

## 不同生育时期干旱胁迫对马铃薯生理生化指标的影响

抗艳红<sup>1</sup>, 龚学臣<sup>1</sup>, 赵海超<sup>1</sup>, 张丽萍<sup>2</sup>, 张文聘<sup>1</sup>, 田再民<sup>1</sup>, 乔海明<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>河北北方学院农林科技学院, 河北张家口 075000; <sup>2</sup>张家口市农业局, 河北张家口 075000;

<sup>3</sup>张家口市农业科学院, 河北张家口 075000)

**摘要:** 研究不同生育时期干旱胁迫下马铃薯相关生理生化指标的变化, 以期探讨干旱胁迫下马铃薯抗旱的生理机制。选取生产上推广的‘冀张薯8号’和‘夏波蒂’2个马铃薯品种, 在早棚内分区栽培。不同生育时期进行干旱处理, 测定马铃薯超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、脯氨酸(Pro)的含量变化。结果表明, 各生育时期干旱胁迫下, 马铃薯MDA、Pro含量均增加, 而SOD活性下降。花期干旱胁迫对马铃薯的生理生化指标影响最大; 抗性强的品种MDA、脯氨酸含量增加的幅度较小, SOD的活力较高, 而抗旱性弱的品种则相反。抗旱性强的品种在生理生化指标上具有抗旱的调节机制。

**关键词:** 马铃薯; 干旱胁迫; 生理生化指标

中图分类号: S532

文献标志码: A

论文编号: 2011-0092

### Physiological and Biochemical Response of Potato under the Drought Stress in Different Growth Period

Kang Yanhong<sup>1</sup>, Gong Xuechen<sup>1</sup>, Zhao Haichao<sup>1</sup>, Zhang Liping<sup>2</sup>,

Zhang Wenpin<sup>1</sup>, Tian Zaimin<sup>1</sup>, Qiao Haiming<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Hebei North University, Zhangjiakou Heibei 075000; <sup>2</sup>Agricultural Bureau of Zhangjiakou, Heibei Zhangjiakou 075000;

<sup>3</sup>Zhangjiakou Academy of Agricultural Sciences, Heibei Zhangjiakou 075000)

**Abstract:** The changes of the physiological and biochemical indices in different growth period under drought stress were researched in this paper to explore the drought-resistant physiological mechanisms of potato. The super oxide dismutase (SOD), malon dialdehyde (MDA) and Pro of the potato variety ‘Jizhangshu8’ and ‘Shepody’, which were extensively planted in production and planted inside different shed-houses under the condition of drought stress, were measured. The results showed that the content of malon dialdehyde (MDA) and Pro increased, but SOD activity declined under drought stress. The effect of drought stress in flower stage to the physiological and biochemical indices was the largest. The increase rate of MDA was smaller, SOD activity also higher in stronger drought-resistant varieties, while the weak drought-resistant varieties were contrary. The strong drought resistance varieties have regulatory mechanism in physiological and biochemical indices.

**Key words:** potato; drought stress; physiological and biochemical indices

### 0 引言

马铃薯是重要的粮食、蔬菜及经济作物, 栽培范围遍布全球。近年来中国马铃薯的种植面积得到迅速发

展, 尤其北方地区有较大种植面积。马铃薯是典型的温带气候作物, 对水分亏缺和高温非常敏感<sup>[1-2]</sup>。在河北张家口地区冬季、春季干旱, 雨雪稀少, 降水分布不

基金项目: 公益性行业(农业)科研项目(3-6); 河北省科技项目(07220216); 张家口市科技项目(060189; 0711036C)。

第一作者简介: 抗艳红, 女, 1973年出生, 河北涿源人, 硕士, 从事旱作农业研究。通信地址: 075000 宣化县沙岭子镇河北北方学院南校区, Tel: 0313-5030212, E-mail: kyh2005@yeah.net。

通讯作者: 龚学臣, 男, 1963年出生, 河北张北人, 教授, 硕士, 从事旱作栽培。通信地址: 075000 宣化县沙岭子镇河北北方学院南校区, Tel: 0313-5030183, E-mail: nkxgxc@163.com。

