沙木蓼和沙枣对地下水位变化的生理生态响应 I . 叶片养分、叶绿素、可溶性糖和淀粉的变化

赵广东¹ 刘世荣¹ 马全林²

(1 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

(2 甘肃省治沙研究所, 武威 733000)

摘 要 在甘肃民勤沙生植物园利用植物蒸腾耗水量观测场, 研究了两种优势旱生植物沙木蓼 (*Atraphaxis frutescens*) 和沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*) 叶片中的叶绿素、可溶性糖、淀粉和 N、P、K 含量等对不同地下水深度 (1 ~ 3.4 m) 的响应。结果表明: 1) 1.4 m、2.4 m 和 3.4 m 3 种不同的地下水深度处理, 产生了 3 种差异显著的土壤水分梯度; 2) 地下水深度的变化导致了这两种旱生植物叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量、叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值等的显著变化 ($p < 0.01$); 3) 地下水深度的增加引起了两种植物叶片可溶性糖含量的升高和淀粉含量的降低; 4) 地下水深度的增加引起了两种植物叶片中 N、P、K 含量的降低; 5) 不同的地下水深度引起沙枣和沙木蓼叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量、叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值、N、P、K 含量、可溶性糖和淀粉增加或减少的程度不同。沙枣是非豆科固氮植物, 两者的差异是否与固氮作用相关还有待于进一步研究。

关键词 土壤水分梯度 旱生植物 生理指标

ECOPHYSIOLOGICAL RESPONSES OF TWO XEROPHYTES *ATRAPHAXIS FRUTESCENS* AND *ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA* TO THE CHANGE OF GROUNDWATER DEPTH IN ARID AREA I . CHANGES IN LEAF NUTRIENT , CHLOROPHYLL , SOLUBLE SUGAR AND STARCH CONTENTS

ZHAO Guang-Dong¹ LIU Shi-Rong¹ and MA Quan-Lin²

(1 Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, the Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

(2 Gansu Desert Control Research Institute, Wuwei 733000, China)

Abstract In order to elucidate the adaptation and ability of different xerophilous plants to soil water availability and provide the theories of vegetation regeneration for western desert areas in China, the photosynthetic physio-ecological characteristics and the contents of leaf chlorophyll, soluble sugar, starch, nitrogen, phosphorus and kalium of two desert plants (*Atraphaxis frutescens* and *Elaeagnus angustifolia*) in response to ground water availability were investigated in a controlled environment at the Plant Transpiration Consume Water Observation Station in Minqin Desert Botanical Garden, Gansu province.

In this experiment, the depths of groundwater (DGW) were set at three levels: 1.4 m, 2.4 m and 3.4 m. In each treatment, the two desert plants were transplanted to the observation sites with different DGW after growing naturally for 3 or 4 years. The contents of leaf chlorophyll, soluble sugar, starch, nitrogen, phosphorus and kalium of the two desert plants were measured by the methods described in "Experimental manual of plant physiology" and the photosynthetic measurements were conducted by using an open gas-exchange system (LI-6400P, LI-COR Inc. Lincoln, NE, USA).

The results showed that: 1) the three different DGW treatments resulted in a marked soil moisture gradient; 2) The changes of DGW led to significant changes in the leaf content of chlorophyll a (Chl a), chlorophyll b (Chl b), total chlorophyll (Chl a + Chl b) and the ratio of Chl a to Chl b (Chl a/Chl b) ($p < 0.01$); 3) The increment of DGW depths caused the increase of soluble sugar content and the decrease of starch content irrespective of plant species, but the extent of these changes varied between the two species; 4) Increased DGW caused a decrease in the content of nitrogen, phosphorus and kalium; 5) The changes of either increase or decrease in chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, nitrogen, phosphorus, kalium, soluble sugar, starch and the ratio of Chl a and Chl b of *A. frutescens* and *E. angustifolia* varied with DGW.

The original conclusions were drawn as follows: compared with *A. frutescens*, *E. angustifolia* may be more adaptive to the dry desert environment. Since *E. angustifolia* is a nitrogen-fixing species, further studies are needed to verify whether the differences between these two species are related to nitrogen fixation.

