

# ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 CO<sub>2</sub> 同化作用的影响\*

董永华 史吉平 李广敏 韩建民 商振清

(河北农业大学农学系, 河北保定, 071001)

## Effect of ABA or 6-BA on CO<sub>2</sub> Assimilation in Wheat Seedlings under Water Stress

Dong Yonghua Shi Jiping Li Guangmin Han Jianmin Shang Zhenqing

(Department of Agronomy, Hebei Agricultural University Hebei Baoding, 071001)

水分胁迫下光合作用降低是作物减产的主要原因, 光合速率下降源自气孔限制和非气孔限制, 前者指水分胁迫引起气孔关闭, CO<sub>2</sub> 供应受阻(Boyer, 1970), 后者指的是叶肉细胞间隙气相空间和 CO<sub>2</sub> 扩散阻力增大, PS II 及光合磷酸化活性下降(Gale, 1967), RuBPC 及果糖二磷酸酯酶活性下降, RuBP 再生受阻(Gerald, 1981), 光暗呼吸变化等(Hsiao, 1973)。已有试验表明, 6-BA 能促进 RuBPC 及甘油醛-3-磷酸脱氢酶活力(Harvey, 1974), ABA 亦能延缓 RuBPC 和 PEPC 活性的降低(孙谷畴等, 1986)。但 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下作物光合羧化酶活性的影响报道较少。本文对此进行初步探讨, 以阐明 ABA 和 6-BA 提高水分胁迫下小麦幼苗光合作用的机理, 为植物生长调节剂在旱作农业上的应用提供理论依据。

### 1 材料与方 法

**1.1 供试材料及其方法** 供试小麦(*Triticum aestivum* L.)品种为冀麦 24。精选种子, 用 0.1%HgCl<sub>2</sub> 溶液消毒 10min 后再用蒸馏水冲洗, 浸泡 10 h, 催芽后的种子播在含耕层土盆底具孔的塑料盆中, 每盆播 200 粒, 置人工培养室培养, 每天照光 12 h, 光强 10,000 Lx, 昼夜温度 28℃/22℃, 定期浇水, 待幼苗长到二叶一心时, 叶面喷施 10<sup>-5</sup> mol/L 的 ABA 或 6-BA, 对照喷同量的水, 各喷施液均加少量土温-80, 每晚喷施 1 次, 连续 3 d, 第 4 d 停止供水, 使土壤自然干旱, 并取第一叶片进行测定。

### 1.2 测试项目及其方法

**1.2.1 酶液制备** 叶片照光 2 h 后, 取 0.5 g 鲜材料放入预冷的研钵中, 加入 3 ml 预冷的

\* “八·五”农业部“重点应用基础研究”项目资助。

缩写: RuBPC 1, 5-二磷酸核酮糖羧化酶; PEPC 磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶; PPK 丙酮酸磷酸二激酶; MDA 丙二醛; iPA 异戊烯基腺苷; ABA 脱落酸; 6-BA 6-苄氨基嘌呤

收稿日期: 1995-08-25, 收到修改稿日期: 1996-08-08

100 mmol/L Tris-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 缓冲液, pH8.2(内含 7 mmol/L 巯基乙醇, 1 mmol/L EDTA, 5%甘油和 1%PVP), 冰浴中迅速研磨, 匀浆液于 15000×g, 4℃下离心 20 min, 取上清液备用。

1.2.2 RuBPC 活性测定 基本上按 Racker(1962)的分光光度法, 用 200 mmol/L 的 NaHCO<sub>3</sub>代替 2 mol/L KHCO<sub>3</sub>, 用 0.1 ml 酶提取液启动反应。

1.2.3 PEPC 活性测定见前文(董永华等, 1995)

1.2.4 PPK 活性测定 参照 Hocking(1985)等的方法, 用 0.1 ml 酶液启动反应。

1.2.5 内源激素的提取和测定 取 0.5 g 液氮速冻叶片加 2 ml 80%甲醇在冰浴中研磨成匀浆, 转入 5 ml 冷藏管, 再用 1 ml 甲醇分次将研钵冲洗干净, 一并转入小管中, 摇匀后放置在 4℃下过夜, 5000×g 离心 15 min, 上清液真空浓缩干燥除去甲醇, 用样品稀释液定容。

激素测定用酶联免疫吸附分析法(何钟佩, 1993)。

1.2.6 可溶性蛋白测定 按 Lowry(1951)法; MDA 含量测定按林植芳(1984)等的方法; 气孔阻力测定用美国 LI-1600 型稳态气孔计; 叶水势用压力室法(王万里, 1984)。

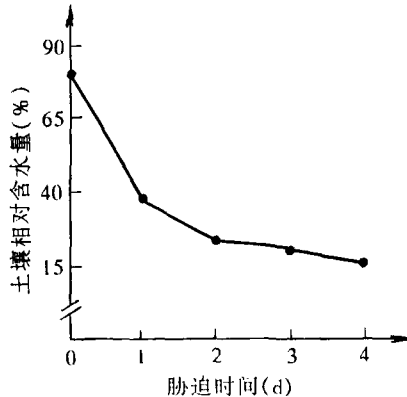


图1 停灌后土壤相对含水量的变化

Fig. 1 Change of SRWC after stop of irrigation.