收稿日期: 2011-01-12, 修回日期: 2011-03-14。

均匀,干旱是限制该地区马铃薯生产的重要因子,因此,加强抗旱性研究,选育和利用抗旱型马铃薯品种备受关注。目前马铃薯抗旱性评价主要采用以产量为基础的抗旱系数为标准,高占旺等<sup>[3]</sup>研究表明,叶片相对含水量、叶水势与伤流量可以很好的反映马铃薯植株的缺水状况与根系的活力。杨明君等<sup>[4]</sup>研究表明根系拉力与冠层覆盖度可以作为干旱地区评价马铃薯抗旱种质资源和筛选抗旱品种的2个重要指标。刘玲玲等<sup>[5]</sup>研究表明马铃薯可溶性蛋白、叶绿素a/b比值、ATP含量占对照百分率与品种抗旱性间存在极显著的相关关系。李建武等<sup>[6]</sup>分析了马铃薯叶片渗透物质和膜保护酶系统与抗旱性的关系。但对不同生育时期干旱胁迫对马铃薯生理生化指标影响的研究较少,此试验在不同时期对马铃薯进行干旱胁迫,研究不同生育时期干旱胁迫下马铃薯相关生理生化指标的变化,探讨干旱胁迫下马铃薯抗旱的生理机制。为马铃薯抗旱栽培、育种、最佳供水生育时期的选择提供技术参数和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验于2009年5—10月在河北北方学院南校区实验农场室外遮雨棚进行,土壤有机质含量为30.3 g/kg、碱解氮 41.83 mg/kg、速效磷 69.02 mg/kg、速效钾 223.65 mg/kg,田间最大持水量30.68%。

### 1.2 试验材料和试验设计

试验设5个处理,分别为:6月1日—6月19日苗期干旱胁迫(处理1);6月19日—7月5日团棵期干旱胁迫(处理2);7月5日—8月10日开花期干旱胁迫(处理3);8月10日—8月30日薯块膨大期干旱胁迫(处理4);全生育期正常供水(对照),胁迫结束后恢复正常供水。处理土壤水分控制在土壤相对含水量的30%~

40%,对照土壤水分保持在相对含水量的70%~80%。土壤水分控制利用水分快速测定仪(TDR-300)每天测定20 cm土层土壤水分变化情况。品种选用在生产上推广的马铃薯品种‘冀张薯8号’(晚熟110天,抗旱性较强)和‘夏波蒂’(中熟95天,不耐旱),品种来源于河北省高寒作物研究所。小区面积20 m<sup>2</sup>(5 m×4 m),行距0.80 m,密度为52500株/hm<sup>2</sup>。5月7日播种,播种时施尿素240 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥600 kg/hm<sup>2</sup>(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 15%)、硫酸钾240 kg/hm<sup>2</sup>。达到处理时间要求的最后1日上午9:00取3株顶叶下完全展开叶第4片复叶,去掉叶柄,混合各裂叶放入封口袋,置于液氮中保存备用。

### 1.3 测定方法

脯氨酸含量采用磺基水杨酸法测定;超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)参考刘祖祺等<sup>[7]</sup>的方法。

超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)和脯氨酸3个指标的测定,6月19日测定了对照处理和处理1的样品,6月22日和6月27日测定了对照处理、处理1和处理2的样品,7月5日和7月11日测定了对照处理、处理1、处理2和处理3的样品,7月21日、8月12日和8月25日对5个处理的样品都进行了测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生育时期干旱胁迫对马铃薯MDA含量的影响

不同生育时期干旱胁迫下马铃薯丙二醛含量变化如图1、图2所示。对照处理(全生育期正常供水)条件下,2个马铃薯品种的丙二醛含量总体呈先上升后下降的趋势,在7月21日达到最大。处理1~4(不同生育时期控水)条件下,马铃薯丙二醛含量均高于对照,且随着干旱胁迫时间的延长呈上升趋势。干旱胁迫下‘冀张薯8号’在薯块膨大期增幅最大,其次是苗期(图1);‘夏波蒂’也是薯块膨大期增幅最大,其次是开花期

