

水分胁迫对玉米保护酶系活力 及膜系统结构的影响

王茅雁 邵世勤 张建华 耿庆汉

(内蒙古农牧学院, 呼和浩特 010018)

摘 要 在 PEG 诱导的水分胁迫下, SOD 活力在不同抗旱性的玉米品种或杂交组合中均呈现下降—回升—下降的变化趋势; CAT 活力在抗旱性强的品种中先升(或基本不变)后降, 而在抗旱性弱的品种中一直降低; POD 活力在所有品种均呈明显降低。同时, 叶片质膜透性增大, 叶绿体和线粒体超微结构受损, 抗旱性强的品种受损程度较轻。SOD 和 CAT 活力与质膜、叶绿体和线粒体膜系统结构的损伤程度呈负相关, 与品种抗旱性呈正相关, 可作为玉米抗旱鉴定的生化指标; 而 POD 活力与上述膜系统的损伤程度及品种抗旱性相关不大。

关键词 水分胁迫 玉米 保护酶系 膜系统

目前, 普遍认为由环境胁迫引起的生物自由基的累积与植物膜的伤害有密切关系^[3,7]。而植物内源保护酶系(超氧化物歧化酶——SOD、过氧化氢酶——CAT 和过氧化物酶——POD)在清除生物自由基上担负有重要功能^[3,4,6,7]。因此, 它们对于保护植物膜免遭逆境伤害方面具有重要作用。迄今为止, 有关水分胁迫处理后保护酶系活力的变化及其与抗旱性的关系研究较多, 而对于水分胁迫下保护酶系的活力水平与膜系统的伤害程度及抗旱性关系研究较少。本实验采用 PEG—Hoagland 液模拟土壤干旱条件, 以抗旱性不同的玉米品种或杂交组合为实验材料, 对有关保护酶系的活力、质膜透性和叶绿体、线粒体超微结构的变化及其与抗旱性的关系进行了初步研究, 试图为研究玉米的旱害及抗旱性机理提供实验依据, 并为鉴定筛选抗旱的玉米材料提供生理生化指标。

1 材料和方法

1.1 实验材料及处理

选用 6 个抗旱性不同的饲用玉米品种或杂交组合试 117、英国红、晋单(饲)28、赤牧 1 号、综白和天津东陵白为实验材料, 前 3 者抗旱性较强, 后 3 者抗旱性较弱。

种子经 0.1% HgCl₂ 消毒 8min 后, 用自来水及蒸馏水冲洗干净, 置培养皿中于 25~26℃ 下萌发, 待胚根长 1.5~2.0 cm 时转入塑料盆中用 Hoagland 液水培, 用打孔的泡沫塑料板固定幼苗。苗龄三叶期时用含 26.0% PEG (分子量 4000) 的 Hoagland 液(约-10 巴)处理幼苗,

分别在处理 24h、48h、72h 时取第二、三叶测定。对照不加 PEG。

1.2 测定方法

叶片含水量按常规法测定,以占鲜重百分比表示。

SOD 活力按 Rabinowitch 等方法^[9];4000 lx 荧光灯下照光 15min 后测定 560nm 处的光密度,以反应被抑制 50% 时的酶用量为一个酶活单位。

CAT 活力按 X. H. 波钦诺克方法^[1];以 20℃ 下 1min 内 1g 干重分解 H_2O_2 的毫克数为酶活单位。

POD 活力按华东师大生物系植物生理教研组主编《植物生理学实验指导》方法^[5];以 $\Delta D_{470}/gdrw \cdot min$ 表示酶活力单位。

质膜透性参照朱培仁等方法^[2]用 DDS-11A 型电导率仪测定,用相对电导率(%)表示。

叶绿体、线粒体超微结构的观察:取处理 72h 幼苗第二叶中部为材料,透射电镜观察。由内蒙古农牧学院中心实验室完成。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫下叶片含水量的变化

水分胁迫下叶片含水量的变化可反映组织的抗脱水能力。实验结果(图 1)表明,经水分胁迫处理后,各品种叶片的含水量均比对照明显减少,抗旱性强的品种减少幅度小于抗旱性弱的品种。以处理 72h 为例,前者比对照减少 8.96%~10.54%,而后者比对照减少 10.40%~12.17%,说明抗旱性强的品种比抗旱性弱的品种具有较强的抗脱水能力。

