

# 水分胁迫条件下高粱叶片的渗透调节 及其对气孔导度和蒸腾速率的影响

王玉国

(山西农业大学, 太谷 030801)

荆家海 王韶唐

(西北农业大学, 杨凌 712100)

## 摘 要

两个抗旱性不同的高粱品种“3197B”和“三尺三”，在水分胁迫条件下，抗旱品种3197B渗透势降低，渗透调节能力较强。正常灌水时，两品种的气孔导度和蒸腾速率均随光照增强而增加，品种间差异不大；水分胁迫条件下，上午3197B气孔导度和蒸腾速率高于三尺三，午后水分胁迫严重时又低于三尺三，但其叶水势和膨压比三尺三高。

**关键词** 高粱 水分胁迫 渗透势 渗透调节 气孔导度 蒸腾速率

多数高等植物在个体发育每个阶段都会遇到程度不同的水分胁迫。从中生境中大气湿度和净辐射的微小波动到干旱环境中极端的土壤水分亏缺和大气的低湿度，水分亏缺表现特征各种各样<sup>[2]</sup>。水分胁迫条件下植物渗透势的降低，即渗透调节作用是植物耐旱性的一种重要特征；同时也可以降低气孔导度的方式防止水分散失<sup>[6]</sup>。水分胁迫使叶水势降低，而渗透调节可使植物维持较高的气孔导度。水分胁迫期间植物越能维持膨压就越能使植物气孔关闭的最低水势降低<sup>[3]</sup>。在许多植物中，当光照和温度不影响气孔导度时，膨压丧失点大约与气孔的关闭相一致<sup>[11]</sup>。而渗透调节能力强的高粱品种，气孔关闭的水势比渗透调节能力弱的品种低0.6MPa<sup>[12]</sup>。可见，假使水分胁迫对光合作用的气孔和非气孔因素的影响是一致的话，那么渗透调节能力强的植物在叶水势较低时还能保持较高的气孔导度，这对光合作用是有利的。本研究选用了两个抗旱性不同的高粱品种，研究其品种间在水分胁迫条件下渗透调节能力的差异，以及渗透调节引起膨压保持与气孔开闭的关系，为抗旱育种和旱农栽培提供理论依据。

1989—07—21收稿。

本课题系国家自然科学基金资助项目一部分。

## 材料与方 法

### 一、材料及处理

高粱品种为“3197B”和“三尺三”(Sorghum vulgare Per. CV. 3197B和San Chi San)。将精选种子播于装有筛表层土壤(12kg)的白色瓷盆(直径25厘米,高30厘米)中,置于玻璃房遮雨棚中培养。待第五叶完全展开后开始控水干旱处理,对照保持正常灌水。

### 二、测定项目

1. 水势( $\psi_w$ ) 用美国土壤水分仪器公司制造的压力室测定。
2. 渗透势( $\psi_s$ ) 用热电偶湿度计法[1]。
3. 压力势( $\psi_p$ ) 按 $\psi_p = \psi_w - \psi_s$ 计算 $\psi_p$ 。
4. 大气水势( $\psi_{wv}$ ) 从干湿球温湿度计上读得温度和相对湿度,再将其代入下式,求得 $\psi_{wv}$ [8]:

$$\psi_{wv} = \frac{RT}{V_w \cdot 10^{-3}} \ln \frac{RH}{100}$$

式中, $T$ 为绝对温度, $R$ 为气体常数, $V_w$ 为水的偏克分子体积, $RH$ 为相对湿度。

5. 叶片气孔导度、蒸腾速率及光照强度 用美国Li-1600型稳态气孔计测定。

## 实验结果

### 一、品种内灌水和干旱处理时渗透调节与气孔导度及蒸腾速率的日变化

大田盆栽条件下,两品种在灌水处理(土壤含水量15%)和干旱处理(土壤含水量11%)时,一日内(8~20时)叶片 $\psi_w$ 、 $\psi_s$ 、 $\psi_p$ 、气孔导度和蒸腾速率,均随一日的光照、气温、 $\psi_{wv}$ 和 $RH$ 变化表现出明显差异。图1左b表明,3197B品种叶片 $\psi_w$ ,灌水处理总是高于干旱处理。下午17时叶 $\psi_w$ 最低,灌水处理为-1.14MPa,干旱处理为-1.54MPa;这时的 $\psi_s$ 分别为-1.58MPa和-1.64MPa。3197B $\psi_p$ 日变化表现出上午高,下午低,傍晚又回升的趋势(图1左c)。 $\psi_p$ 最低时,灌水处理为0.44MPa,干旱处理为0.1MPa。环境因素和植物体内水分状况变化,影响到叶片气孔导度和蒸腾速率的日变化。尽管灌水处理叶片 $\psi_w$ 和 $\psi_s$ 在17时以前不断下降,但气孔导度和蒸腾速率一直在增加。当 $\psi_w$ 和 $\psi_s$ 下降到最低时,叶片的气孔导度和蒸腾速率也达到最大值,分别为 $0.23\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $7.2\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在18时以后,虽然叶 $\psi_w$ 和 $\psi_p$ 增高,但气孔导度和蒸腾速率却迅速下降。3197B水分胁迫时叶片最初气孔导度和蒸腾速率随光照强度增加而增加;但在12时以后,随 $\psi_w$ 和 $\psi_p$ 下降,气孔导度和蒸腾速率也下降。14~18时下降到最低值,分别为 $0.01\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $0.5\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。之后,叶片 $\psi_w$ 和 $\psi_p$ 提高,气孔导度和蒸腾速率也增加,但由于傍晚后光照减弱,其增加不太大。