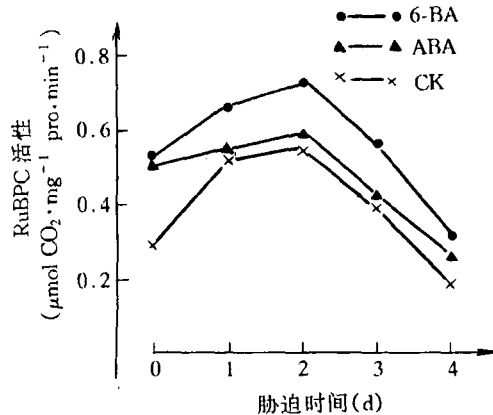


图2 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 RuBPC 活性的影响

Fig. 2 Effect of ABA or 6-BA on the RuBPC activity in wheat seedlings under water stress

## 2 试验结果

2.1 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 RuBPC 活性的影响 水分胁迫过程中土壤相对含水量变化如图 1, 随水分胁迫时间的延长, 小麦幼苗 RuBPC 活性先升后降(图 2)。当土壤相对含水量降到 24.3%时, 其活性升到最高, 为 0.548 μmol CO<sub>2</sub> · mg<sup>-1</sup> pro · min<sup>-1</sup>, 随后酶活性显著下降, 干旱 4 d 时, 其活性比干旱前降低 39.4%。叶面喷施 10<sup>-5</sup> mol/L 的 ABA 或 6-BA 均能显著促进水分胁迫下小麦幼苗的 RuBPC 活性, 其效果在前期较明显, 并且 6-BA 的作用强于 ABA。

2.2 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 PEPC 活性的影响 水分胁迫也影响 PEPC 活性, 小麦幼苗的 PEPC 活性在干旱 1 d 时稍升高, 随后降低(图 3)。喷施 ABA 或 6-BA 使小麦幼苗 PEPC 活性明显高于对照, 尤以 6-BA 的效应更明显。

2.3 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 PPK 活性的影响 小麦幼苗的 PPK 活性在

水分胁迫过程中也先升后降(图 4), 且同 PEPC 活性变化呈高度正相关, 其相关系数  $r=0.909^*$ 。6-BA 处理极显著促进 PPDK 活性, ABA 处理也能显著促进该酶活性。水分胁迫初期, ABA 的作用大于 6-BA, 后期相反。

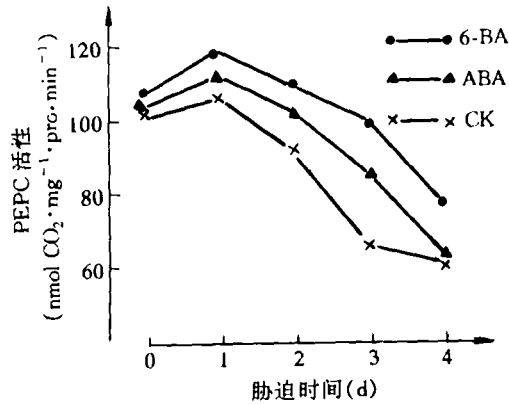


图 3 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 PEPC 活性的影响

Fig. 3 Effect of ABA or 6-BA on the PEPC activity in wheat seedlings under water stress

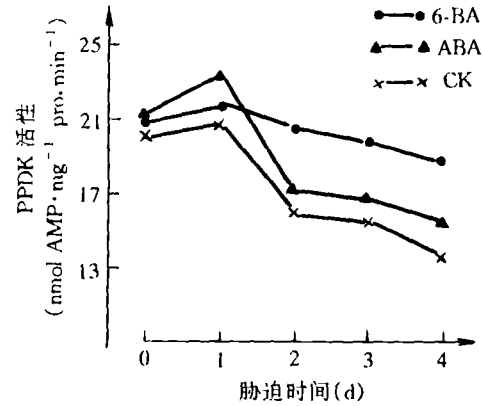


图 4 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗 PPDK 活性的影响

Fig. 4 Effect of ABA or 6-BA on the PPDK activity in wheat seedlings under water stress

**2.4 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗气孔阻力、叶水势和 MDA 含量的影响** 水分胁迫过程中小麦叶片气孔阻力增加, 叶水势降低, MDA 含量增加(表 1)。喷施 ABA 增加小麦叶片气孔阻力, 提高其叶水势, 降低 MDA 含量; 喷施 6-BA 后除降低气孔阻力外, 也能提高叶水势。MDA 是膜脂氧化的产物, 其含量的高低反映着植物受伤害的程度。由此可见, 6-BA 同 ABA 均能减轻水分胁迫对小麦幼苗的伤害程度。

以上结果表明, ABA 和 6-BA 对小麦幼苗的 RuBPC、PEPC 及 PPDK 活性有显著作用。而它们的作用可能是通过调节体内的 iPA 和 ABA 水平实现的。从表 2 可以看出, 随干旱程度的增加, 小麦幼苗内源的 iPA 含量下降,