2.2 水分胁迫下内源保护酶系活力的变化

2.2.1 SOD 活力的变化 从图 2 可见,在水分胁迫处理 0~72h 内,各品种的 SOD 活力均呈现下降—回升—下降的变化趋势,抗旱性强的品种总的变化幅度小于抗旱性弱的品种,虽然在对照条件下各品种的 SOD 活力与抗旱性关系不大,但在整个处理期间,抗旱性强的品种比抗旱性弱的品种具有较高的 SOD 活力水平,前者在处理期间的平均活力为 147.38,而后者为 114.87,仅为前者的 77.94%,说明在水分胁迫下玉米叶片的 SOD 活力与抗旱性呈正相关。

2.2.2 CAT 活力的变化 从图 3 可见,在水分胁迫下,抗旱性不同的玉米品种 CAT 活力的变化趋势不完全相同。抗旱性强的品种在处理 0~24h 内 CAT 活力基本不变或增高,此后开始降低,但在处理 24~48h 内降低幅度较小,而抗旱性弱的品种在整个处理期间 CAT 活力一直降低,且降低幅度较大。各品种的 CAT 活力在对照时相差不大,而在处理期间抗旱性强的品种明显高于抗旱性弱的品种,前者的平均活力为 109.97,而后者为 71.36,仅为前者的