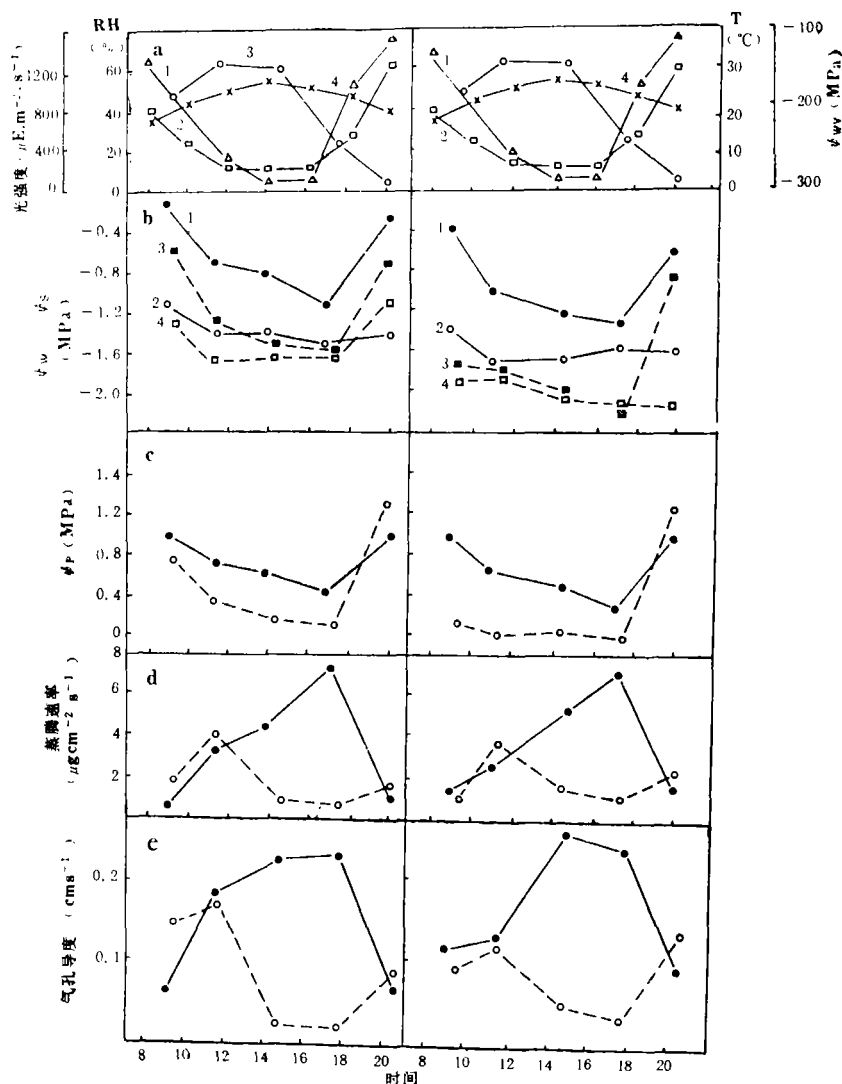


图1 大田盆栽条件下3197B(左)和三尺三(右)的灌水处理(实线)和干旱处理(虚线)的叶片 $\psi_w$ 、 $\psi_s$  (b)、 $\psi_p$  (c)、蒸腾速率和气孔导度的日变化

a: 1.  $\psi_{wv}$  2. RH 3. 气温 4. 光强度 b: 1. 灌水处理 $\psi_w$  2. 灌水处理 $\psi_s$  3. 干旱处理 $\psi_w$  4. 干旱处理 $\psi_s$

