

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2009)05-0263-05

PEG6000 渗透胁迫对马铃薯生理特性的影响

贾 琼¹, 张冬红¹, 蒙美莲^{1*}, 何青云², 王慧生³

(1. 内蒙古农业大学农学院, 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古大雁矿业集团, 呼伦贝尔 巴雁 021122;
3. 内蒙古大雁鹤声薯业发展公司, 呼伦贝尔 巴雁 021122)

摘 要: 采用聚乙二醇(PEG)渗透胁迫的方法, 研究了不同浓度 PEG 胁迫对 5 个马铃薯品种叶片的渗透调节物质与保护酶活性以及丙二醛(MDA)含量的影响。结果表明: 脯氨酸(Pro)含量、可溶性蛋白含量随胁迫加剧呈现一直升高的变化趋势, 且与品种抗旱性呈负相关关系; 过氧化物酶(POD)随胁迫加剧呈现先升高后下降的变化趋势, 抗旱性强的品种表现出更强的 POD 活性; 超氧化物歧化酶(SOD)在轻度胁迫下活性下降, 在中、重度胁迫下除 04-6 品系之外全部表现有活性上升的趋势, 但与品种的抗旱性均未表现出明显的相关规律; 丙二醛(MDA)在轻中度胁迫下含量上升, 与品种抗旱性呈显著负相关($r = -0.9363$), 重度胁迫下, 品种间表现虽有不同, 但其含量的高低与品种抗旱性关系仍表现为负相关关系。

关键词: 马铃薯; PEG; 渗透调节物质; 丙二醛; 保护酶活性

目前, 普遍认为植物在遭受干旱胁迫以后, 会引起植物膜伤害和膜透性程度的增强以及生物自由基的累积, 植物本身可以通过主动积累渗透调节物质、以及提高保护酶活性清除自由基来减轻干旱对植物的伤害。但是对植物积累渗透调节物质的量以及积累能力的大小、保护酶活性的升高程度与抗旱性的关系研究结果很不一致^[1-4]。本文研究了在渗透胁迫条件下, 几个马铃薯品种的渗透调节物质与保护酶活性的变化情况, 目的在于揭示马铃薯不同品种应对干旱的生理生化机制以及与抗旱性的关系, 从而为马铃薯的抗旱生理机理研究提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验地及肥力情况

试验在内蒙古农业大学教学农场进行, 土壤为壤土, 有机质含量为 2.86%, 全氮 0.224%, 碱解氮 81.2 mg·kg⁻¹, 速效磷 19.3 mg·kg⁻¹, 速效钾

145.8 mg·kg⁻¹, pH 值为 7.7。

1.2 试验材料

以日本引进的马铃薯 04-5 品系、04-7 品系、04-6 品系、04-8 品系和克新 1 号为材料。

1.3 试验方法

采用田间小区试验方法, 小区设计采用随机区组设计, 设 3 次重复, 小区面积为 4 m × 3 m = 12 m², 每小区种植 5 行, 株行距 30 cm × 60 cm。每 667 m² 一次性施足底肥二铵 20 kg、尿素 7.5 kg。在初花期将田间生长良好的植株倒四叶复叶取下装入取样箱迅速带回室内, 然后将各试验材料叶片分别浸入 15%、20%、25% 的 PEG 6 000 溶液中 24 h, 取出吸干上面的溶液进行各项生理指标的测定。以未处理的样品作为对照。

1.4 生理指标的测定

脯氨酸含量测定参照朱广廉^[1]的方法; 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定参照现代植物生理学实验指南^[2]中的方法; 过氧化物酶(POD)活性测定参照陈建勋等^[3]的方法; 可溶性蛋白质的测定参照邹琦^[4]方法; 丙二醛的测定参照李合生^[5]方法。

1.5 抗旱性能的评价

不同基因型马铃薯品种的抗旱性能采用隶属函数法进行分析。用隶属函数判断抗旱性能强弱。具

收稿日期: 2009-03-23

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD49B03 -1)。

作者简介: 贾琼(1984-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯栽培生理研究。

* 通讯作者: E-mail: mmeilian@126.com.