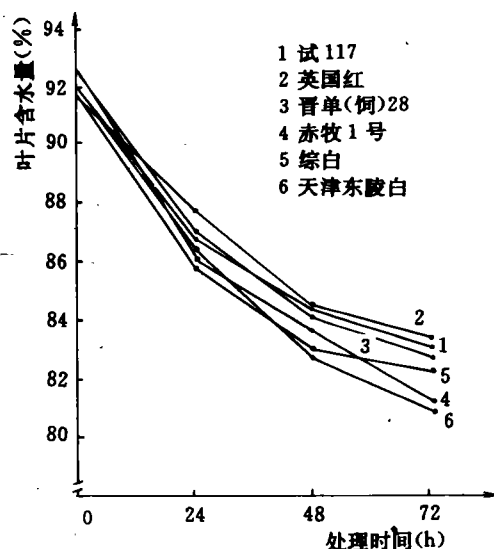


图 1 水分胁迫下叶片含水量的变化

64.89%,说明在水分胁迫下玉米叶片的CAT活力与品种抗旱性呈正相关。

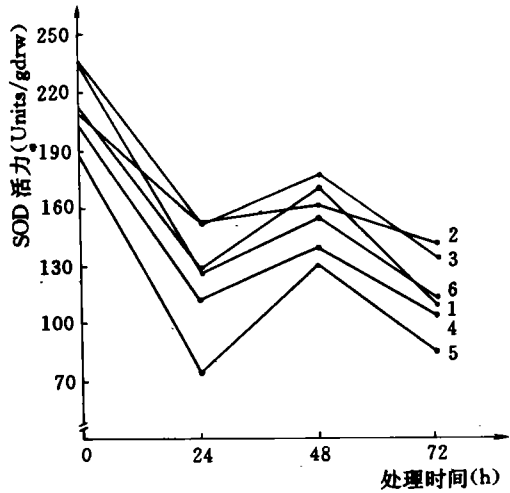


图2 水分胁迫下SOD活力的变化

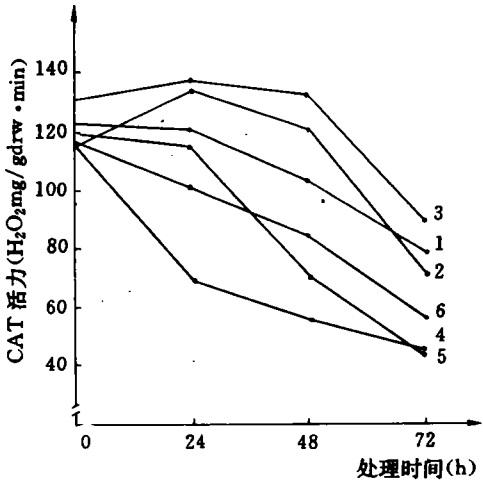


图3 水分胁迫下CAT活力的变化

2.2.3 POD活力的变化 图4表明,水分胁迫处理后各品种的POD活力均明显下降,不同抗旱性品种间的下降幅度无明显差异。同时可见,无论在对照还是处理条件下,POD的活力水平与品种抗旱性之间无明显的相关性。

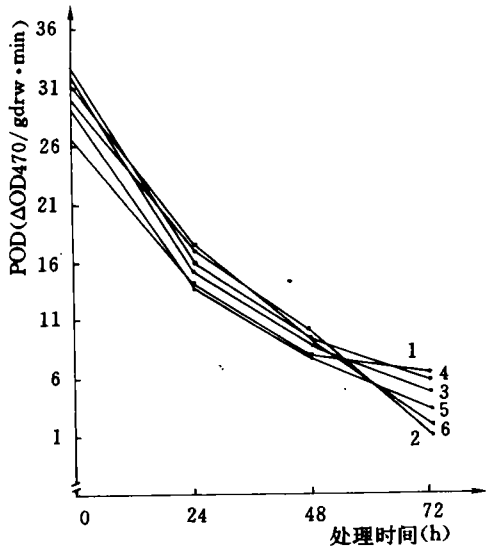


图4 水分胁迫下POD活力的变化

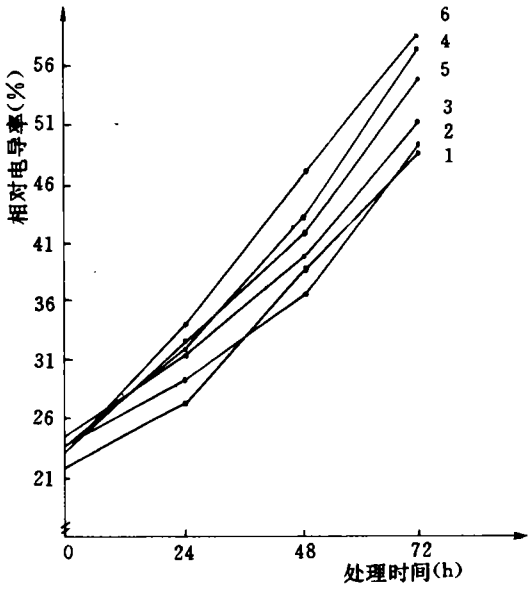


图5 水分胁迫下相对电导率的变化

2.3 水分胁迫下质膜透性的变化

测量细胞外渗液的相对电导率可直接反映出质膜透性的变化。实验结果(图5)表明,水分胁迫处理后各品种的相对电导率明显增加。不同抗旱性品种的增加幅度不同,总的变化趋势是抗旱性强的品种增加幅度小于抗旱性弱的品种,在处理72h时,前者的平均增幅为112.20%,

