

6个抗旱小麦品种苗期抗旱生理特性分析

王树彬, 郭 香

(甘肃省靖远县农业技术推广中心, 甘肃 靖远 730600)

摘要: 用PEG-6000(-0.50 MPa)分别处理6个抗旱小麦品种2叶1心的幼苗, 模拟干旱胁迫环境, 分别在干旱胁迫处理后第3天、第9天测定小麦幼苗的株高、相对含水量、叶绿素含量、POD活性和CAT活性等生理指标, 统计分析不同抗旱小麦品种幼苗对干旱胁迫的响应。结果表明, 干旱胁迫对不同抗旱小麦品种的各生理指标有显著的影响, 其各表型值与对照(不加PEG的处理)差异显著, 且品种间差异显著。随着PEG干旱胁迫的时间延长, 所有供试抗旱小麦品种幼苗株高的抗旱系数、叶绿素a浓度、叶绿素b浓度和总叶绿素浓度均有不同程度的下降, 而POD活性和CAT活性均显著上升。通过各小麦品种间各生理指标的比较可以看出, 定西39号、宁春18号、西早1号和定西41号表现出较强的抗旱性, 而定西38号和外源11抗旱性较差。

关键词: 小麦; 幼苗; 干旱胁迫; 生理特性

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2016)02-0049-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2016.02.015

Analysis and Comparison on Physiological Characteristics of 6 Drought-resistance Wheat Varieties at the Seedling Stage

WANG Shubin, GUO Xiang

(Jingyuan Agricultural Technology Extension Center, Jingyuan Gansu 730600, China)

Abstract: PEG-6000 (-0.50 MPa) are treated six drought resistant wheat varieties seedlings at the two-leaf and one-bud stage, simulated drought stress environment, wheat seedling plant height, relative water content, chlorophyll content, POD activity and CAT activity was measured in the third days and the 9th days after the drought stress treatment, respectively, the statistical analysis of wheat cultivars with different drought response to Drought Stress at seedling stage. The result shows that drought stress have significant effects on the physiological indexes of wheat varieties with different drought resistance, and their phenotypic values are significantly different from the control (without PEG treatment), and there are significant differences among cultivars. With the increase of PEG drought stress time, all tested the drought resistance of wheat seedlings strains of high drought resistance coefficient and chlorophyll a concentration, chlorophyll b concentrations and total chlorophyll concentration are varying degrees of decline, and the activity of POD activity and CAT activity increased significantly. Through the comparison of the physiological indexes among different wheat varieties can be seen, Dingxi 39, Ningchun 18, Xi Han1 and Dingxi 41 showed a strong drought resistance, and Dingxi 38 and exogenous 11 had a poor drought resistance.

Key words: Wheat; Seedling; Drought stress; Physiological characteristics

干旱是一个全球性的问题。世界上干旱和半干旱地区遍及 50 多个国家和地区, 总面积约占地球陆地面积的 36%^[1]。在耕地中, 主要依靠自然降水从事农业生产的旱地占 80%, 雨养农业逐渐成为全球农业的主流^[2]。我国是严重干旱缺水的国家之一, 干旱和半干旱地区面积为 542 万 km², 约占国土面积的 52.5%, 更为严重的是我国西部荒

漠化的土地以 20 万 hm² 的速度在扩大^[3], 即使半湿润、甚至湿润地区也常会有周期性的、季节性或临时性的干旱。旱灾已经成为影响世界农业生产的最为主要的自然灾害^[4], 其危害相当于其它自然灾害之和^[5]。据统计, 发展中国家每年由于干旱造成的作物产量损失大约在 17%, 有时高达 80%; 而我国自 20 世纪 90 年代以来, 每年受旱面

收稿日期: 2015-09-02; 修订日期: 2015-12-28

作者简介: 王树彬(1975—), 男, 甘肃靖远人, 农艺师, 主要从事农业技术推广工作。联系电话: (0)13884240795。

[4] 确吉. 西藏自治区尼木县甘蓝型油菜高产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2015(3): 88-90.