Key words Soil water availability, Xerophilous plants, Physiological characters

水分是干旱半干旱地区最重要的环境因子,对植物生长、存活、净生产力等具有极其重要的影响(Noble, 1997)。在干旱半干旱区,降水少而集中,影响和限制该地区植物生长、分布及植被演替的因子主要是土壤水分亏缺及其有效性。因此研究植物适应干旱生境的机理,一直是学术界的热点研究问题。

对荒漠化地区植物光合水分生理的研究主要集中在自然状态下叶片水势、蒸腾速率、光合速率和呼吸速率的日变化、季节变化以及其群落特征等(Nilsen & Sharifi, 1994; 冯金朝等, 1997; 高辉远等, 1995; 董学军等, 1994; 蒋高明等, 1999; 周海燕等, 1996; 汪邦锡等, 1996; 1997)。但是,最新研究表明,植物体中的无机离子、可溶性糖等在植物适应干旱环境胁迫中产生重要的生理作用。土壤水分缓慢胁迫条件下,怪柳(*Tamarix chinensis*)体内的有机溶质脯氨酸、可溶性糖、无机离子 K^+ 、 Na^+ 主动积累,用来降低怪柳体内的渗透势,为干旱逆境条件下植物维持正常的生命活动创造条件(王霞等, 1999)。水分胁迫能够引起荔枝叶片中可溶性糖和还原糖含量增加,淀粉和蔗糖含量降低(陈立松等, 1999)。在沙坡头地区的干旱环境中,植物体中可溶性糖和游离氨基酸,特别是脯氨酸的含量都较高(徐世建等, 2000)。菜豆种子在缓慢干旱环境中,可溶性糖如蔗糖、棉子糖系列特别是水苏糖在干旱忍耐中起着重要的作用(Blackman, 1992)。因此可溶性糖被认为是对于干旱忍耐的适应物质(Chen, 1990)。

甘肃民勤是我国典型的绿洲型荒漠化地区,主要表现为水分的不合理利用造成地下水位的下降,进而引起绿洲外围天然植被带的退化和消亡,造成风沙侵入和绿洲萎缩,而且还有土壤的盐渍化问题。据观测,民勤沙口子的地下水位从 1961 年的 2.24 m 下降至 1994 年的 12.99 m,平均每年下降 0.33 m。因此,研究该地区优势植物种对地下水有效性的生理响应与适应机理,可以为筛选抗旱物种以及揭示天然植被的退化机制提供理论依据。

在 1.4 m、2.4 m 和 3.4 m 3 种不同地下水深度(DGW)的长期处理下,研究了两种旱生植物沙木蓼(*Ataphaxis frutescens*)和沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)的光合生理生态特征,比较和分析了两种旱生植物叶片中的主要生理指标,包括叶绿素、N、P、K、可溶性糖和淀粉含量等的变化,目的是揭示不同旱生植物适应土壤水分有效性变化的能力与机制,以期为

我国西部荒漠化地区的植被恢复与重建提供理论依据。

1 实验地生境条件

实验区位于腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠交汇处的甘肃省治沙研究所沙生植物园内的蒸腾耗水量观测场。实验地的环境条件接近于自然状态,地上部分为沙丘,与周围沙生植物园封护区内的天然白刺(*Nitraria sibirica*)群落形成一体(郭志中等, 1988)。试验区的年平均降水量为 115 mm,降水集中在 7、8、9 月;干燥度为 5.3,年平均潜在蒸发量 2 643.9 mm,为降雨量的 23 倍,年平均气温 7.8 °C,最高气温 38.1 °C,最低气温 -28.8 °C;无霜期 165 d,风沙日数 139 d,沙暴日数 37 d,土壤为风沙土,地下水位 18 m。

2 实验方法

2.1 蒸腾耗水量观测场的建立及水分处理方法

蒸腾耗水量观测场建立在植物生长的自然环境中,由装满沙土的 66 个栽培池组成,栽培池为立方体形,长 100 cm,宽 100 cm,深分别是 1.6 m、2.6 m 和 3.6 m。栽培池的底部装有直径为 3~5 cm 的卵石,厚约 10 cm,以上装粒径为 0.5~1.0 cm 的碎石子,厚约 1 cm,卵石和石子层总厚约 11 cm 作为贮水层。贮水层上部为沙丘土,作为营养土层。植物所需要的水分从栽培池底部供给,并且由地下水位恒位补偿装置保持储水层水位在一个固定的水面上(分别为 1.4 m、2.4 m 和 3.4 m)。蒸腾耗水量观测场设置 3 种水分梯度,分别为 1.4 m、2.4 m 和 3.4 m(郭志中等, 1988)。每个水分梯度处理的栽培池分别有 22 个,分两行平行排列,每行 11 个。1995 年将 2 年生的沙拐枣(*Calligonum alaschanicum*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、沙枣和沙木蓼幼苗移植在栽培池中,每个栽培池内栽植一种植物。在每个水分梯度下,每种植物栽植 5~6 个重复。在蒸腾耗水量观测场中的每个水分梯度下,从西向东栽植的植物依次为沙拐枣、花棒、沙枣和沙木蓼。