而后者为 130.88%,说明前者质膜伤害较轻,膜透性较小。

2.4 水分胁迫对叶绿体、线粒体超微结构的影响

2.4.1 对叶绿体超微结构的影响 水分胁迫处理 72h 后,各品种的叶绿体超微结构均受到不

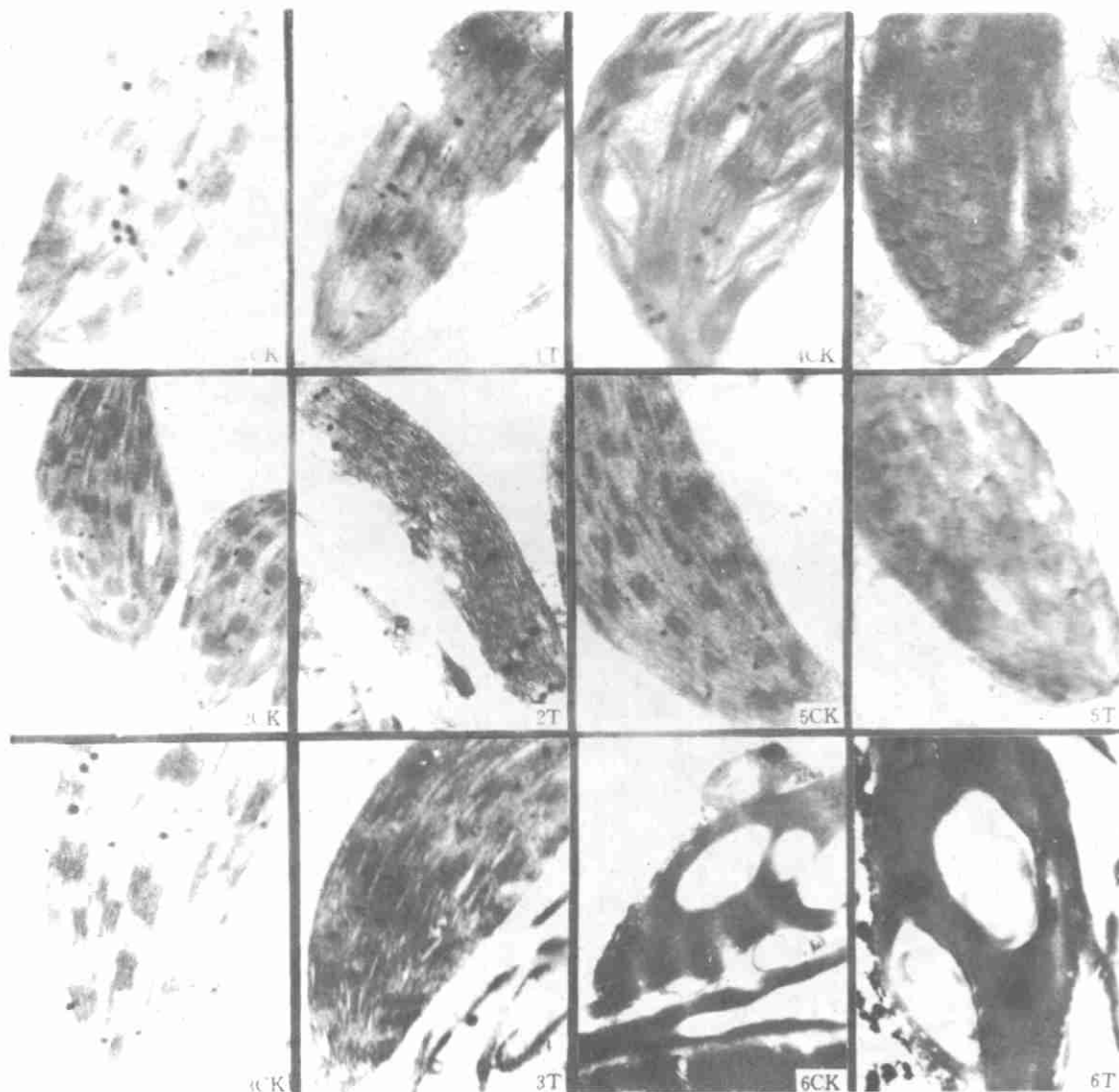


图 6 不同玉米品种叶绿体透射电镜观察

1ck(试 117) $\times 12000$; 1T(试 117) $\times 10000$; 2ck(英国红) $\times 7000$; 2T(英国红) $\times 8000$;

3ck(晋单(饲)28) $\times 12000$; 3T(晋单(饲)28) $\times 9000$; 4ck(赤牧 1 号) $\times 9000$; 4T(赤牧 1 号) $\times 10000$;

5ck(综白) $\times 12000$; 5T(综白) $\times 12000$; 6ck(天津东陵白) $\times 10000$; 6T(天津东陵白) $\times 12000$

同程度的破坏,抗旱性弱的品种基粒片层结构解体,外膜轮廓大部分模糊不清;而抗旱性强的品种晋单(饲)28 和试 117 仍可看到基粒片层结构,外膜与对照基本相同,英国红品种虽然基粒片层结构消失,但外膜基本完好无损(图 6)。

2.4.2 对线粒体超微结构的影响 水分胁迫处理 72h 后,各品种的线粒体超微结构也受到不同程度的损伤,抗旱性弱的品种只可看到外膜的轮廓,内膜则部分或几乎全部消失;抗旱性强的品种内膜尚未消失,但结构紊乱,看不到明显的嵴的形态(图 7)。

