

渗透胁迫对水稻光合色素 和膜脂过氧化的影响*

蒋明义 荆家海 王韶唐

(基础课部)

摘 要 以抗旱性较强的稻种湘 1 和较弱的 763612 为材料,作 PEG6000 渗透胁迫实验。结果表明,在 -0.5MPa 下处理 3d, 两个品种叶片质膜透性和 MDA 含量有所增加, Chl 和 Car 含量有一定的下降, Chl a/b 和 Chl/Car 比值几乎不变。在 -0.8MPa 下两个品种的质膜透性和 MDA 含量大量增加, Chl 和 Car 含量急剧下降, Chl a/b 和 Chl/Car 呈上升趋势;不同抗旱性的水稻品种之间表现出一定的差异。植物光合色素含量与膜脂过氧化水平呈一定的负相关性。乙烯释放量下降,但未见乙烷释放。

关键词 渗透胁迫, 光合色素, 膜脂过氧化, 水稻

中国分类号 S511.101

植物遭受活性氧伤害会导致光合色素的降解⁽¹⁾。水分胁迫对光合色素的影响前人已有大量研究,但结论相差较大。有人报道,水分胁迫使叶绿素含量降低^(2,3)。Boyer 认为水分胁迫不影响叶绿素含量⁽⁴⁾。David *et al.* 的实验表明,水分胁迫下叶绿素含量增加⁽⁵⁾。一般认为,水分胁迫阻止原叶绿素酯的形成和叶绿素积累,尤其是阻止叶绿素 b 的累积,因而使叶绿素 a/b 比值升高⁽³⁾。但 Boyer 认为水分胁迫下叶绿素 a/b 比值不变⁽⁴⁾。Duysen *et al.* (1976) 认为类胡萝卜素不如叶绿素对水分胁迫敏感,因而 Chl/Car 比值降低。但 Chl 和 Car 在水分胁迫下的变化和膜脂过氧化的关系报道甚少。

本研究以不同抗旱性的稻种为材料,研究渗透胁迫对植物光合色素及膜脂过氧化水平的影响,为作物的抗旱机理研究提供一定的理论依据。

1 材料和方法

选用湘 1 (抗旱性较强) 和 763612 (抗旱性较弱) 两个稻种为材料,种子用盐水精选,再用 $0.2\%\text{HgCl}_2$ 消毒,反复用自来水冲洗后置于培养箱中浸种催芽 3d。然后在培养室中用木村 B 溶液培养。待三叶后用 PEG6000 配成 -0.5MPa 和 -0.8MPa 渗透溶液根际处理 3d。

叶片相对含水量 (RWC)、电解质渗漏及叶绿素含量的测定均按文 (6) 的方法;类胡萝卜素 (Car) 含量按波钦诺克的方法⁽⁷⁾ 测定;丙二醛 (MDA) 含量的测定,根

文稿收到日期: 1990-02-12.

* 国家自然科学基金资助项目。

据林植芳等的方法⁽⁸⁾, 取 1.5mL 粗酶液+2.5mL 0.5% TBA 的 10% TCA 溶液, 混合液于 100℃ 水浴中加热 15min, 迅速冷却, 于 4000rpm 离心 10min, 上清液于 532nm 和 600nm 处测定光密度值; 乙烯、乙烷的测定, 按李振国等⁽⁹⁾ 方法, 剪取 9 株不同处理的水稻植株地上部, 插入玻璃管中密封保温 2h, 然后抽取 1mL 气样测定, 然后再保温 2h, 继续测定。测定乙烯用日产 GC-9A 气相层析仪, 层析柱 4×200mm Al₂O₃ (1.5% Apieson), N₂ 为载体, 柱温 100℃, 氢火焰离子化探测器检测。乙烷根据保留时间, 以乙烯为标准计算。