2.2 土壤含水量的测定

在蒸腾耗水量观测场中选择沙木蓼和沙枣两种旱生植物的栽培池进行土壤含水量测定。对于每一种植物,分别在 1.4 m、2.4 m 和 3.4 m 3 种水分梯度条件下随机选取 5 个栽培池,从地表起每 20 cm 用

土钻进行 1 次土壤采样,采用烘干法(105℃,24 h)测其土壤含水量。在每种水分梯度条件下,取 5 次测定的平均值作为该水分梯度下该层的土壤含水量,与采集分析叶片生理指标样品的时间相同。

2.3 样品采集、数据采集与分析

2.3.1 叶片生理指标的测定

在 3 种 DGW 下,对正常生长的沙木蓼和沙枣等植株的中上部生长旺盛部分进行取样,每种 DGW 下每种植物取 3 个植株,每个植株取 3~5 片叶。取样时间为 2000 年 7~9 月。

测定的生理指标主要有:叶绿素 a (Chl a)、叶绿素 b (Chl b)、叶片全氮、叶片全磷、叶片全钾、可溶性糖、淀粉等。

丙酮-乙醇浸提分光光度法测定叶绿素含量,采用微量凯氏定氮法测定 N 含量、钼钼酸比色法测定 P 含量、火焰光度法测定 K 含量、蒽酮比色法测定可溶性糖含量、水浸提碘比色法测定淀粉的含量(张志良,1990)。

2.3.2 数据分析

对所有数据进行统计处理。方差分析在 SAS 软件下进行,用 Duncan 法(取显著度为 0.05)进行多重比较。

3 结果与分析

3.1 不同水分梯度下的土壤含水量

由图 1 可知,在相同 DGW 下,随土壤深度的增加,土壤含水量也随之增加,但增加的幅度不同。在 1.4 m DGW 下,各层次的土壤含水量随土壤深度的增加而极显著增加($p < 0.01$)。在 2.4 m DGW 下,介于 20~120 cm 深度内的土壤含水量无显著差异($p > 0.1$),当土壤深度 > 120 cm,土壤含水量随深度的增加而极显著增加($p < 0.01$)。在 3.4 m DGW 下,介于 20~180 cm 及 180~200 cm 范围内的土壤含水量无显著差异($p > 0.1$),当土壤深度大于 200 cm 后,土壤含水量随土层深度的增加而极显著增加($p < 0.01$)。

在各土层深度,DGW 为 1.4 m 的土壤含水量均极显著高于 DGW 为 2.4 m 和 3.4 m 的土壤含水量($p < 0.01$)。在 0~20 cm,随 DGW 的增加,表层土壤的含水量随之明显减少($p < 0.01$)。3.4 m DGW 的土壤含水量约为 1.4 m DGW 的 50%,2.4 m DGW 的土壤含水量约为 1.4 m DGW 土壤的 70%。在 20~120 cm 的土层深度,DGW 为 2.4 m 和 3.4 m 的土壤含水量无显著差异($p > 0.1$)。在 120~240 cm 的土层深

度,DGW 为 2.4 m 的土壤含水量显著高于 DGW 为 3.4 m 的土壤含水量($p < 0.01$)。

在 DGW 大于 1.4 m 时,DGW 的大小对表土(0~20 cm)含水量的影响较大,随土层深度的增加,土壤含水量的变化相对较小,越接近于地下水位,土壤的含水量又急剧增加。由此可见,DGW 的大小极大地影响不同深度土层的含水量,特别是表土的含水量,从而将影响植物的生理过程和生长发育。

图 1 不同 DGW 的各层次土壤含水量
Fig.1 Soil water moisture in different soil depth of three depths of ground water (DGW)

3.2 DGW 对叶绿素含量的影响

地下水深度对旱生植物叶绿素含量的影响极大。随 DGW 的增加,旱生植物的 Chl a、Chl b 及叶绿素总量(Chl a + Chl b)均极显著降低($p < 0.01$),而叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值(Chl a/Chl b)却极显著增高($p < 0.01$) (表 1,图 2)。与 1.4 m DGW 相比,在 DGW 为 3.4 m 时,Chl a 的含量下降了 40% 以上,Chl b 和 Chl a + Chl b 均下降了 60% 以上,Chl a/Chl b 的比值增加了 60% 以上。