三尺三品种在灌水和干旱处理时的叶 $\psi_w$ 、 $\psi_s$ 和 $\psi_p$ 变化趋势与3197B近似(图1右)。但不论是灌水处理或干旱处理,其 $\psi_w$ 下降均比3197B低。且干旱处理最低 $\psi_w$ 可下降到 $-2.20$  MPa。 $\psi_s$ 下降与此相同,这时叶片已呈严重水分亏缺状态。灌水处理的 $\psi_p$ ,尽管随叶 $\psi_w$ 下降而下降,但在 $\psi_w$ 最低时还能维持 $0.3$  MPa的 $\psi_p$ ;而干旱处理从 $11\sim 18$ 时, $\psi_p$ 几乎一直为零。三尺三叶片气孔导度和蒸腾速率,不论是灌水或干旱均与3197B变化相似。

## 二、品种间灌水和干旱处理时的渗透调节、气孔导度和蒸腾速率日变化

灌水处理条件下(图2左),3197B叶 $\psi_w$ 、 $\psi_s$ 和 $\psi_p$ 均高于三尺三,从 $11\sim 20$ 时,三尺三

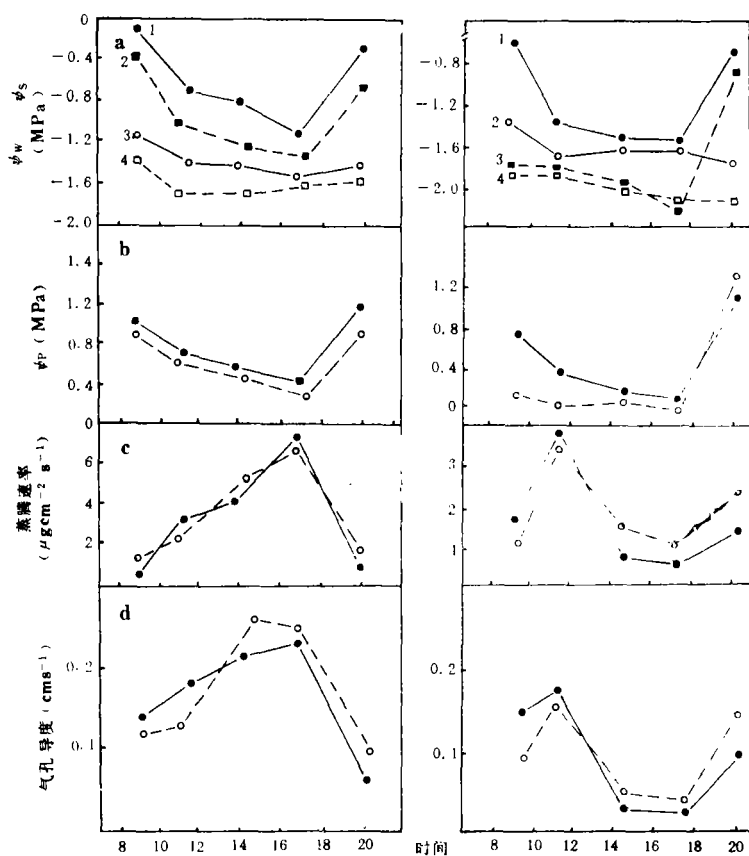


图2 大田盆栽条件下3197B(实线)和三尺三(虚线)的灌水处理(左)和干旱处理(右)的叶 $\psi_w$ 、 $\psi_s$ (b)、 $\psi_p$ (b)、蒸腾速率和气孔导度的日变化

a: 1. 3197B $\psi_w$  2. 3197B $\psi_s$  3. 三尺三 $\psi_w$  4. 三尺三 $\psi_s$

气孔导度较3197B高;二者蒸腾速率却相同。在干旱处理条件下(图2左),两品种 $\psi_w$ 和 $\psi_s$ 的变化差异更大。在相同的水分胁迫条件下,3197B $\psi_w$ 一直比三尺三高,且 $\psi_s$ 较低;而三尺三 $\psi_w$ 下降很低,几乎与 $\psi_s$ 相同。一日内最低 $\psi_w$ 时,3197B为 $-1.54$ MPa,三尺三为 $-2.20$ MPa。从两品种 $\psi_p$ 日变化上,上午9时,3197B $\psi_p$ 维持为 $0.75$ MPa;而三尺三只有 $0.14$ MPa。12时以后,三尺三的 $\psi_p$ 一直为零,3197B还维持一定的 $\psi_p$ ,最低时为 $0.1$ MPa。水分胁迫条件下,两品种的 $\psi_w$ 、 $\psi_s$ 和 $\psi_p$ 的变化明显影响气孔的行为。图2右表明,上午12时以前,3197B气孔导度和蒸腾速率均大于三尺三;之后随水分亏缺的加剧又低于三尺三。尽管如此,3197B还维持比三尺三高的 $\psi_w$ 和 $\psi_p$ 。

## 讨 论

大田条件下,水分和光照是影响气孔开放的主要因素。在光照强度不受限制时,水分亏缺引起植物叶水势下降会改变气孔导度[7,10]。两个高粱品种在灌水和干旱条件下,各水分