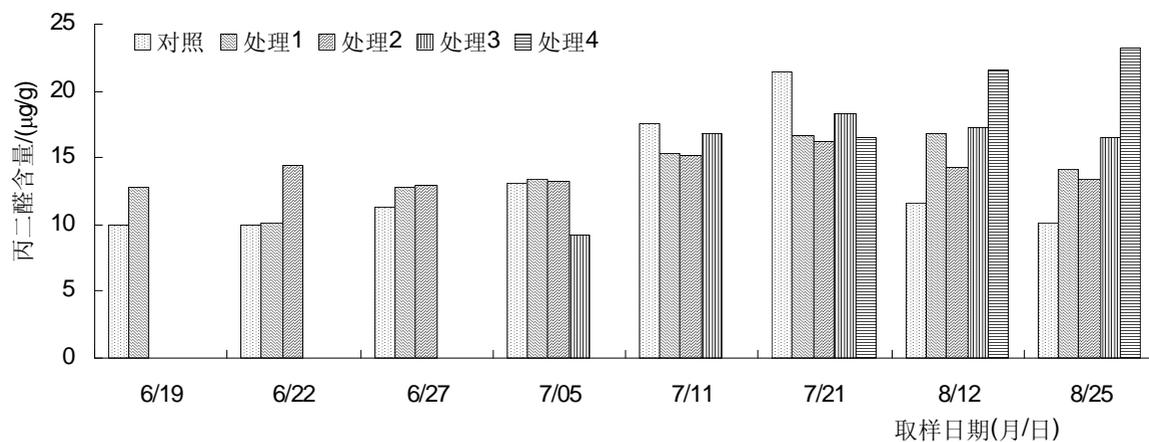


图1 不同生育时期干旱胁迫下‘冀张薯8号’丙二醛含量变化

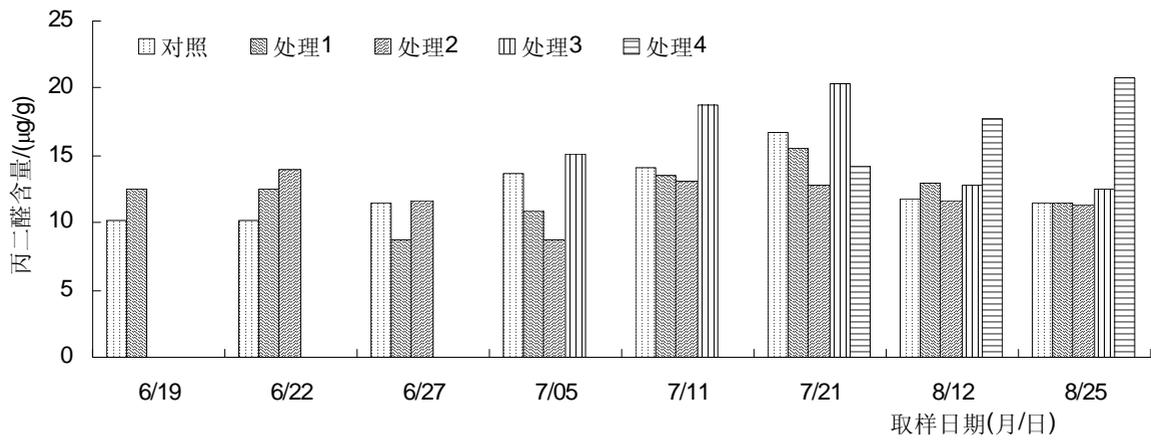


图2 不同生育时期干旱胁迫下‘夏波蒂’丙二醛含量变化

(图2)。表明干旱胁迫使马铃薯叶片丙二醛积累,这是作物保护膜质的一种生理反应。复水后马铃薯丙二醛含量呈下降趋势且低于正常供水,一方面是因为复水后叶片快速生长,含水量增高,另一方面是马铃薯细胞内氧自由基减少,马铃薯抗逆性得到锻炼后增强所致。干旱胁迫下‘冀张薯8号’团棵期和开花期丙二醛含量变幅小于‘夏波蒂’,且该时期是马铃薯匍匐茎形