从水分胁迫对叶绿素含量及其组成的影响来看,沙木蓼和沙枣对水分胁迫的适应能力大小不同。首先,沙木蓼和沙枣叶片中叶绿素含量的差异甚大。无论是在哪种 DGW 下,沙枣叶片的 Chl a 均是相同条件下沙木蓼的 2 倍左右,沙枣叶片 Chl b 及 Chl a + Chl b 均为同等条件下沙木蓼叶片含量的 2 倍以上。即使是在 DGW 为 3.4 m 下,沙枣叶 Chl a 的含量也比沙木蓼在 DGW 为 1.4 m 下的含量多。其次,从叶绿素含量的变化来看,虽然沙木蓼和沙枣的 Chl b 和 Chl a + Chl b 都分别下降了约 70% 和 60%,然而,对于光合作用影响较大的 Chl a 而言,沙木蓼的减少量比沙枣大,并且沙枣的 Chl a/Chl b 的增加值却比沙木蓼高。与 1.4 m DGW 相比,在 DGW 为 3.4 m 时,沙木蓼的 Chl a 下降了 55%,沙枣的 Chl a 仅下降了约 40%,沙木蓼的 Chl a/Chl b 比值增加了约 60%,而沙枣的 Chl a/Chl b 比值却增加了约

表 1 不同水分梯度下沙木蓼和沙枣叶片的生理生态指标
Table 1 Leaf ecophysiologic parameters of *A. frutescen* and *E. angustifolia* in different depths of ground water (DGW)

Item	样本数量 Sample number	沙木蓼/地下水深度 <i>Atrophaxi frutescen</i> /DGW			沙枣/地下水深度 <i>Elaeagnus angustifolia</i> /DGW			方差分析结果 ANOVA results		
		1.4 m	2.4 m	3.4 m	1.4 m	2.4 m	3.4 m	A	B	A × B
可溶性糖 Soluble Sugar (%)	8	0.55(0.10) ^a	0.81(0.06) ^b	0.97(0.09) ^b	0.71(0.11) ^a	1.11(0.12) ^b	1.65(0.14) ^b	****	****	**
淀粉 Starch (%)	11	0.71(0.08) ^a	0.43(0.09) ^b	0.19(0.05) ^c	0.80(0.14) ^a	0.51(0.06) ^b	0.29(0.04) ^c	****	*	—
全 N Total N (%)	11	1.45(0.17) ^a	1.11(0.16) ^b	0.70(0.10) ^c	2.30(0.16) ^a	1.90(0.11) ^b	1.74(0.13) ^b	****	****	****
全 P Total P (%)	11	0.41(0.08) ^a	0.29(0.10) ^b	0.11(0.02) ^c	0.33(0.07) ^a	0.21(0.05) ^b	0.10(0.03) ^c	****	****	—
全 K Total K (%)	11	1.40(0.10) ^a	1.05(0.15) ^b	0.73(0.06) ^c	1.87(0.11) ^a	1.60(0.12) ^b	1.21(0.17) ^b	****	****	**

— 表示无显著差异($p>0.1$);*, **, **** 分别代表差异显著度水平在 $p<0.1$, $p<0.05$, $p<0.01$ 水平上 相同的小写字母(a , b , c)表示在 $p<0.05$ 水平上平均值无显著差异 ;A 代表 DGW 水平 ;B 代表物种水平 ;A × B 代表 A 与 B 的交互作用 — , No significant difference at the 0.1 probability level ; * , ** , **** represent significant difference at the 0.1 , 0.05 and 0.01 probability levels respectively ; The different letters(a , b , c) denote that means are significant different at $p<0.05$ among the three DGW levels ; A , B and A × B represent the species level , the DGW level and their interaction respectively .

图 2 地下水深度对沙木蓼和沙枣叶片叶绿素含量的影响
Fig.2 Effects of depths of groundwater (DGW) on the leaf chlorophyll contents of *Atrophaxis frutescens* and *Elaeagnus angustifolia*

90%。因此 ,沙枣比沙木蓼更能适应相同程度的水分胁迫。

3.3 DGW 对叶片可溶性糖、淀粉含量的影响

DGW 的大小对沙木蓼和沙枣的可溶性糖、淀粉

含量有极显著影响($p<0.01$)(表 1)。

DGW 的增加 ,导致了这两种旱生植物叶片可溶性糖含量的极显著增加($p<0.01$) ,但两者的增加幅度不同 ,沙木蓼叶片在 3.4 m 时的可溶性糖含量比

在 1.4 m 时的可溶性糖的含量增加了约 75% ,而沙枣叶片在 3.4 m 时的可溶性糖含量比在 1.4 m 时的可溶性糖的含量增加了约 130%。叶片可溶性糖含量的增加被普遍看作是植物对水分胁迫的一种适应机制 ,从可溶性糖的增加幅度看 ,沙枣比沙木蓼更能适应相同程度的水分胁迫。