参数变化较大,水分胁迫时,明显降低气孔导度和蒸腾速率。图1左表明,3197B在一日内最低水势时,灌水和干旱处理的气孔导度和蒸腾速率分别相差 $0.22\text{cm}^{-1}$ 和 $6.7\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同样三尺三相差 $0.25\text{cm}^{-1}$ 和 $6.1\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从品种间两种处理的结果比较(图2左),正常灌水条件下,抗旱品种3197B的 $\psi_w$ 高于三尺三,但两品种一天内气孔导度和蒸腾都高,差异不大。在傍晚光照减弱时,气孔导度和蒸腾速率下降。显然正常灌水条件下,光照是限制气孔开放的主要因素。水分胁迫条件下(图2右),两品种 $\psi_w$ 和 $\psi_s$ 均下降,3197B $\psi_w$ 和 $\psi_s$ 较高;而三尺三 $\psi_s$ 很低(最低为 $-2.20\text{MPa}$ ), $\psi_p$ 几乎一直为零。说明三尺三渗透调节作用完全丧失。两品种气孔导度和蒸腾速率在上午均增加,且3197B比三尺三高,这与3197B渗透调节有关;午后两品种气孔导度和蒸腾速率均下降,且3197B比三尺三下降更低。这时3197B $\psi_w$ 和 $\psi_s$ 仍较高。表明严重水分胁迫下,抗旱品种3197B可通过降低气孔导度减少水分丢失,以保持较高的 $\psi_w$ 和含水量<sup>[9]</sup>。这种对于旱适应的气孔调节反应,是植物避旱的一种重要方式<sup>[5]</sup>。从两品种的 $\psi_s$ 变化与气孔导度来看,不论灌水或干旱处理, $\psi_s$ 的大小与气孔开闭均无直接的关系。

### 参 考 文 献

- [1] 荆家海等: 利用热电偶湿度计测定水势,《植物生理学通讯》,1935(1): 51—53
- [2] Aspinall, D.: Role of hormones in adaptation to water stress. In adaptation of plant to water and high temperature stress, Eds N. C. Turner, P. J. Kramer, 1980: 155—172
- [3] Henson, I. E. et al: Osmotic adjustment to water stress in pearl millet, Plant Cell Environ., 1983 (5): 147—154
- [4] Hsiao T. C. et al: Maize leaf elongation: Continuous measurement and close dependence on plant water stress, Science, 1970 (168): 590—591.
- [5] Levitt, J.: Response of plant to environmental stress, Vol 2, Academic Press, New York, 1972: 131—134
- [6] Levitt, J.: Response of plant to environmental stress, Vol. 2, Academic Press, New York, 1980: 131—134
- [7] Ludlow, M. M.: Adaptive significance of stomatal responses to water stress. In adaptation of plants to water and high temperature stress, Eds. N. C. Turner and P. J. Kramer, 1980: 123—138
- [8] Milburn, T. A.: Water flow in plants, Longman London and New York, 1979: 193—194
- [9] Morgan, J. M.: Osmoregulation and water stress in higher plants, Ann. Rev. Plant Physiol., 1984 (35): 299—319
- [10] Turner, N. C.: Stomatal behaviour and water status of maize, sorghum and tobacco under field condition, Plant Physiol., 1974 (53): 360—365
- [11] Turner, N. C. et al: Turgor maintenance by osmotic adjustment. A review and evaluation, in adaptation of plants to water and high temperature stress, 1980: 155—172
- [12] Wright, G. C. et al: Difference between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. II Root water uptake and water use, Aust. J. Agri. Res., 1983 (34): 627—636

# The Effects of Osmotic Adjustment in Sorghum Leaves on Stomatal Conductance and Transpiration Rate under Water Stress

Wang Yuguo

(*Shanxi Agricultural University, Taigu 030801*)

Jing Jiahai

Wang Shaotang

(*Northwestern Agricultural University, Yangling 712100*)

## Abstract

Osmotic adjustment capacity and its effect on stomatal conductance and transpiration rate were studied using seedling of two sorghum cultivars different in drought resistance (CV. 3197B, drought-resistance and San Chi San, drought susceptible) under water stress. The results showed that 3197B had a more negative osmotic potential and a higher osmotic adjustment. At normal moisture scheme, stomatal conductance and transpiration rate of both cultivars increased with the increase of solar radiation, and San Chi San exhibited a slightly higher conductance. Under water stress, the stomatal conductance and transpiration rate of 3197B were higher in the morning and lower in the afternoon than those of San Chi San, but water potential and turgor potential of the former were higher than the latter.

**Key words;** Sorghum; Water stress; Osmotic potential; Osmotic Adjustment; Stomatal conductance; Transpiration rate