[5] 王社红. 庄浪县全膜覆土穴播冬油菜不同播期试验初报[J]. 农业科技与信息, 2015(13): 54-56.

[6] 张亚宏, 武军艳, 杨月蓉, 等. 白菜型冬油菜杂交种后代群体抗寒性分析[J]. 甘肃农业科技, 2015(7): 36-39.

(本文责编: 郑立龙)

积 2 700 万 hm^2 左右, 比 20 世纪 50 年代增加 1.5 倍, 成灾面积增加了 3 倍, 每年粮食减产 75 亿 ~ 100 亿 kg [6]。因此, 干旱直接威胁着世界粮食安全, 发展节水农业势在必行, 深入作物抗旱研究意义重大。

作物的抗旱性是指作物在土壤和大气干旱条件下生存和形成产量的潜力。作物在长期的进化历程中, 形成了多种抗旱机制, 能在不同程度上抵制和适应干旱。一个品种在特定地区的抗旱性表现是由自身的生理抗性和结构特性以及生长发育进程的节奏与农业气候因素变化相配合的程度决定的, 是多基因控制和多途径调控的网络系统。植物对干旱的响应可分为 3 类: 避旱、御旱和耐旱, 其中又把御旱性和耐旱性统称为抗旱性。避旱指作物在土壤发生严重水分亏缺之前完成其生活史的能力, 包括迅速的物候发生和发育的可塑性。作物的御旱性也称为高水势下的耐旱性, 它指干旱条件下作物保持体内充足水分的能力, 包括水分损失的限制和水分吸收的维持。作物的耐旱性是指作物忍受低水势和耐脱水的能力。

小麦是世界的重要粮食作物之一, 总面积约 2 亿 hm^2 , 全世界约有 35% ~ 40% 的人口以小麦为主要粮食。干旱是小麦生产持续稳定发展的最主要限制因子之一。世界各地因不同程度的干旱所导致的小麦减产每年约 30% 左右 [7]。为了降低干旱对小麦生产的影响, 挖掘干旱半干旱地区小麦生产潜力, 最大限度地增加小麦产量, 通过改善小麦本身的抗旱能力, 培育抗旱稳产高产新品种, 实现小麦生物节水的新突破是当今小麦抗旱研究的重要课题。我们通过使用 PEG-6000 处理苗期小麦, 模拟水分胁迫 [8-9], 研究干旱条件下, 不同抗旱小麦品种的苗期相关生理生化指标对干旱的响应和差异, 为小麦抗旱研究提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

供试小麦品种为定西 39 号、宁春 18 号、西旱 1 号、定西 41 号、定西 38 号和外源 11, 均由甘肃农业大学农学院提供。

1.2 实验方法

1.2.1 种子预处理 选择成熟饱满、无病虫害和无破损的小麦种子作为实验材料, 先用 70% 酒精浸泡消毒 5 min, 再用无菌水冲洗 3 次, 后用无菌

水浸泡至种子露白, 备用。

1.2.2 PEG 干旱胁迫处理 将露白的种子播种到铺有滤纸的培养皿 ($\Phi 15 \text{ cm}$) 中, 每个培养皿播种 50 粒, 加适宜无菌水, 用保鲜膜封口, 在温度为 25 $^{\circ}\text{C}$ 和光照强度为 3 000 Lx 条件下培养, 每个处理重复 3 次, 播种后 3 d 开始定量 [10 $\text{mL}/(\text{皿}\cdot\text{d})$] 浇霍德兰营养液; 待幼苗长至 2 叶 1 心时用 PEG-6000 (-0.5 MPa) 进行干旱胁迫处理, 以不用 PEG-6000 (-0.5 MPa) 进行干旱胁迫处理的正常生长为对照 (只定期浇霍德兰营养液)。分别在干旱胁迫处理后第 3 天、第 9 天对各小麦品种的株高、相对含水量、叶绿素含量、POD 活性和 CAT 活性等生理生化指标进行测定, 重复 3 次。