水分胁迫导致了这些旱生植物叶片淀粉含量的极显著减少(表 1)。但两者减少的幅度略有不同。与 1.4 m DGW 相比 ,在 3.4 m DGW 条件下 ,沙木蓼叶片的淀粉含量减少了约 60% ,而沙枣却减少了约 65%。

不同 DGW 条件下 ,沙木蓼和沙枣的可溶性糖有极显著差异($p < 0.01$)(表 1),而叶片淀粉的含量有显著差异($p < 0.1$)(表 1)。

在 1.4 m DGW 条件下 ,沙枣叶可溶性糖的含量约为沙木蓼的 1.3 倍 ,淀粉的含量约为沙木蓼的 1.1 倍 ,在 3.4 m DGW 条件下 ,沙枣叶可溶性糖的含量约为沙木蓼的 1.7 倍 ,淀粉的含量约为沙木蓼的 1.5 倍。

对于可溶性糖 ,物种与 DGW 之间的交互作用显著($p < 0.05$) ,而对于淀粉 ,物种与 DGW 之间的交互作用不显著($p > 0.1$)(表 1)。

3.4 DGW 对叶 N、P 和 K 含量的影响

DGW 的大小对沙木蓼和沙枣叶片 N、P、K 含量的影响极显著($p < 0.01$)(表 1)。DGW 的增加 ,导致了这些旱生植物叶片 N、P、K 含量的极显著减少($p < 0.01$) ,但两者相应指标减小的幅度不同 ,差异甚大。沙木蓼叶片在 3.4 m 时的全 N 量比在 1.4 m 时的全 N 量减少了约 50% ,而沙枣叶片在 3.4 m 时的全 N 量比在 1.4 m 时的全 N 量减少了约 30%。同样地 ,沙木蓼叶片的全 P 和全 K 含量在 3.4 m 时比在 1.4 m 条件下分别减少了约 75% 和 50% ,相应地 ,沙枣叶片的全 P 和全 K 在 3.4 m 条件下比在 1.4 m 条件下减少了 50% 和 35%。

在相同 DGW 条件下 ,沙木蓼和沙枣叶片的全 N 和全 K 含量有极显著差异($p < 0.01$)(表 1) ,叶片全 P 的含量有显著差异($p < 0.05$)(表 1)。

沙枣叶片中全 N 和全 K 的含量比沙木蓼高 ,全 P 的含量比沙木蓼低(除 3.4 m DGW 外)。在 1.4 m DGW 条件下 ,沙枣叶全 N 的含量约为沙木蓼的 1.6 倍 ,全 K 的含量约为沙木蓼的 1.3 倍 ,全 P 的含量约为沙木蓼的 80% ;在 3.4 m DGW 条件下 ,沙枣叶全 N 的含量比沙木蓼多 130% 左右(比沙木蓼在 DGW1.4 m 条件下的值还要高 20%) ,沙枣叶片全 P

的含量比沙木蓼多约 50% ,沙枣叶片全 K 的含量比沙木蓼多约 50%(表 1)。

由于 N、P、K 直接参与或影响着植物的光合作用 ,因此 ,叶片中 N、P、K 含量大小及其变化就直接反映了植物对水分胁迫的适应能力 ,由此可见 ,虽然两者均能适应一定程度的干旱环境 ,但沙枣比沙木蓼对于 3.4 m DGW 的水分胁迫具有更强的适应能力。

对于全 N ,物种与 DGW 之间的交互作用极显著($p < 0.01$) ,对于全 P ,物种与 DGW 之间的交互作用不显著($p > 0.1$) ,对于全 K ,物种与 DGW 之间的交互作用显著($p < 0.05$)。

4 讨论与结论

旱生植物沙拐枣(*Calligonum arborescens*)干旱处理 12 d 以后的短期实验表明 ,其同化枝内 Chl a、Chl b、Chl a + Chl b 和 Chl a/Chl b 的值分别降低了 36%、29%、31% 和 5% ,表明大约有 1/4 左右的叶绿素受到干旱破坏 ,但是 Chl a/Chl b 的比值变化不明显(王邦锡等 ,1997)。本文的长期实验研究表明 ,随着 DGW 的增加 ,沙枣和沙木蓼的 Chl a、Chl b 和 Chl a + Chl b 都降低 ,但是 Chl a/Chl b 却表现为显著的升高。Chl a/Chl b 比值的增加 ,反映了旱生植物对水分胁迫的适应机制。因为叶绿素 a 吸收蓝紫光 ,其中有一部分是参与光合作用光反应的中心色素 ,而叶绿素 b 主要吸收红光 ,所以 ,叶绿素 a 比叶绿素 b 对植物的光合作用的影响更大。在水分胁迫时 ,植物体尽量地增加叶绿素 a 的比重 ,以提高光能利用率来适应干旱环境。本文的研究结果与上述研究结果之间的不同可能与旱生植物长期生活在水分胁迫生境下的适应相关 ,也可能与物种间的差异有关。