2 结 果

2.1 渗透胁迫下苗体的水分状况

在渗透胁迫下, 稻苗叶片 RWC 随胁迫强度的增加和胁迫时间的延长而下降 (图 1)。比较两个品种的 RWC 变化时发现, 在轻度 (-0.5MPa, 48h) 至近中度 (-0.5MPa, 72h) 胁迫下, 两个品种的 RWC 基本上没有什么差异; 在严重 (-0.8MPa, 24h) 胁迫下两个品种 RWC 差异明显, 且随着时间延长, 差异呈极显著, 表明抗旱性较强的品种能维持较好的水分状况。

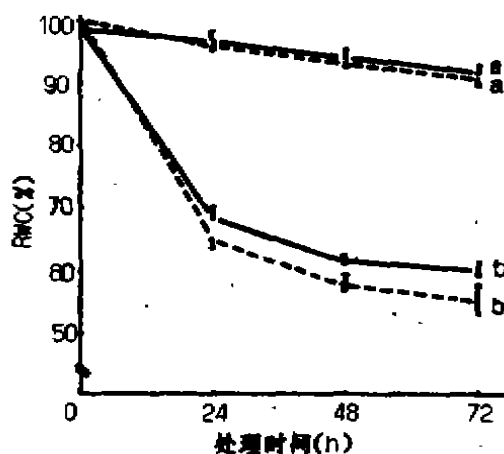


图1 渗透胁迫对叶片 RWC 的影响

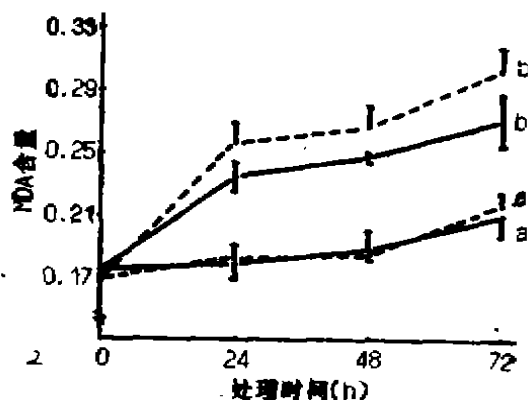


图2 渗透胁迫对 MDA 含量的影响

a. -0.5MPa; b. -0.8MPa

— 湘1; 763612

2.2 渗透胁迫对稻苗膜脂过氧化水平和膜透性的影响

丙二醛 (MDA)、乙烷和乙烯是脂质过氧化的产物, 可用 MDA 含量及乙烷释放量表示脂质过氧化的程度或生物膜破坏的程度^(10,11)。本实验表明, 稻苗经渗透胁迫后, 其 MDA 含量随 PEG 浓度的增加而增加 (图 2)。在 -0.5MPa 胁迫下, MDA 含量增加的幅度不大, 品种之间差异也不明显。在 -0.8MPa 严重渗透胁迫下, MDA 含量的上升表现了“急—缓—急”的变化趋势, 品种之间差异明显, 表明抗旱性较强的品种具有较强的抗膜脂过氧化能力。实验还表明, 在 -0.5MPa 和 -0.8MPa 渗透胁迫下处理 24h 和 48h 均未见乙烷释放。看来, 乙烷作为一种衡量过氧化的指标可能具有一定的限制。

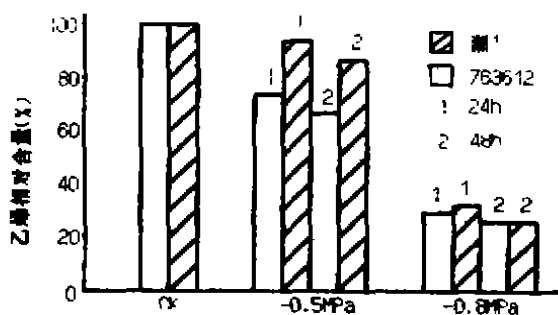


图3 渗透胁迫对乙烯释放的影响

由于细胞膜脂过氧化加剧而导致细胞膜透性增大, 离子大量外渗。图4结果表明, 叶细胞的相对透性随PEG浓度的增加而增加。膜透性的增大与MDA含量的上升存在着一定的正相关性。且抗旱性较强的湘1细胞膜伤害程度比抗旱性较弱的763612要轻一些。