1.2.3 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下株高测定 在 PEG 干旱胁迫后第 3 天和第 9 天分别测量不同抗旱小麦品种的株高, 并分别计算不同抗旱小麦品种的株高的抗旱系数。

抗旱系数 $(T/C) = \text{PEG 干旱胁迫幼苗的株高}(T) / \text{对照幼苗的株高}(C)$

1.2.4 不同品种幼苗相对含水量 (RWC) 的测定

取苗期小麦叶片, 立即剪碎放入铝盒中, 盖上盖子, 于分析天平上称重, 读数精确到 1 mg, 此质量减去铝盒质量即为植物材料鲜重, 用 W_f 表示; 然后将所材料浸入装满蒸馏水的试管中, 放置 12 h, 使组织吸水达到饱和状态, 取出用滤纸吸干叶片表面附着水分, 于分析天平上称重, 此质量即为植物材料饱和鲜重, 以 W_t 表示; 后将材料置于 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱内, 烘 8 h 以上, 然后称重, 所得质量为植物干重, 以 W_d 表示。

相对含水量的计算公式为: $\text{RWC} (\%) = (W_f - W_d) \times 100 / (W_t - W_d)$ [10]

1.2.5 不同品种幼苗叶绿素含量的测定 将丙酮与无水乙醇等量混合成浸提液, 准确称取洗净且吸干表面水分的叶片 0.5 g 剪碎后装入试管中, 每管加入 10 mL 浸提液, 加塞置于暗处, 室温下进行浸提。一定时间后观察浸提情况。待材料完全变白后, 即可以测定 663 nm、645 nm 下的吸光值。

叶绿素含量的计算如下 [10]:

$$C_a (\text{mg/L}) = 12.71 \text{OD}_{663} - 2.59 \text{OD}_{645}$$

$$C_b (\text{mg/L}) = 22.88 \text{OD}_{645} - 4.67 \text{OD}_{663}$$

$$C_T (\text{mg/L}) = C_{a+b} = 20.29 \text{OD}_{645} + 8.04 \text{OD}_{663}$$

1.2.6 不同品种幼苗过氧化物酶 (POD) 活性测定

取 0.5 g 小麦叶片，剪碎，置研钵中，加入适量的 pH 5.5 磷酸缓冲液，研磨成匀浆。将其全部转入离心管中，于 3 000 r/min 离心 10 min，上清液转入 25 mL 容量瓶中，定容，低温保存。酶活性测定时的反应体系包括：2.9 mL 0.5 mol/L 磷酸缓冲液；1.0 mL 2% H₂O₂；1.0 mL 0.05 mol/L 愈创木酚溶液和 0.1 mL 酶液。以加热煮沸 5 min 的酶液为对照，反应体系加入酶液后，立即于 34 °C 水浴中保温 3 min，然后迅速稀释 1 倍，470 nm 波长下比色，每隔 1 min 纪录 1 次吸光值，共记录 5 次，酶活力按下式计算^[1]：

$$\text{过氧化物酶活力}[U/(g \text{鲜重} \cdot \text{min})] = (\Delta A_{470} \times V_T) / (W \times V_S \times 0.01 \times t)$$