成和膨大的关键时期,表明抗旱性强的品种,其MDA含量增加相对较慢,增幅较小,而抗旱性弱的增加幅度较大。

### 2.2 不同生育时期干旱胁迫对马铃薯叶片SOD活性的影响

不同生育时期干旱胁迫下马铃薯叶片SOD活性的变化如图3、图4所示。各处理马铃薯SOD活性随

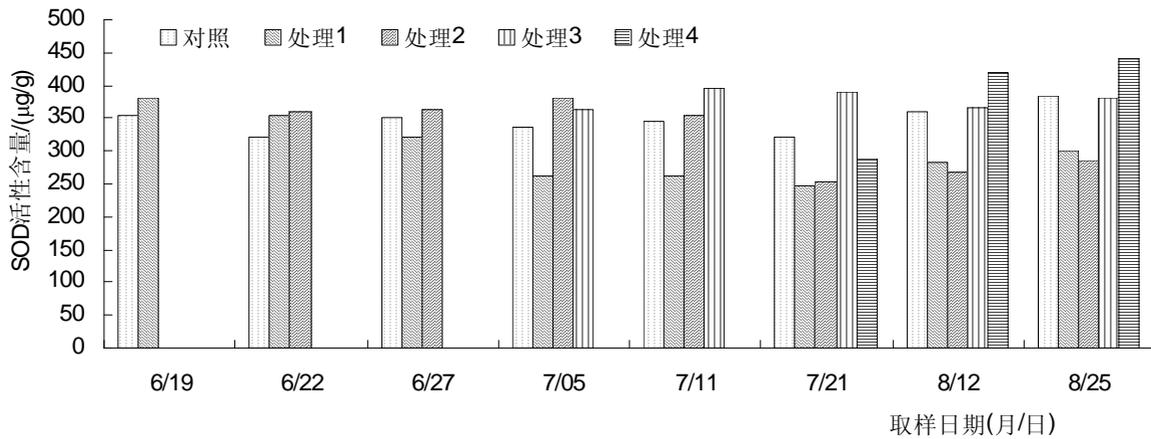


图3 不同生育时期干旱胁迫下‘冀张薯8号’SOD活性含量变化

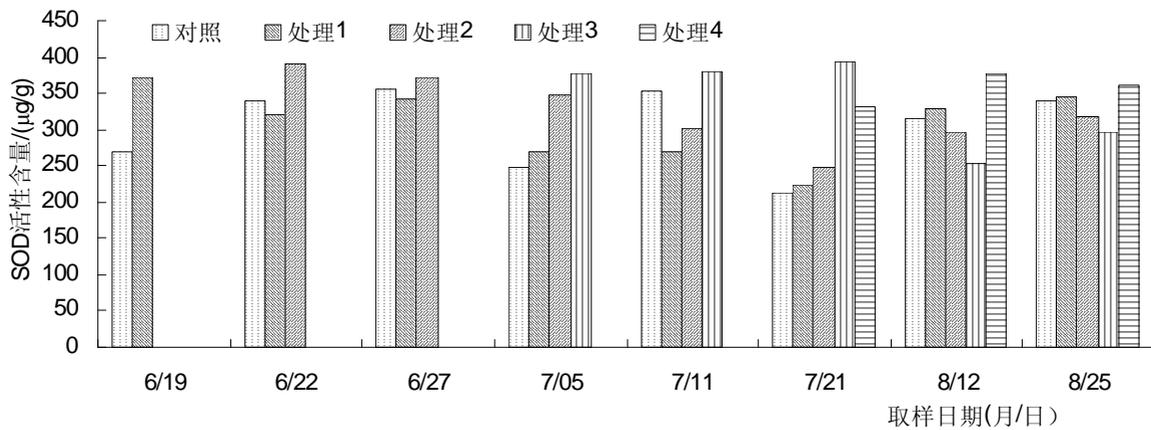


图4 不同生育时期干旱胁迫下‘夏波蒂’SOD活性含量变化

着生长时间的延长呈波浪式变化。干旱胁迫下马铃薯 SOD 活性均高于对照,且随着干旱胁迫时间的延长增幅呈下降趋势。2 个品种均在开花期变幅最大,且‘夏波蒂’变幅大于‘冀张薯 8 号’。复水后 SOD 活性呈下降趋势低于对照。

### 2.3 不同生育时期干旱胁迫对马铃薯叶片脯氨酸含量的影响

不同生育时期干旱胁迫下马铃薯脯氨酸含量变化如图 5、图 6 所示。各处理马铃薯脯氨酸含量随着生长

时间的延长呈先下降后上升趋势。干旱胁迫下马铃薯脯氨酸含量均高于对照,且随着干旱胁迫时间的延长增幅呈上升趋势。2 个品种均在团棵期和开花期变幅最大,且‘夏波蒂’变幅大于‘冀张薯 8 号’。复水后脯氨酸含量呈下降趋势低于对照。表明干旱胁迫促进马铃薯叶片脯氨酸含量的积累。