体抗旱生理指标综合评价方法如下:

①当指标性状值与抗旱性成正相关时:

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}$$

②当指标性状值与抗旱性呈负相关时:

$$\bar{X}_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}}$$

其中 X 表示干旱条件下指标值与对照值之比, X_{ij} 为 i 品种 j 性状的隶属函数值, X_{ij} 为 i 品种 j 性状值, X_{jmin} 为各品种 j 性状最小值, X_{jmax} 为各品种 j 性状的最大值。

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{X}_{ij}$$

然后把每个品种各个性状具体抗旱隶属值进行累加, 并求平均值: n 为指标性状数量, X_i 为品种抗旱隶属函数平均值, 平均值越大, 抗旱性越强。

2 结果与分析

2.1 品种抗旱性综合评价

作物的抗旱性是复杂的数量性状, 是多种因素、多种机制共同作用的结果。而每一个指标都只能反映其抗旱性的某一个侧面, 因此, 要对这 5 个品种进行抗旱性强弱的准确鉴定, 就必须同时测几个指标, 进行综合评价。本文采取了隶属函数法通过试验的 5 个指标对 5 个品种抗旱性进行了评价。

表 1 不同马铃薯品种抗旱性综合评价

品名	15% \bar{X}_i 值	20% \bar{X}_i 值	25% \bar{X}_i 值
04-5 品系	0.564820	0.567638	0.341945
04-7 品系	0.534855	0.400902	0.459351
克新 1 号	0.393576	0.392132	0.409557
04-6 品系	0.557069	0.453804	0.353380
04-8 品系	0.666019	0.766616	0.480658

由表 1 可以看出, 在 PEG 浓度为 15% 的轻度胁迫与 20% 的中度胁迫条件下, 5 个品种的抗旱性强弱均表现为: 04-8 品系 > 04-5 品系 > 04-6 品系 > 04-7 品系 > 克新 1 号。在 25% 重度胁迫条件下, 抗旱性的强弱表现为: 04-8 品系 > 04-7 品系 > 克新 1 号 > 04-6 品系 > 04-5 品系。说明各个品种适应胁迫

程度的能力不同, 04-8 品系和 04-7 品系品种在重度胁迫下仍然表现出一定的抗旱性。

2.2 不同 PEG 浓度对马铃薯叶片生理指标的影响

2.2.1 不同 PEG 浓度对马铃薯叶片脯氨酸含量的影响

如图 1 所示, 在 PEG 胁迫下, 各品种马铃薯叶片脯氨酸均大量积累, 但其上升幅度不同, 在 15% 的 PEG 溶液中, 04-5 品系的上升幅度最大, 是对照的 10 倍之多, 其次是克新 1 号、04-6 品系、04-8 品系、04-7 品系; 分别是对照的 603%、288%、271%、162%。随着胁迫程度由 15% 增加到 20% 时, 各品种 Pro 含量均缓慢增加, 含量最高的依然是 04-5 品系, 其次是 04-6 品系、克新 1 号、04-8 品系、04-7 品系。由表 1 与图 1 分析可知, 15% 的轻度胁迫与 20% 的中度胁迫条件下, 脯氨酸积累的相对量与植物本身的抗旱性没有明显的对应关系。PEG 浓度由 20% 增加到 25% 时, 各品种 Pro 含量除 04-5 品系外又快速增加。在 25% 的 PEG 胁迫下, 各品种的 Pro 含量又出现了不同程度的升高, 与 20% 浓度的 PEG 溶液相比, 04-7 品系的上升幅度达 115%、克新 1 号达 83%、04-6 品系达到 41%、04-8 品系与 04-5 品系上升不明显。相关分析表明, 各浓度下脯氨酸含量与品种抗旱性呈负相关关系。