2.3 渗透胁迫对水稻光合色素的影响

2.3.1 Chl含量的变化 图5表明, 渗透胁迫下Chl含量随水势的下降而下降, 在-0.5MPa下Chl含量有较明显的下降, 说明Chl对水分胁迫比较敏感, 在-0.8MPa下, Chl含量呈极显著降低, 且抗旱品种Chl含量降低幅度小于较不抗旱品种, 但品种之间没有显著性差异。

分析Chl a/b比值可以看出(图6), 两种处理均使Chl a/b比值上升, 且随着渗透胁迫的增强, Chl a/b比值上升的幅度增大。这可能是渗透胁迫对Chl b的积累更为不利, 因而使Chl a/b比值上升。

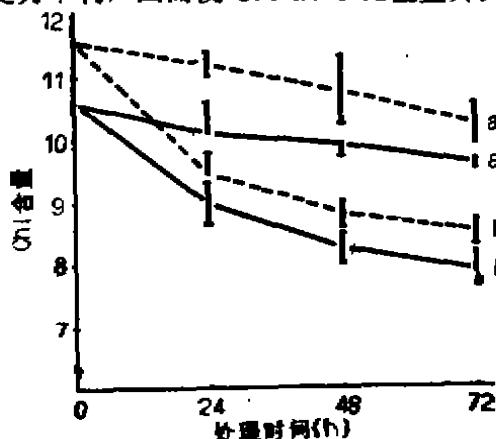


图5 渗透胁迫对Chl含量的影响

图3表明, 乙烯的释放量随渗透胁迫强度的增加和时间的延长而下降。在-0.5MPa下处理24h和48h, 湘1的降低程度低于763612, 表明湘1细胞受胁迫程度低于763612。在-0.8MPa严重渗透胁迫下处理24h后, 乙烯的释放量已经很少了, 表明此时植物细胞已遭受严重伤害。乙烯的释放量是否与膜脂过氧化有直接关系, 尚不明确。

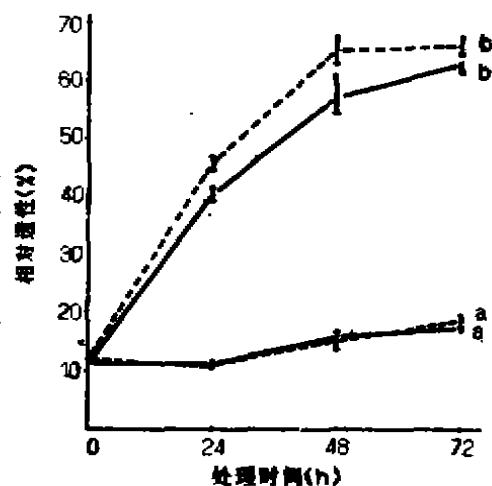


图4 渗透胁迫对叶细胞透性的影响

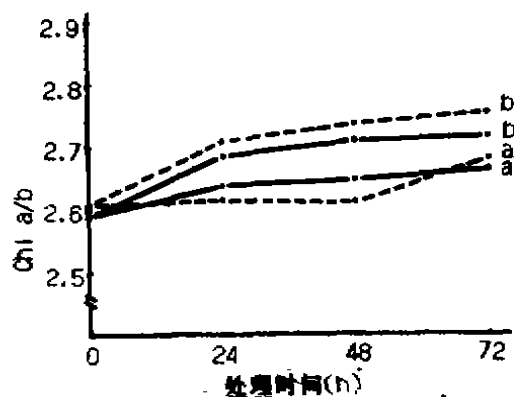


图6 渗透胁迫对Chl a/b比值的影响

2.3.2 Car 含量的变化 Car 既是植物光合色素又是植物体的内源抗氧化剂, 它在吸收光能, 保护 Chl 及猝灭活性氧方面起重要作用。图 7 表明, Car 含量随 PEG 浓度的增加而降低, 在 -0.5MPa 下其变化与 Chl 类似; 在 -0.8MPa 下两个品种的 Car 含量均急剧下降, 处理 72h 时, 湘 1 和 763612 Car 含量比对照分别降低 25.7% 和 34.2%, 品种之间差异明显。说明抗旱性较强的品种有维持抗氧化物质较高水平的能力, 以减轻活性氧毒害。