上式中 ΔA_{470} 为反应时间内吸光度的变化，W 为鲜重，t 为反应时间，V_T 为提取酶液总体积，V_S 为测定时取用酶液体积。

1.2.7 不同品种幼苗过氧化氢酶(CAT)活性测定
称取新鲜小麦叶片 0.5 g，置研钵中，加入 2~3 mL 4 °C 下预冷的 pH 7.0 磷酸缓冲液研磨成匀浆后，转入 25 mL 容量瓶中，定容到刻度。将容量瓶置于 5 °C 冰箱中静置 10 min，取上部澄清液在 4 000 r/min 下离心 15 min，上清液即为过氧化氢酶粗提液，5 °C 下保存备用。测定时，取 10 mL 试管 2 只，1 支测定管，1 支空白管，按以下顺序加入试剂：反应体系加入 0.2 mL 粗酶液、1.5 mL pH 7.8 磷酸缓冲液、1.0 mL 蒸馏水，对照管煮沸 5 min。25 °C 预热后，逐管加入 0.3 mL 0.1 mol 的 H₂O₂，每加完 1 管立即记时，并迅速倒入石英比色皿中，240 nm 下测定吸光度，每隔 1 min 读数 1 次，共测 4 min，按下式计算酶活性^[11]：

$$\text{过氧化氢酶活性}[U/(g \text{鲜重} \cdot \text{min})] = (\Delta A_{240} \times V_T) / (0.1 \times V_S \times t \times W)$$

上式中 ΔA_{240} 为反应时间内吸光度的变化，W 为鲜重，t 为反应时间，V_T 为提取酶液总体积，V_S

为测定时取用酶液体积。

2 结果与分析

2.1 不同品种幼苗在 PEG 干旱胁迫下株高的抗旱系数

生物量是植物获取能量能力的主要体现，对植物的发育和结构的形成具有十分重要的影响。如图 1 所示，在 PEG 干旱胁迫 (-0.5 MPa) 第 3 天时，不同品种间的幼苗株高的抗旱系数差异很小，均在 0.95~0.99，说明此时的干旱胁迫对不同抗旱小麦品种幼苗的生长影响比较小，但在 PEG 干旱胁迫第 9 天时，不同品种间的幼苗株高的抗旱系数差异显著，显著低于 PEG 干旱胁迫第 3 天的抗旱系数，抗旱系数在 0.54~0.79，说明此时，不同品种间的幼苗对 PEG 干旱胁迫敏感程度不同。其中，定西 39 号幼苗株高的抗旱系数最高，说明其能保持较高的生长势，相对于其他品种抗旱性最强。宁春 18 号、西早 1 号、定西 41 号的抗旱系数均在 0.60~0.70，其抗旱性居中。定西 38 号、外源 11 的抗旱系数在 0.54~0.58，两者抗旱性较差，其中外源 11 抗旱性最差。

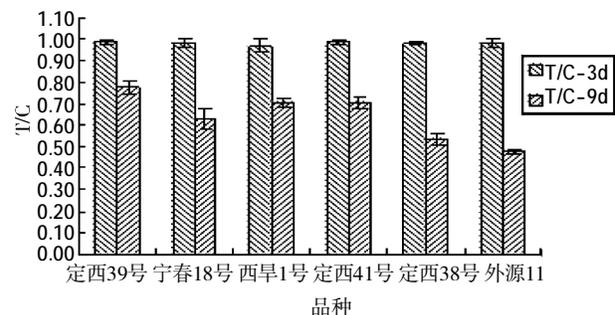


图 1 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下株高的抗旱系数

2.2 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下相对含水量差异
植物的 RWC 反应植物水分亏缺程度，只要 RWC 小于 100 都可以认为水分存在亏缺，RWC 高的品种表明其具有较高的保水性能，RWC 下降幅度表明品种受干旱影响程度。如表 1 所示，不同

表 1 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下相对含水量比较

处理 ^①	定西39号	宁春18号	西早1号	定西41号	定西38号	外源11
T-3d	79.46	84.63	76.38	79.96	78.72	93.96
CK-3d	81.75	95.25	89.53	87.76	95.31	97.43
T/CK-3d	0.97	0.89	0.85	0.91	0.83	0.96
T-9d	56.46	54.63	53.38	56.96	45.72	43.96
CK-9d	79.75	93.25	87.53	85.76	94.31	96.43
T/CK-9d	0.71	0.59	0.61	0.66	0.48	0.46
ΔT/CK	0.26	0.30	0.24	0.25	0.34	0.51