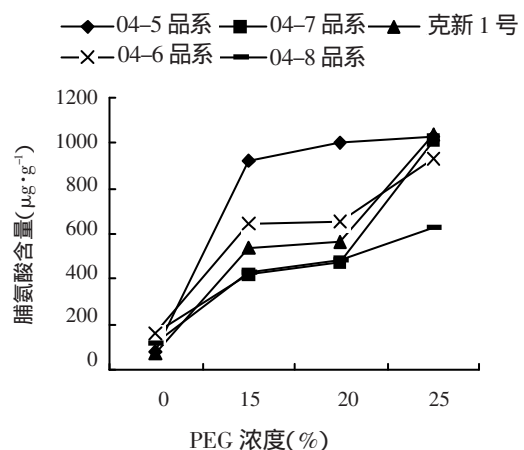


图 1 PEG 渗透胁迫对马铃薯叶片脯氨酸含量的影响

2.2.2 不同 PEG 浓度对马铃薯可溶性蛋白含量的影响

由图 2 可见, 各马铃薯品种在 PEG 胁迫下, 随着胁迫浓度的增加叶片可溶性蛋白均表现为上升的趋势, 在 PEG 为 15% 的轻度胁迫下时, 可溶性

蛋白含量明显高于对照, 在胁迫继续加重时, 可溶性蛋白含量变化表现平缓, 只有克新 1 号在 PEG 浓度 20% 时可溶性蛋白含量显著高于浓度为 15% 时, 上升幅度达 14%。在轻、中度胁迫下, 抗旱性较强的 04-5 品系与 04-8 品系的可溶性蛋白含量相对于对照的积累量要低于其他的几个品种。在重度胁迫下, 各品种的可溶性蛋白含量急剧升高, 与 20% 浓度的 PEG 溶液相比, 04-6 品系的上升幅度达 70%, 04-5 品系上升了 36%, 04-7 品系上升了 25%, 克新 1 号上升了 36%。品种间比较, 各浓度下可溶性蛋白含量与抗旱性的相关分析表明均呈负相关关系。

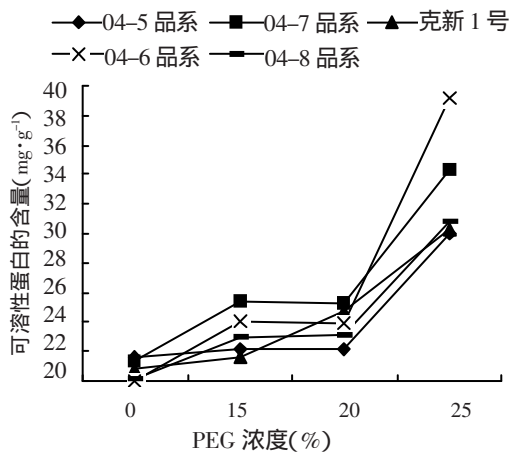


图 2 PEG 渗透胁迫对马铃薯叶片可溶性蛋白含量的影响

2.2.3 不同 PEG 浓度对马铃薯丙二醛含量的影响

由图 3 可知, 随 PEG 浓度的增加, 5 个品种丙二醛含量的变化趋势不尽相同, 04-7 品系、克新 1 号表现为先上升后下降的趋势, 而 04-5 品系、04-6 品系、04-8 品系则表现为一直上升的趋势, 但各品种在 15% PEG 胁迫下, MDA 的含量均是显著增加的, 且增加幅度最小的是 04-8 品系为 11%, 其次是 04-7 品系为 15%, 04-5 品系为 16%。增长幅度最大的是克新 1 号, 达到了 56%。在 20% 的 PEG 溶液中, 各品种的 MDA 含量继续升高, 但是变化趋势渐缓, 相对于对照的增加量最小的依旧是 04-8 品系和 04-5 品系。另从图 2 中看出, 在 15%、20% 的 PEG 溶液中, 各品种 MDA 的含量表现为 04-8 品系 < 04-5 品系 < 04-6 品系 < 04-7 品系 < 克新 1 号, 与各品种的抗旱性强弱正好相反。当 PEG 浓度由 20% 增加到 25% 时, 品种间的 MDA 含量变化不尽相同, 04-7 品系、克新

1 号的 MDA 分别下降了 20% 和 17%, 而 04-8 品系、04-6 品系和 04-5 品系却分别增加了 25%、4.8% 和 6%, 这表明各马铃薯品种在不同干旱胁迫下, MDA 含量变化并不相同。

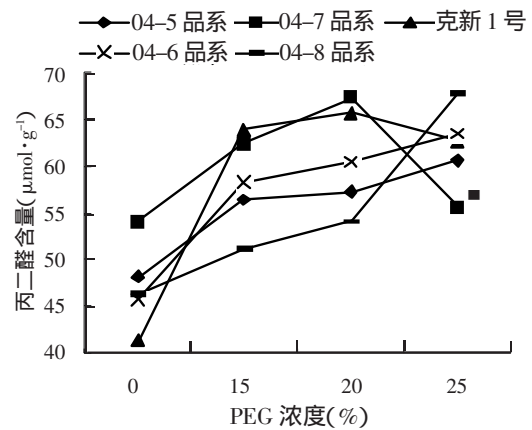


图 3 PEG 渗透胁迫对马铃薯叶片丙二醛含量的影响

2.2.4 不同 PEG 浓度对马铃薯叶片过氧化物酶活性的影响

由图 4 可知, 5 个马铃薯品种在 PEG 胁迫下过氧化物酶活性变化趋势相似, 均是随着胁迫浓度的增加先上升后下降, 但 POD 活性达到最大时的 PEG 浓度不相同, 04-5 品系、克新 1 号在 PEG 为 15% 时达到最大, 04-7 品系、04-6 品系、04-8 品系则均在 20% 时达到最大。各品种 POD 活性的最高值相对于对照的增加量分别是 04-5 品系为 148%, 04-7 品系为 87%, 克新 1 号为 88%, 04-6 品系为 60%, 04-8 品系为 166%。