### 3 结论与讨论

干旱胁迫造成细胞内氧自由基产生与清除的不平衡,从而导致膜脂过氧化或膜脂脱脂化,最终形成丙二

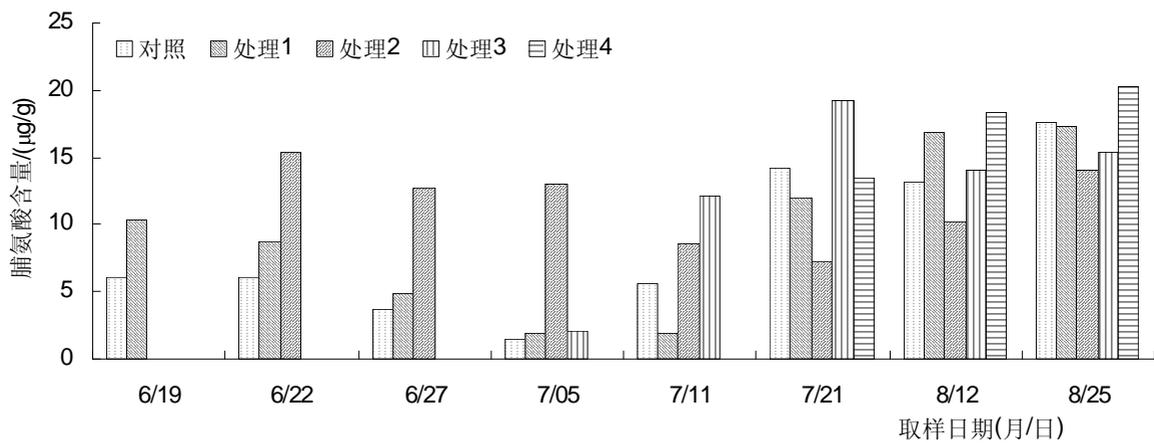


图 5 不同生育时期干旱胁迫下‘冀张薯 8 号’脯氨酸含量变化

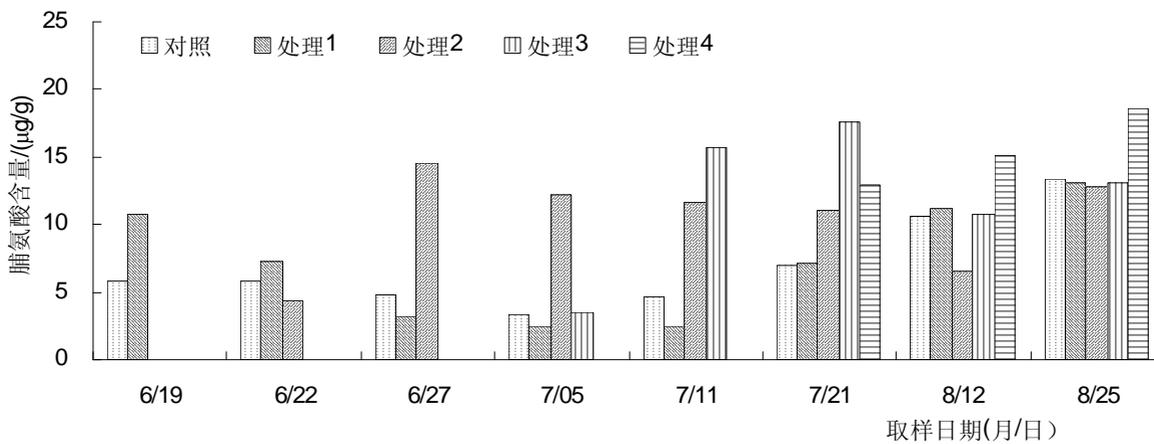


图 6 不同生育时期干旱胁迫下‘夏波蒂’脯氨酸含量变化

醛(MDA),使植物受到伤害。MDA 是膜系统伤害的重要标志之一。此研究中各生育时期早胁迫下马铃薯丙二醛含量均高于对照,且随着干旱胁迫时间的延长呈上升趋势,与刘海龙<sup>[8]</sup>、文建成<sup>[9]</sup>、覃鹏<sup>[10]</sup>等的试验结果一致。

游离脯氨酸是植物在逆境条件下积累的一种小分子渗透调节物质。目前,一部分研究认为,水分胁迫下脯氨酸积累具有品种间差异,并与抗旱性成正相关<sup>[11-13]</sup>,另一部分研究认为,脯氨酸累积是逆境胁迫产

生的结果,其积累量与品种的抗旱性无关<sup>[14-15]</sup>。此研究中脯氨酸含量在团棵期和开花期干旱胁迫下变幅明显大于其他 2 个时期,表明该时期对水分比较敏感,‘冀张薯 8 号’变幅小于‘夏波蒂’,说明干旱胁迫下游离脯氨酸含量的变化可作为衡量马铃薯抗旱能力的指标。