① T 表示 PEG 胁迫，CK 表示对照，3 d 和 9 d 表示 PEG 胁迫后第 3 天和第 9 天；T/CK 表示 PEG 处理的相对含水量与对照的比值；ΔT/CK 表示 T/CK-3d 与 T/CK-9d 的差值。

品种小麦幼苗的 RWC 在 PEG 的胁迫处理后第 3 天以及第 9 天测定时均低于 100, 且显著低于对照, 说明所有的供试小麦品种均受到干旱胁迫的影响。在 PEG 处理后第 3 天不同抗旱小麦品种幼苗的 PEG 干旱胁迫下 RWC 在 76.38% ~ 93.96%, 而对照的 RWC 在 81.75% ~ 97.43%, PEG 干旱胁迫下的 RWC 与对照的比值在 0.83 ~ 0.96 变化。在 PEG 处理后第 9 天不同抗旱小麦品种幼苗的 PEG 干旱胁迫下的 RWC 在 43.96% ~ 56.96%, 而对照的 RWC 在 79.75% ~ 96.43%, PEG 干旱胁迫下的 RWC 与对照的比值在 0.46 ~ 0.71 变化。而从 PEG 的胁迫处理后在第 3 天及第 9 天的 RWC 与对照的比值差值可以看出, 不同小麦品种幼苗差异较大, 在 0.24 ~ 0.51, 其中定西 41 号、西早 1 号和定西 39 号的差值最小, 为 0.24 ~ 0.26, 受干旱胁迫的影响最小, 抗旱性较好; 宁春 18 号和定西 38 号的居中, 而外源 11 的最大, 达 0.51, 说明受干旱胁迫的影响最大, 其抗旱性最差。

2.3 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下叶绿素含量差异

干旱逆境对光合作用的影响有两个方面, 其中之一便是直接影响光合机构的结构与活性, 这主要在叶绿素的含量上有所体现。从图 2、图 3 和图 4 可以看出, 对照的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量随时间的推移逐渐增加, 而 PEG 处理的的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量随时间的推移呈现不同程度的减少; 并且对照的显著高于 PEG 干旱处理的。其中定西 39 号、宁春 18 号、西早 1 号和定西 41 号的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量的下降幅度较小, 说明这 4 个品种的叶绿素抵御干旱胁迫的能力较强, 表现出较强的抗旱性, 而定西 38 号和外源 11 的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量的下降幅度较大, 说明其抗旱性较差。

2.4 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下 POD 和 CAT 活性差异

植物在遭受干旱胁迫时通常伴随着活性氧的生成, 形成氧化逆境, 使细胞受到氧化胁迫, 这些有毒的分子对细胞膜和一些大分子物质造成破坏, 尤其是对线粒体和叶绿体的破坏。植物在抵御氧化胁迫时会形成一些能清除活性氧的酶系和抗氧化物质, 有效清除活性氧, 提高植物的抗旱性。大量研究表明, 小麦的抗旱性与水分胁迫下体内上述酶的活性呈显著正相关。因此, 干旱胁迫