ABA 含量增加。当土壤相对含水量降为 24.3% 时其内源 iPA 含量下降 39.2%, 内源 ABA 增加 28.5%。6-BA 处理提高水分胁迫过程中小麦幼苗 iPA 含量, 降低其体内 ABA 水平, ABA

表 1 ABA 和 6-BA 对水分胁迫下小麦幼苗气孔阻力、叶水势和 MDA 含量的影响  
Table 1 Effect of ABA or 6-BA on the stomatal resistance, water potential and content of MDA in wheat seedlings under water stress

项目 Item	0 day			3 day		
	CK	ABA	6-BA	CK	ABA	6-BA
气孔阻力 Stomatal resistance (s · cm <sup>-1</sup> )	3.74	33.57	2.52	42.3	66.4	34.4
水势 Water potential (MPa)	-0.519	-0.421	-0.441	-1.09	-0.960	-1.00
MDA 含量 Content of MDA (μ mol · g <sup>-1</sup> dw)	72.6	70.4	74.0	85.7	84.0	77.7

表2 ABA和6-BA对水分胁迫下小麦幼苗内源激素含量的影响  
Table 2 Effect of ABA or 6-BA on the endogenous hormones in wheat seedlings under water stress

内源激素 Endogenous hormones	0 day			3 day		
	CK	ABA	6-BA	CK	ABA	6-BA
iPA ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ )	4.03	3.94	9.81	2.45	2.04	8.18
ABA ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{dw}$ )	23.9	61.4	15.3	38.2	81.8	29.3
iPA/ABA	0.169	0.0641	0.0641	0.0641	0.0250	0.0276

paavuori(1986)等的研究表明,适度水分胁迫引起 *Salix sp* 的 RuBPC 活性增加。也有人认为该酶活性不受水分胁迫影响(O'Toole, 1976)。冯福生(1990)等用 PEG-6000 模拟水分胁迫,发现小麦幼苗 PEPC 活性降低,且干旱敏感品种较抗旱品种下降幅度大。谭克辉(1987)报道,经高温干旱处理后大豆的 PEPC 活性升高。Huffaher(1970)的研究表明,大麦的 PEPC 活性在轻度水分胁迫下降低,复水 24 h 后可恢复。本文结果说明,小麦幼苗的 RuBPC、PEPC 和 PPDK 活性在水分胁迫中先升后降。从前人工作及本文结果可见,不同水分胁迫时间、强度及方式对植物 RuBPC 和 PEPC 活性影响不同,不同植物种类或同一植物不同品种对水分胁迫的反应亦不同。至于水分胁迫初期光合羧化酶活性升高的原因还有待探讨。

关于激素对光合羧化酶的影响,Harvey(1974)等报道,6-BA 促进黄瓜子叶 RuBPC 活性。黄卓辉(1991)等认为,6-BA 对 RuBPC 活性的促进作用与其能够与 RuBPC 蛋白质的结合有关。孙谷畴(1986)等以 ABA 诱导水稻和苋菜离体叶片的衰老,发现 ABA 可加速 RuBPC 和 PEPC 活性的下降,激动素则相反。Popova(1983)等的研究表明,ABA 可降低大麦叶片中 RuBPC 活性和玉米叶片中的 PEPC 活性。Faltynowicz(1982)等报道,ABA 使豌豆幼苗 RuBPC 活性显著降低,PEPC 活性略有升高。本文表明,ABA 和 6-BA 均可提高正常水分状况和水分胁迫条件下小麦幼苗的 RuBPC、PEPC 和 PPDK 活性,且 6-BA 的作用强于 ABA。ABA 和 6-BA 促进光合羧化酶活性的原因可能有两种:一是激素与酶蛋白结合,激活该酶活性(黄卓辉等,1991);二是激素促进酶蛋白的重新合成(董永华等,待发表)。

植物对水分胁迫的反应包括激素的作用,特别是通过 CTK/ABA 之间的平衡可能调节着 RuBPC 和 PEPC 水平。本文结果表明,外源激素的作用主要通过调节体内激素水平而实现,且体内 iPA/ABA 比值也发生改变。叶面喷施 ABA 后,虽然抑制植物内源 ABA 的合成(Walton, 1980),但喷施的 ABA 可被植物直接吸收(Rikin, 1979),提高其体内 ABA 含量。6-BA 处理后是否能被植物直接吸收利用,目前尚无定论。有人证明植物中存在 6-BA 或它的核苷酸(荆家海,1994),并且有证据说明 CTK 可以通过韧皮部供给其它幼嫩器官。我们的结果表明,6-BA 处理可以显著提高小麦幼苗内源 iPA 含量,说明 6-BA 对植物生理过程的影响可能是通过调节内源 iPA 水平实现的。

处理则相反。

### 3 讨论

水分胁迫影响 RuBPC 及 PEPC 活性。薛崧(1992)和王帮锡(1992)报道,水分胁迫导致小麦叶片 RuBPC 活性下降。Va-