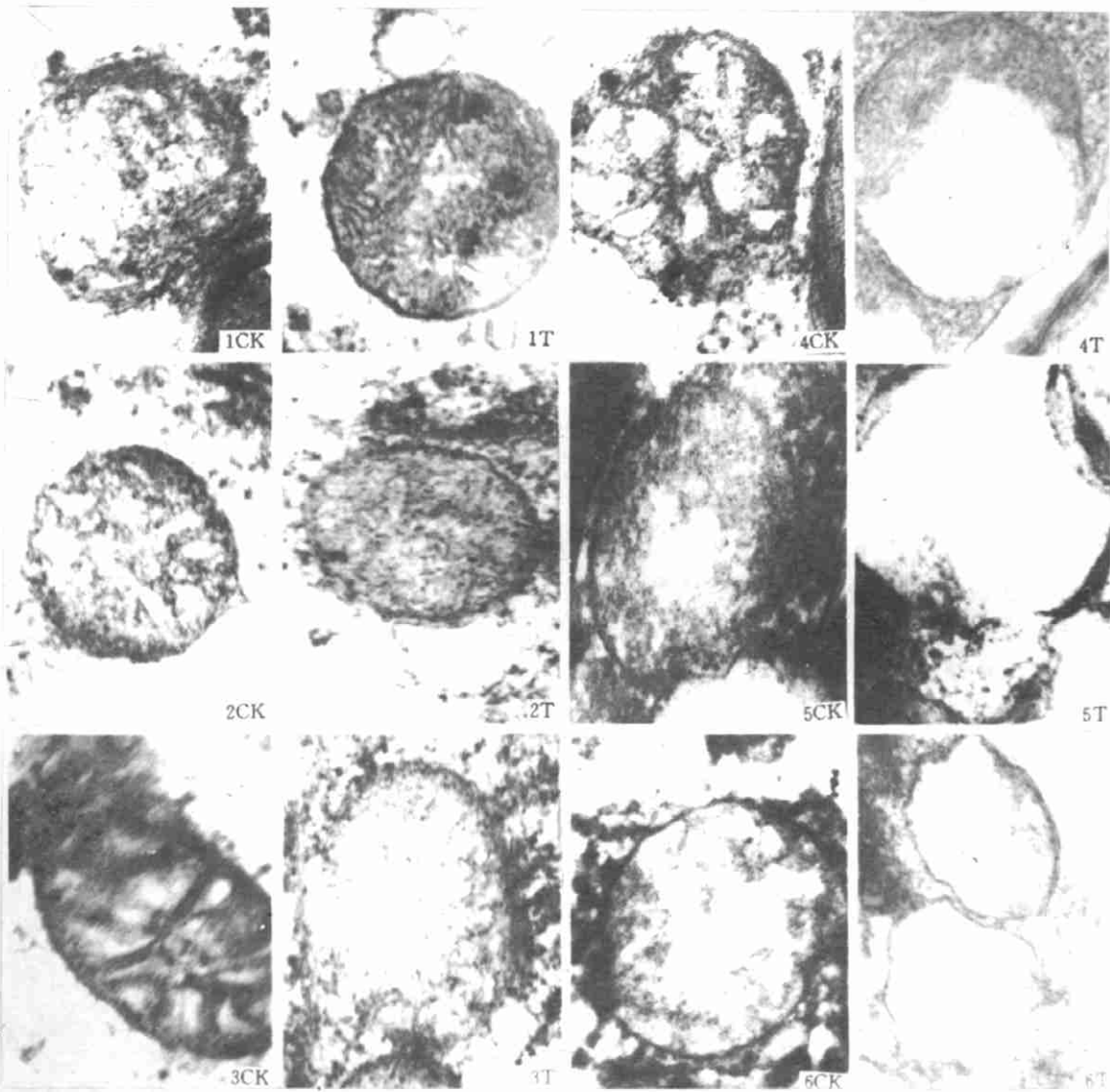


图 7 不同玉米品种线粒体透射电镜观察

1ck $\times 40000$; 1T $\times 40000$; 2ck $\times 50000$; 2T $\times 50000$; 3ck $\times 40000$; 3T $\times 45000$;
4ck $\times 50000$; 4T $\times 50000$; 5ck $\times 40000$; 5T $\times 50000$; 6ck $\times 30000$; 6T $\times 25000$

(注:各 ck、处理的材料名称同图 6)

从上述结果可见,在水分胁迫下,玉米叶绿体和线粒体膜系统的损伤程度与品种抗旱性呈负相关。

3 讨论

由环境胁迫引起的生物自由基的累积可导致膜的完整性破坏和差别透性丧失^[3]。植物内源保护酶系可有效地清除自由基。在保护酶系中,SOD 能将 O_2^- 清除为 H_2O_2 ,而 CAT 和 POD 可将 H_2O_2 进一步清除为 H_2O ,三者协同作用可使自由基维持在一个较低水平,从而避免膜伤害^[3,4,7]。