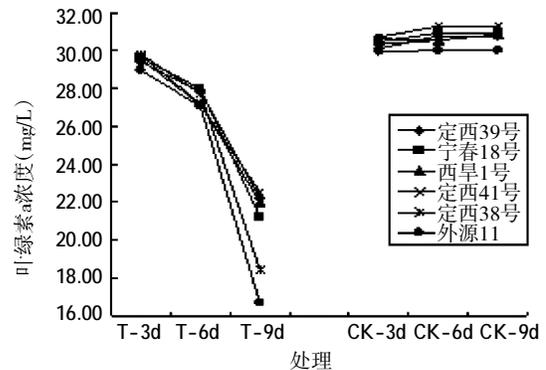


图 2 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下叶绿素 a 浓度差异

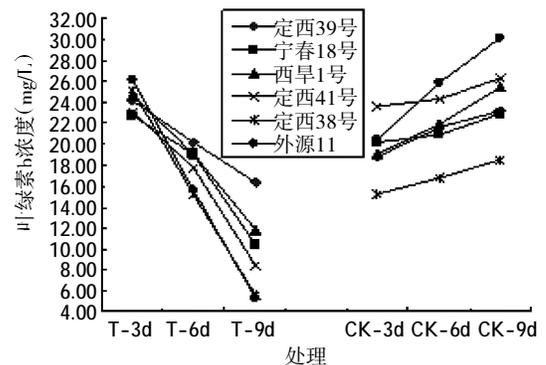


图 3 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下叶绿素 b 浓度差异

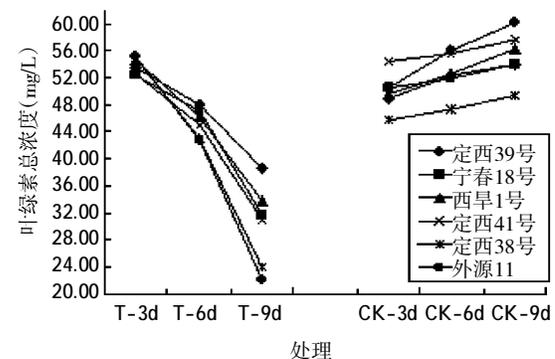


图 4 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下叶绿素总浓度差异

下抗氧化酶的活性高低可以作为小麦抗旱性鉴定的指标。从图 5、图 6 可以看出, 不同抗旱小麦品种幼苗对照的 POD 活性和 CAT 活性随时间的推移略有增加或降低, 而 PEG 干旱处理的不同抗旱小麦品种幼苗 POD 活性和 CAT 活性随时间的推移呈现递增的趋势, 并且增幅较大。其中, 对于 PEG 干旱处理的 POD 活性和 CAT 活性最高的小麦品种为定西 41 号、西早 1 号和定西 39 号, POD 活性最低的为定西 38 号和外源 11, 而宁春 18 号居中。因此, 在 POD 活性和 CAT 活性检测结果基础上可以看出, 定西 39 号、定西 41 号、西早 1 号和宁春 18 号表现出较强的抗旱性, 而定西 38