沙枣是胡颓子科的落叶小乔木 ,在疏松的土壤上根部能够发育大量的根瘤菌 ,可以增加土壤中有氮的含量 ,相关的研究表明土壤中氮素的增加能够提高依赖光的光合作用能力、增加叶片中的 N 含量和叶绿素含量(Mulligan ,1989)。本文的研究表明 ,在不同的 DGW 条件下 ,沙枣叶片中的 N 含量和叶绿素含量都明显比沙木蓼叶片中的高 ,这可能与沙枣根部根瘤菌的固氮作用有关 ,但目前对于非豆科植物共生固氮的机理研究较少(杨忠等 2001) ,沙枣根部固氮与光合作用、叶片中 N 含量和叶绿素含量之间的关系还有待于进一步的研究。

在干旱条件下 ,磷素营养能够减缓水分胁迫造成的叶绿素和类胡萝卜素的下降 ,提高叶绿素 a 和叶

绿素 b 之间的比值,能够促进细胞分裂,叶片伸长,叶面积增大,从而提供更多的光合作用的场所(Rodríguez *et al.*, 1995)。本实验中,在 3.4 m 的 DGW 条件下,沙枣叶片全磷的含量明显高于沙木蓼,而且随 DWG 的增加,沙枣叶片全磷含量的降低幅度要比沙木蓼的小,这些实验结果可以在一定程度上支持以前的研究结果。

钾素营养对植物抗旱性的影响机理包括很多方面(张士功等 2001),一般认为 K^+ 作为一种最重要的渗透调节物质,能够提高植物的渗透调节能力,明显增强气孔的调节作用。在不同的 DGW 下,沙枣叶片中全 K 的含量都比沙木蓼中的高,但是叶片全 K 含量的增加是否一定引起 K^+ 含量的增加,目前尚无定论。

很多研究表明,水分胁迫条件下,作为植物渗透调节物质的可溶性糖含量的增加可以降低植物体内的渗透势,以利于植物体在干旱逆境中维持体内正常的所需水分,提高植物的抗逆适应性(Blackman, 1992; Chen, 1990; 陈立松等, 1999; 王霞等, 1999; 徐世建等 2000)。在本实验中,随着 DGW 的增加,沙枣和沙木蓼叶片中可溶性糖含量增加,淀粉含量降低,在 2.4 m 和 3.4 m 的 DGW 条件下,沙枣叶片中可溶性糖含量都比沙木蓼叶片中的高。因此,沙枣对水分胁迫的适应能力较强。

综上所述,地下水深度的增加导致了沙枣和沙木蓼叶片中的 Chl a、Chl b、叶绿素总量、Chl a 与 Chl b 的比值的显著变化以及叶片可溶性糖含量的升高和淀粉含量的降低;同时地下水位深度的增加引起了沙枣和沙木蓼叶片中 N、P、K 含量的降低;但是 DGW 的增加所引起的沙枣和沙木蓼叶片中 Chl a、Chl b、叶绿素总量、Chl a 与 Chl b 的比值、N、P、K 含量、淀粉和可溶性糖减少或增加的程度不同。可以得出,沙枣可能比沙木蓼更适合于在荒漠化地区生长。

参 考 文 献

Blackman, S. A. 1992. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds. *Plant Physiology*, **100**: 225 ~ 230.

Chen, L. S. (陈立松) & X. H. Liu (刘星辉). 1999. Effects of water stress on sucrose metabolism in *Litchi* leaves and its relation to drought resistance. *Chinese Journal of Tropical Crops (热带作物学报)*, **20**: 31 ~ 36. (in Chinese with English abstract)

Chen, Y. 1990. Roles of carbohydrates in desiccation tolerance and membrane behavior in maturing maize seed. *Crop Science*, **30**: 971 ~ 975.