研究表明,随水分胁迫时间的延长,组织含水量下降,保护酶系活力发生相应的变化:SOD 活力呈现下降—回升—下降的变化趋势;CAT 活力的变化是抗旱性强的品种先升(或基本不变)后降,而抗旱性弱的品种一直降低,两种酶的活力与抗旱性均呈正相关。这与王振镓等和张海明等分别在玉米^[4,8]、Mali 等和蒋明义等分别在水稻上的研究结果相似^[7]。说明在水分胁迫下,抗旱性强的品种比抗旱性弱的品种可能存在着较强的 SOD 和 CAT 合成调节系统,因而能有效地清除自由基,减轻对膜系统的危害。本研究结果证明了这一点。从本实验结果可见,SOD 和 CAT 活力与膜系统的损伤程度呈负相关,即在水分胁迫下,SOD 的 CAT 活力高,质膜透性增幅小,叶绿体和线粒体膜系统超微结构受损程度轻,否则反之。POD 活力在水分胁迫下一直降低,且与品种抗旱性关系不大,这与一些人的报道不完全相同^[4,7],其原因可能与作物种类、胁迫强度以及 POD 在生物体内功能较复杂,与多种代谢途径关联有关。

综上所述,可以认为,抗旱性强的品种在水分胁迫下具有较高的 SOD 和 CAT 活力,能保持较完整的膜系统结构,这可能是其抗旱机制之一。同时,在水分胁迫下,幼苗叶片中的 SOD 和 CAT 活力及细胞外渗液的相对电导率可作为玉米的抗旱鉴定指标,而 POD 活力不宜作为抗旱鉴定指标。

参 考 文 献

- 1 X. H. 波钦诺克. 植物生物化学分析方法. 北京:科学出版社,1981
- 2 朱培仁,朱根海. 电导法测定植物组织抗冻(冷)性. 南京农学院学报,1984(2):10
- 3 王宝山. 生物自由基与植物膜伤害. 植物生理学通讯,1988(2):12~16
- 4 王振镓,郭嵩光,罗淑萍. 水分胁迫对玉米 SOD 和 POD 活力及同工酶的影响. 西北农业大学学报,1989,17(1):45~49
- 5 华东师大生物系编. 植物生理学实验指导. 北京:高等教育出版社,1989,143~144
- 6 张敬贤,崔四平,李俊明等. 干旱对不同抗旱性小麦幼苗超氧化物歧化酶的影响. 华北农学报,1990,5(3):9~13
- 7 蒋明义,荆家海,王韶唐. 水分胁迫与植物膜脂过氧化. 西北农业大学学报,1991,19(2):88~94
- 8 张海明,王茅雁,侯建华. 干旱对玉米过氧化氢、MDA 含量及 SOD、CAT 活性的影响. 内蒙古农牧学院学报,1993,14(4):92~95
- 9 Haim D, Rabinowitch and David Sklan. Superoxide dismutase: a possible protective agent against sunscald in tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Planta, 1980, (148):162~167

Effect of Water Stress upon the Activities of Protective Enzyme System and the Structures of Membrane System in Maize

Wang Maoyan Shao Shiqin Zhang Jianhua Geng Qinghan

(Inner Mongolia Institute of Agriculture and Animal Husbandry ,Huhhot)

Abstract When exposed to water stress induced by PEG, the activity of SOD in the maize seedlings with different drought-resistance lowered at the beginning and then increased and then lowered again; the activity of CAT went up (or almost did not change) at the beginning and then lowered in the strong drought-resistance genotypes but lowered straight in the weak drought-resistance genotypes; the activity of POD lowered apparently in all genotypes. At the sametime, the permeability of plasma membrane increased; the super-microstructures of chloroplasts and mitochondria in the leaves were damaged, and the damaged degree was lighter in the strong drought-resistance genotypes than that in the weak drought-resistance genotypes. The activities of SOD and CAT were negatively related to the damaged degree of plasmalemma and chloroplasts and mitochondria membrane systems, but positively related to the drought-resistant properties of the genotypes, thus may be used as the biochemical appraisal indexes of drought-resistance of maite. However, the correlation between POD activity and the damaged degree of the membrane systems and the correlation between POD activity and the drought-resistant properties of the genotypes were not apparent.

Key words: Water stress; Maize; Protective enzyme system ; Membrane system