超氧化物歧化酶能专一地清除生物氧化中的超氧阴离子自由基,因而具有抗衰老、抗辐射、抗炎和抗癌等重要生理作用。干旱胁迫下马铃薯 SOD 活性均高于对照,且随着干旱胁迫时间的延长,增幅呈下降趋

势。表明干旱胁迫提高马铃薯SOD活性,这是作物抵抗干旱的一种生理反应,SOD的增加加速分解体内产生的超氧自由基,减缓膜脂过氧化速度<sup>[6,16-18]</sup>。2个品种均在开花期变幅最大,复水后SOD活性呈下降趋势低于对照。此研究中SOD活性在开花期干旱胁迫下变幅明显大于其他3个时期,表明该时期对水分比较敏感。‘冀张薯8号’变幅小于‘夏波蒂’,说明干旱胁迫下SOD活性的变化可作为衡量马铃薯抗旱能力的指标。

### 参考文献

- [1] Belanger G, Walsh J R. Tuber Growth and Biomass Partitioning of Two Potato Cultivars Grown under Different N Fertilization Rates With and Without Irrigation[J]. Amer J of Potato Res,2001,78: 109-117.
- [2] Deblonde P M K, Haverkort A J, Ledent J F, et al. Responses of early and late potato cultivars to moderate drought conditions: agronomic parameters and carbon isotope discrimination [J]. European Journal of Agronomy,1999,1:91-105.
- [3] 高占旺,庞万福,宋伯符.水分胁迫对马铃薯的生理反应[J].马铃薯杂志,1995,9(1):1-5.
- [4] 杨明君,樊民夫.旱作马铃薯根系拉力与冠层覆盖度对块茎膨大及产量的影响[J].华北农学报,1995,10(1):76-81.
- [5] 刘玲玲,李军,李长辉,等.马铃薯可溶性蛋白、叶绿素及ATP含量变化与品种抗旱性关系的研究[J].中国马铃薯,2004,18(4): 201-204.
- [6] 李建武,王蒂,雷武生.干旱胁迫对马铃薯叶片膜保护酶系统的影  
响[J].江苏农业科学,2007,9(3):100-103.
- [7] 刘祖祺.植物抗性生理[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [8] 刘海龙,郑桂珍,关军锋,等.干旱胁迫下玉米根系活力和膜透性的变化[J].华北农学报,2002,17(2):20-22.
- [9] 文建成,陈学宽,符菊芬,等.质膜透性与丙二醛(MDA)含量的变化评价甘蔗品种抗旱性初探[J].甘蔗,1998,5(3):1-5.
- [10] 覃鹏,刘叶菊,刘飞虎.干旱胁迫对烟草叶片丙二醛含量和细胞膜透性的影响[J].亚热带植物科学,2004,33(4):8-10.
- [11] 汤章城.逆境条件下植物脯氨酸的积累其可能的意义[J].植物生理学通讯,1984(1):15-21.
- [12] 范敏,金黎平,刘庆昌,等.马铃薯抗旱机理及其相关研究进展[J].中国马铃薯,2006,20(2):101-107.
- [13] 钮福祥,华希新,郭小丁,等.甘薯品种抗旱性生理指标及其综合评价初探[J].作物学报,1996,22(4):392-398.
- [14] 张明生,杜建厂,谢波,等.水分胁迫下甘薯叶片渗透调节物质含量与品种抗旱性的关系[J].南京农业大学学报,2004,27(4):123-125.
- [15] Wood A J, Sanedoda H, Joly R J. Betaine aldehyde dehydrogenase in sorghum[J]. Plant Physiol, 1996, 110(4): 1301-1308.
- [16] Carlos A, Martinez, Marcelo E, et al. Differential responses of superoxide dismutase in freezing resistant *Solanum curtilobum* and freezing sensitive *Solanum tuberosum* subjected to oxidative and water stress[J]. Plant Science, 2001, 160: 505-515.
- [17] 王芳雁,邵世勤,张建华,等.水分胁迫对玉米保护酶系活力及膜系统结构的影响[J].华北农学报,1995,10(2):43-49.
- [18] 李国龙,吴海霞,温丽,等.作物抗旱生理与分子作用机制研究进展[J].中国农学通报,2010,40(23):185-191.