Dong, X. J. (董学军), B. Z. Yang (杨宝珍), K. Guo (郭柯), Z. M. Liu (刘志茂), Alatengbao (阿拉腾宝), S. Han (韩松)

& Y. X. Zhao (赵雨兴). 1994. An investigation on the water physio-ecological characteristics of some psammophytes. *Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报)*, **18**: 86 ~ 94. (in Chinese with English abstract)

Feng, J. Z. (冯金朝), C. L. Zhang (张承烈), Z. C. Huang (黄子琛) & H. G. Liang (梁厚果). 1997. Study on CO_2 exchange characteristics of desert plants under different environmental conditions. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica (西北植物学报)*, **17**: 135 ~ 141. (in Chinese with English abstract)

Gao, H. Y. (高辉远), W. J. Li (李卫军), J. Xu (徐江) & Tursunay (土尔逊娜依). 1995. Diurnal course of photosynthesis and respiration in reed leaves of different growth forms in plain desert area of northern Xinjiang. *Grassland of China (中国草地)*, **5**: 53 ~ 59. (in Chinese with English abstract)

Guo, Z. Z. (郭志中) & M. Zhao (赵明). 1988. Establishment of the Plant Transpiration Consume Water Observation Station. *Journal of Desert Research (中国沙漠)*, **8**: 48 ~ 56. (in Chinese with English abstract)

Jiang, G. M. (蒋高明). 1996. LI-6400 portable photosynthesis system: principle, function, basic operation and main problems and solutions during measurement. *Chinese Bulletin of Botany (植物学通报)*, **13**(Supp.): 72 ~ 76. (in Chinese)

Jiang, G. M. (蒋高明) & W. M. He (何维明). 1999. Species- and habitat- variability of photosynthesis, transpiration and water use efficiency of different plant species in Maowusu sand area. *Acta Botanica Sinica (植物学报)*, **41**: 1114 ~ 1124. (in Chinese with English abstract)

Long, S. P., N. R. Baker & C. A. Raines. 1993. Analysing the response of photosynthetic CO_2 assimilation to long-term elevation of atmospheric CO_2 concentration. *Vegetatio*, **104/105**: 33 ~ 45.

Mulligan, D. R. 1989. Leaf phosphorus and nitrogen concentration and net photosynthesis in *Eucalyptus* seedlings. *Tree Physiology*, **5**: 149 ~ 157.

Nijs, I., R. Ferris & H. Blum. 1997. Stomatal regulation in a changing climate: a field study using free air temperature increase (FATI) and free air CO_2 enrichment (FACE). *Plant, Cell and Environment*, **20**: 1041 ~ 1050.

Nilsen, E. T. & M. R. Sharifi. 1994. Seasonal acclimation of stem photosynthesis in woody legume species from the Mojave and Sonoran desert of California. *Plant Physiology*, **105**: 1385 ~ 1391.

Noble, P. S. 1997. Root distribution and seasonal production in the northwestern Sonoran desert for a C_3 shrub, a C_4 bunchgrass, and a CAM leaf succulent. *American Journal of Botany*, **84**: 949 ~ 955.

Rodríguez, D., G. E. Santa & M. C. Pomar. 1995. Effects of phosphorus and drought stress on dry matter and phosphorus allocation in wheat. *Journal of Plant Nutrition*, **18**: 2501 ~ 2517.

Wang, B. X. (王邦锡), H. Wang (王辉) & J. C. Huang (黄久常). 1997. Responses of photosynthesis and respiration on growth season, light intensity, higher temperature and drought in assimilative shoot of *Calligonum arborescens* Litv. *Scientia Silvae Sinicae (林业科学)*, **33**: 18 ~ 23. (in Chinese with English abstract)

Wang, B. X. (王邦锡), J. C. Huang (黄久常) & H. Wang (王辉). 1996. Effects of light intensity and temperature on photosynthesis and respiration in leaves of *Caragana korshinskii* Kom. during different growth seasons. *Journal of Desert Research (中国沙漠)*, **16**: 145 ~ 148. (in Chinese with English abstract)

Wang, X. (王霞), P. Hou (侯平), K. L. Yin (尹克林), D. Q. Feng (冯大千) & B. R. Pan (潘伯荣). 1999. Effect of soluble substance of *Tamarix* under soil-water stress slowly. *Arid Zone Research (干旱区研究)*, **16**: 6 ~ 11. (in Chinese with English abstract)

Xu, S. J. (徐世建), L. Z. An (安黎哲), H. Y. Feng (冯虎

元), X. L. Wang (王勛陵) & X. R. Li (李新荣). 2000. Comparative study on drought-resistance indexes of two desert plants. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), **20**: 224 ~ 228. (in Chinese with English abstract)