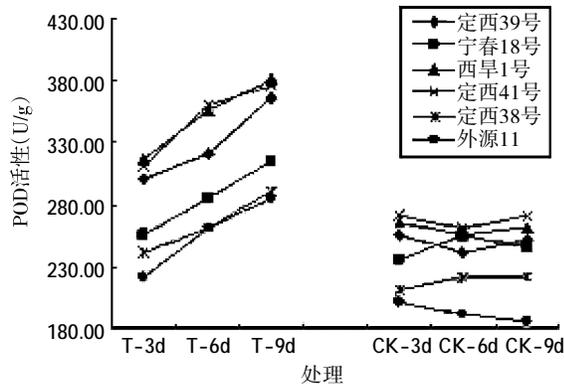


图 5 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下 POD 活性

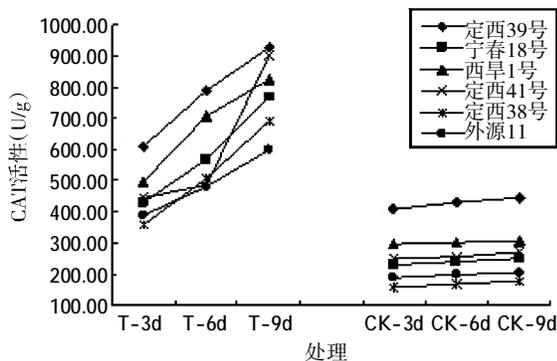


图 6 不同品种幼苗在 PEG 胁迫下 CAT 活性

号和外源 11 的抗旱性较差。

3 小结与讨论

PEG 是研究作物抗旱常用的干旱胁迫处理剂。PEG 处理苗期小麦均会对其各种生理生化指标产生影响。在本实验中, 采用 PEG 干旱胁迫对不同抗旱小麦品种幼苗株高、叶绿素含量有显著影响。与对照相比较, PEG 干旱胁迫均导致不同抗旱小麦品种幼苗株高、叶绿素含量下降, 但不同的品种差异较大, 其中定西 39 号、宁春 18 号和西早 1 号降幅较小, 表现出较强的抗旱性, 而外源 11 较差, 这与前人研究结果基本一致^[1-5]。关于水分胁迫对 SOD、CAT 和 POD 活性的影响, 不同作者在不同植物上的研究结果颇为不同^[12]。耐旱品种的苔藓在缓慢干旱和快速干旱过程中 SOD 和 CAT 活性上升, 而不耐旱品种活性下降; 在玉米上的抗旱研究表明, 随土壤水势下降, 抗旱性玉米 SOD 活性明显提高, 而不抗旱玉米变化不大; 两类品种玉米的 POD 活性均上升, 但不抗旱品种上升幅度小; 而小麦无论在轻度 and 严重干旱胁迫下, POD 和 CAT 活性均呈上升趋势, 抗旱品种上升幅度大^[12-17]。本实验也得到较类似的结果, 看来水分胁迫下保护酶活性的变化与研究材料关系很大。

本研究结果表明, 耐旱品种小麦在干旱胁迫下具有更大幅度提高保护酶活性的能力, 不耐旱品种酶活性提高较少。

参考文献:

- [1] 刘友良. 植物水分逆境生理[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 102-143.
- [2] TURNER N C. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems[J]. J. Exp. Bot., 2004, 55: 2 413-2 425.
- [3] 唐先兵, 吴贤婷, 刘沛. 植物耐旱与基因工程[J]. 植物杂志, 2001(2): 3-4.
- [4] 山仑, 黄占斌, 张岁岐. 节水农业[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 12-13.
- [5] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学技术出版社, 1998: 739-751.
- [6] 张正斌. 作物抗旱节水的生理遗传育种基础[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 1-20.
- [7] MUGO S N, BANZIGER G O. Edmeades prospects of using ABA in selection for drought tolerance in cereal crops[J]. Plant Physiology, 1992, 4: 112-116.
- [8] WUDIRI B B, HENDERSON D W. Effects of water stress on flowering and fruit set in processing tomatoes [J]. Sci Hort, 1985, 27: 189-198.
- [9] FOOLAD M R, ZHANG L P, SUBBIAH P. Genetics of drought tolerance during seed germination in tomato: inheritance and QTL mapping[J]. Genome, 2003, 46: 536-545.
- [10] 郝建军, 康宗利, 于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [11] 邹琦. 植物生理学生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [12] 刘桂茹, 陈秀珍, 段文倩. 水分胁迫下小麦叶片渗透调节能力与品种抗旱性的关系[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(2): 1-3.
- [13] 王晨阳, 马元喜, 周苏玫, 等. 土壤干旱胁迫对冬小麦衰老的影响[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(4): 309-313.
- [14] 王俊儒, 李生秀, 李凯丽. 冬小麦不同生育时期水分亏缺胁迫对叶片保护酶系统的影响[J]. 西北植物学报, 2001, 21(1): 47-52.
- [15] 郭晓维, 赵春江, 康书江, 等. 水分对冬小麦形态、生理特性及产量的影响[J]. 华北农学报, 2000, 15(4): 40-44.
- [16] 李春香, 王玮, 李德全. 长期水分胁迫对小麦生育中后期根叶渗透调节能力、渗透调节物质的影响[J]. 西北植物学报, 2001, 21(5): 924-930.
- [17] 王伟, 刘愈之, 任根深. 小麦抗旱育种研究进展[J]. 甘肃农业科技, 2014(10): 62-64.

(本文责编: 郑立龙)