2.3.3 Chl/Car 比值的变化 图 8 表明, 在渗透胁迫下抗旱性较强的湘 1, Chl/Car 比值基本保持不变, 表明 Chl 与 Car 对水分胁迫的敏感程度基本一致, 抗旱性较弱的 763612 在 -0.5MPa 下 Chl/Car 比值基本不变, 但在 -0.8MPa 下比值呈上升趋势, 说明 Chl/Car 比值的变化似乎与品种的抗旱性有关。

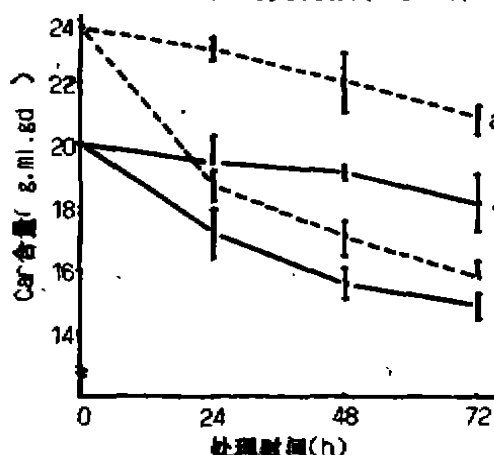


图 7 渗透胁迫对 Car 含量的影响

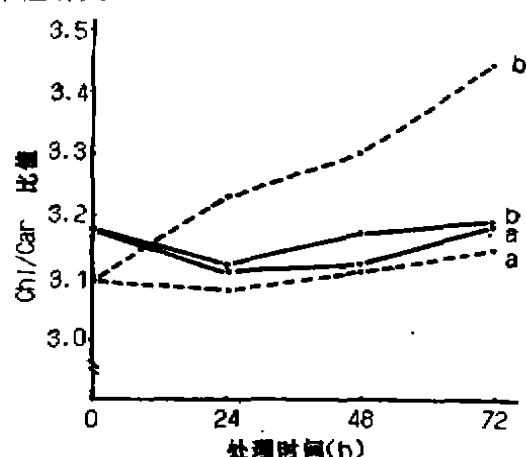


图 8 渗透胁迫时 Chl/Car 比值的影响

3 讨论

叶绿体类囊体膜的糖脂、磷脂和硫脂的脂肪酸组分中高度不饱和的亚麻酸(18:3)含量很高, 因而类囊体膜对自由基诱发的脂质过氧化特别敏感^[12]。膜脂氧化的结果, 引起膜结构的破坏和随之而导致一系列有害反应, 如色素的分解, 膜透性的改变, 离子的泄露, 最终导致植物细胞的死亡。本实验结果表明, 随着渗透胁迫的加强, 脂质过氧化产物增加, 细胞的伤害加剧。叶绿素含量随胁迫强度和时间增加而下降。在 -0.8MPa 下叶绿素含量极显著的下降, 且抗旱性较强的品种下降的幅度较小, 但品种之间差异不显著。Car 亦随 PEG 渗透胁迫的强度和时间而变化, 其降解速率与叶绿素基本一致或略大。这可能与活性氧的作用有关。Van Hasselt 曾证明, 低温伤害时叶片 Car 的分解比 Chl 快^[13]。Bärtitz (1964) 的试验表明, 在 SO_2 伤害中, Chl *a/b* 比值增加, 而 β -胡萝卜素/总叶绿素含量比值下降。在这些逆境下, Car 的降解比 Chl 快可能与 O_2 、 $^1\text{O}_2$ 等活性氧的作用有关^[1,12]。我们的试验与上述试验结果基本相似, 且 Chl/Car 的上升似乎与品种的抗旱性有关。