Yang, Z. (杨忠), J. Luo (罗辑) & D. J. Wang (王道杰). 2001. Relationship between nitrogen fixation and photosynthesis of *Coriaria sinica*. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**: 244 ~ 248. (in Chinese with English abstract)

Zhang, S. G. (张士功), G. D. Liu (刘国栋) & G. L. Liu (刘更另). 2001. Plant nutrition and drought resistance of crops. *Chinese Bulletin of Botany* (植物学通报), **18**: 64 ~ 69. (in Chinese with English abstract)

Zhang, Z. L. (张志良). 1990. Experimental manual of plant physiology. Beijing: China Higher Education Press. (in Chinese)

Zhou, H. Y. (周海燕) & Z. C. Huang (黄子琛). 1996. Changes in photosynthesis and transpiration of main constructive plants in Maowusu desert. *Acta Phytoecologica Sinica* (植物生态学报), **20**: 120 ~ 131. (in Chinese with English abstract)

责任编辑 : 蒋高明 责任编辑 : 姜联合

北京大学成立生态学系

2002 年 6 月 5 日 , 随着北京大学环境学院的成立 , 北京大学生态学系也宣告成立 , 成为国内大学中首批从事各类生态学专门人才培养和生态学基础与应用研究的机构。

北京大学生态学系的前身是原北京大学城市与环境学系生态学教研室。本系现有在编教员 7 人 , 海内外兼职教员 5 人 , 退休返聘人员 3 人 , 其中教授 7 人 , 副教授 6 人 , 讲师 2 人。近年来 , 在“ 985 工程 ”、“ 211 工程 ”和“ 理科基地 ”建设项目的资助下 , 本系先后购置 300 余万元的教学和科研设备 , 完成了生态学教学实验室的建设。目前已具备孢粉分析、树木年轮分析、人工气候可控试验、植物形态与解剖试验、植物化学与土壤化学分析、植被数量分析等实验和模拟条件。作为北京大学“ 地表过程与分析模拟教育部重点实验室 ”的一部分 , 正在组建一个设备先进的生理生态与分子生态学研究实验室。一个集科研和教学实习为一体的高起点的野外生态定位研究站也正在建设中。

过去 5 年 , 本系教员先后承担了国家重点基础发展规划项目(973 项目)、国家自然科学基金重点和面上项目、省部级项目和国际合作项目等约 40 项 , 项目经费总额达到 1 500 万元 , 平均每年 300 万元 , 人均年科研经费在 30 万元以上。全系出版专著 6 部 , 在国内外核心刊物上发表论文 110 余篇 , 其中 SCI 收录论文 30 余篇。全系已逐步形成了全球气候变化及其生态响应、生物多样性保护、植被生态学、山地生态学、生态系统生理学、景观生态学与景观规划以及城市生态学等几个有特色的研究方向。特别是近期关于碳循环与全球变化的研究取得突破性进展 , 部分成果已成为北京大学创建世界一流大学的标志性研究成果之一。

本系今后的发展规模 : 建设一个规模适度的高水准教师队伍 , 5 年左右在职教员 13 ~ 15 人 , 国内外兼职教员 8 ~ 10 人 , 博士后人员 8 ~ 10 人 ; 在职教员中 , 各类国家级优秀人才的比例占 1/3 ~ 1/2 , 拥有包括本科生、硕士生和博士生在内的完整的生态学人才培养体系。

人才培养的主要目标 : 在充分吸收国内外优秀的生态学教育模式的基础上 , 探讨并建立适合中国国情的生态学教育、科研和管理人才培养体系 ; 在课程设置方面 , 注重生物学和地学基础知识的学习 , 加强计算机、数理统计、GIS、遥感等技能的培训 , 强化基础理论、研究方法、室内与野外实验技能等方面的综合教育 ; 通过 5 ~ 8 年的建设 , 使生态学系成为全国最有影响的生态学人才培养基地之一。

主要科研方向和目标 : 基于碳循环和第四纪生态学的全球气候变化及其生态响应研究、生物多样性保护研究、地下生态学研究、植被生态与山地生态学研究、生态系统生理学研究、景观生态学与生态规划研究、城市生态与恢复生态学研究、不同尺度生态学研究方法的探讨 ; 通过 8 ~ 10 年的建设 , 使生态学系成为国内外知名的生态学科科研单位。

北京大学生态学系热切期待着与国内外高等院校、科研院所在生态学人才培养、科学研究以及应用基础等方面开展合作 , 也热诚欢迎海内外从事生态学教学和科研的有识之士前来讲学或加盟生态学系。网址 : <http://www.environ.pku.edu.cn/xisuo/stx.htm>

(北京大学生态学系 方精云、沈泽昊)