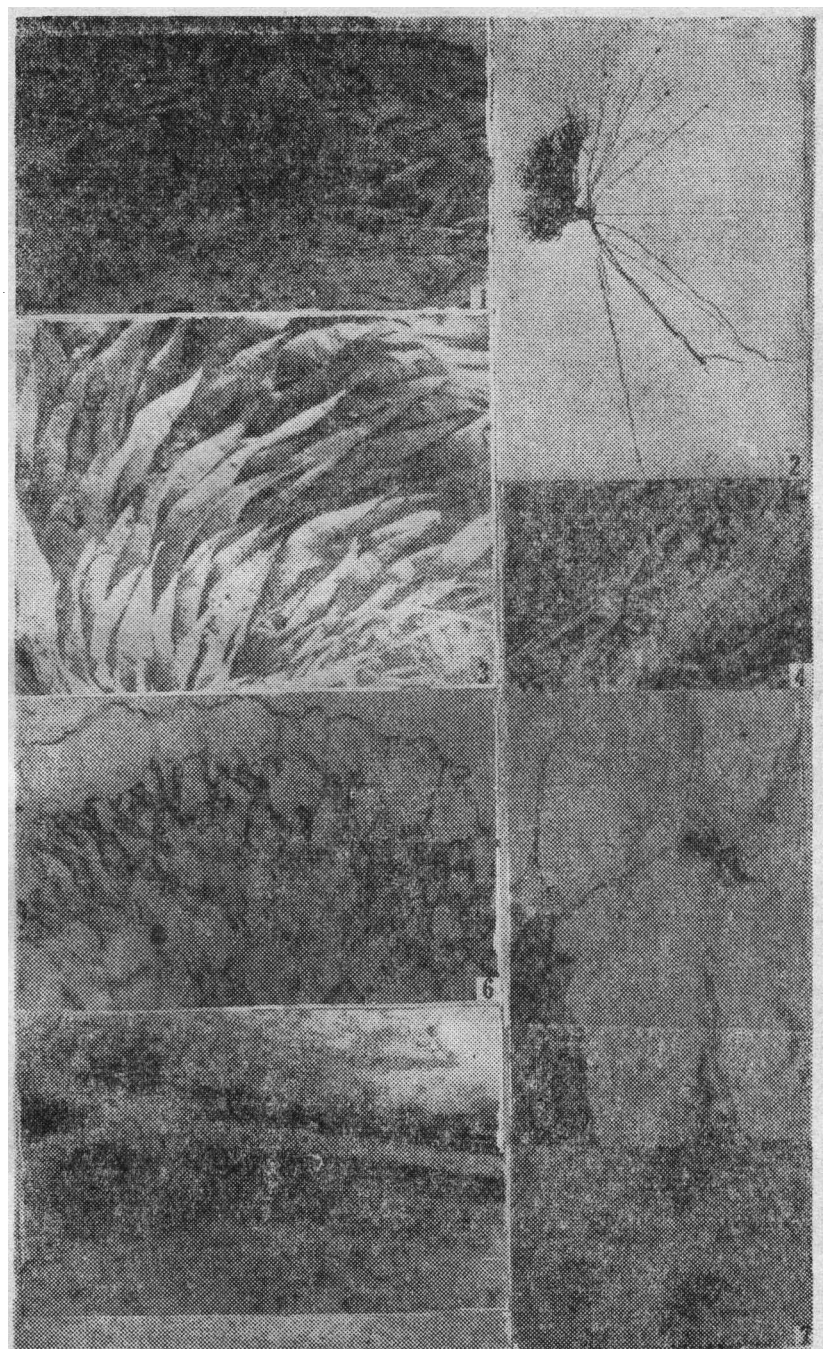
- 中国植被编辑委员会编著 1980 中国植被. 599. 科学出版社。
 H.A. 马克西莫夫著(周小民译) 1959 马克西莫夫院士选集(上卷). 19—21. 科学出版社。
 刘家琮 1981 柠条、花棒生理特性的研究。林业科技通讯: (6) 6—8。
 H.A. 古谢夫 1957 植物水分状况的若干规律. 16—20. 科学出版社。
 黄子琛 1979 干旱对固沙植物水分平衡和氮素代谢的影响。植物学报21(4):314—319。
 鲁作民、刘家琮、蒲锦春、何济襄 1980 荒漠植物绿色组织的水分状况。植物生理学通讯: (4) 23—27。
 颜季琼、沈曾佑、张志良编著 1961 植物生理学实验指导. 22—24. 上海科学技术出版社。
 A. M. Migahid 1962 The drought resistance of Egyptian desert Plants. Plant-water Relationship in Arid and Semi-Arid Conditions. 213—231. Unesco.
 G. R. Noggle 1976 Introductory Plant Physiology. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 445.
 П. А. Гентель 1960 Современное состояние Проблемы засухоустойчивости растений И дальнейшие пути ее изучения. В КН, Физиология устойчивости растений. Издво АН СССР 385—401.

CHARACTER OF MORPHOLOGY, ANATOMY AND PHYSIOLOGY OF WATER ABOUT EXTREME XEROPHYTES, *Salsola passerina*

LIU JIAQUNG

(Lanzhou Institute of Desert Research, Academia sinica)

The extreme xerophytes, *Salsola passerina*, has a series of character of drought resistance about morphology, anatomy and physiology of water. *Salsola passerina* has dense epidermal hairs on their leaves, their epidermal cells of leaves are plump, stomata are hollow deeply, water storage tissue is developmental. During whole growth season, there are very low potential water (-49.94 bar), very high both of total water and bound water (310.0—300.7 percentage of dry weight), very high ratio of bound water/free water and this ratio may amounts to 15.04. Water-holding power of *Salsola passerina* is very strong, for example, it reach balance weight need 369 hours. Its transpiration is very low (683.8—1649.3 mg/h. g. dw). These show that *Salsola passerina* has highly adaptation to bitter circumstances, therefore *Salsola passerina* can grow and develop normally in desert, and the plant community of *Salsola passerina* can distribute widely in desert of mid Asia and desert steppe.



1.珍珠的形态； 2.珍珠的根系； 3.珍珠叶表面的电镜扫描（ $\times 200$ ），示密集的表皮毛； 4.珍珠幼茎的电镜扫描（ $\times 300$ ），示腊被层、表皮毛和盐斑； 5.珍珠叶横切（ $\times 690$ ），示深陷的气孔； 6.珍珠叶横切（ $\times 170$ ），示肥大的表皮细胞和稀疏的栅栏组织； 7.珍珠叶横切（ $\times 170$ ），示中央维管束和贮水组织； 8.珍珠叶纵切（ $\times 170$ ），示螺旋导管。