渗透胁迫下, 随着膜脂氧化的加剧, 植物光合色素降解加剧。很显然, 植物光合色素含量与膜脂过氧化水平之间呈一定的负相关性。我们曾观察到, 渗透胁迫下水稻幼苗内源保护酶系活性和抗氧化剂含量与膜脂过氧化水平及膜透性之间存在着负相关性。

(待发表)。抗旱性较强的品种在严重渗透胁迫下由于能使保护酶活性和抗氧化剂含量维持于较高水平, 有效地清除活性氧, 从而减轻膜脂过氧化, 降低光合色素的降解, 减轻膜伤害。

参 考 文 献

- 1 Tanaka k, Sugahara k. Role of superoxide dismutase in defence against SO_2 toxicity and increase in superoxide dismutase activity with SO_2 fumigation. *Plant Cell Physiol*, 1980, 21: 601~611
- 2 Mayoral M L *et al*. Effect of water stress on enzyme activity in wheat and related wild species: Carboxylase activity, electron transport and photophosphorylation in isolated chloroplasts. *Aust J Plant Physiol*, 1981, 8: 385~393
- 3 Randall S, *et al*. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize. *Plant Physiol*, 1977, 59: 351~353
- 4 Boyer J S. Water deficits and photosynthesis. In: Kozlowski T T ed. *Water Deficits and Plant Growth* Iv. New York: Academic Press, 1976. 153~190
- 5 David W *et al*. Regulation of Photosynthesis during water stress. *Advance in photosynthesis Research*, 1984, 4: 379~382
- 6 西北农业大学植物生理生化组编. 植物生理学实验指导. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987
- 7 波钦诺克·XH著; 荆家海, 丁钟荣译. 植物生物化学分析方法. 北京: 科学出版社, 1981. 255~259
- 8 林植芳, 李双顺等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系. *植物学报*, 1984, 26: 605~615
- 9 李振国, 刘恩等. 植物对二氧化硫的反应和抗性研究. *植物生理学报*, 1980 (1): 47~55
- 10 Konze J R, Elstner E F. Ethane and ethylene formation by mitochondria as indications of aerobic lipid degradation in response to wounding of plant tissue. *Biochem Biophys Acta*, 1978 (582): 213~219
- 11 Robert R *et al*. Lipid Peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiol*, 1980, 65: 245~248
- 12 陈由强, 黄尧雄. 植物体内单线态氧的产生及其猝灭. *植物生理学通讯*, 1987 (6): 1~8
- 13 Van hasselt P R. Photooxidation of leaf pigment in cucumis leaf discs during chilling. *Acta Bot Neerl*, 1972, 21: 539~543

Effect of Osmotic Stress on Photosynthetic Pigment and Level of Membrane-Lipid Peroxidation in Rice Seedlings

Jiang Mingyi Jing Jiahai Wang Shaotang

(Department of Basic Course)

Abstract Drought resistant paddy rice cultivar Xiang NO.1 and drought sensitive upland rice cultivar 763612 were used in conducting PEG 6000 osmotic stress. The experiment results showed that in the case of treatment under osmotic stress (-0.5MPa), the permeability of plasma membrane and malondialdehyde (MDA) contents of two cultivars increased, while Chl. and Car contents of two cultivars decreased to a certain extent with the ratio between chl a/b and Chl/Car remained almost unchanged; and that in the case of treatment under osmotic stress (-0.8MPa), the permeability of plasma membrane and malondialdehyde (MDA) contents of two cultivars increased greatly, while Chl. and Car contents of two cultivars dropped drastically. The ratio between Chl a/b and Chl/Car tends to rise. There also appeared to have some certain difference among rice cultivars with different drought resistance. Under osmotic stress, there seemed to have a certain negative correlation between the content of photosynthetic pigment in plant and level of membrane-lipid peroxidation, but ethane was not released in the experiment.

Key words osmotic stress, photosynthetic pigment, membrane-lipid peroxidation, rice