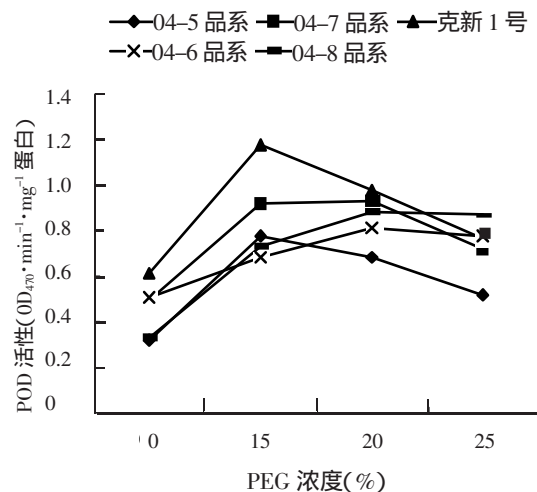


图 4 PEG 渗透胁迫对马铃薯叶片过氧化物酶活性的影响

2.2.5 不同的 PEG 浓度对马铃薯超氧化物歧化酶活性的影响

由图 5 可知, 5 个马铃薯品种叶片 SOD 活性的变化随着胁迫的加重表现出不同的变化规律。04-7 品系、克新 1 号表现为先下降后升高, 04-5 品系、04-8 品系表现为先下降再升高再下降的趋势, 04-6 品系则表现逐渐下降的趋势。在 15% 的 PEG 处理浓度下, 5 个品种均表现为 SOD 活性下降, 这与尚国斌等^[6]对马铃薯的研究结果相似, 与王娟等^[7]对玉米的研究结果不同。在 20% PEG 处理浓度下, 04-7 品系、04-6 品系的 SOD 活性表现继续下降, 而 04-5 品系、克新 1 号、04-8 品系 SOD 活性则表现为上升。其中 04-5 品系的 SOD 活性较 15% 时上升了 77%, 04-8 品系上升了 58%, 克新 1 号上升不明显; 在 PEG 浓度由 20% 增加到 25% 时, 04-7 品系和克新 1 号叶片 SOD 活性大幅增加, 而 04-5 品系、04-6 品系和 04-8 品系则平缓减弱。表明各品种在不同程度的干旱胁迫下, SOD 活性的表现不同。

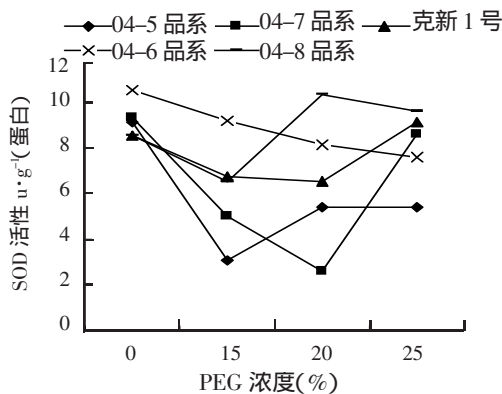


图 5 PEG 渗透胁迫对马铃薯叶片超氧化物歧化酶活性的影响

3 讨论

逆境下植物细胞常常进行脯氨酸的积累, 但其积累的生理意义至今仍然存在着截然相反的结论。有些研究认为逆境下脯氨酸积累的多少可以作为植物抗逆性筛选的指标^[8], 有些人则认为脯氨酸的积累是伤害的结果, 不能作为抗性筛选的指标, 更适宜作为一个胁迫伤害指标^[9]。本研究表明, 脯氨酸在马铃薯体内的大量积累是受到胁迫的一个讯号, 胁迫的程度越大, 脯氨酸含量越高, 所以脯氨酸含

量更适宜作为胁迫伤害指标。各品种脯氨酸含量相对于对照的增加量与品种间抗旱性强弱呈负相关关系。可溶性蛋白含量与植物调节细胞渗透势有关, 高含量的可溶性蛋白可维持植物细胞较低的渗透势, 抵抗水分胁迫伤害^[10]。本研究表明, 随着胁迫程度的增加, 可溶性蛋白含量显著升高。这可能是马铃薯叶片受到渗透胁迫后, 合成了一些高度亲水的新蛋白质, 以增强原生质的水合度, 起到抗脱水的作用^[8], 这与孙存华等^[11]对藜的研究结果相似, 但与葛体达等^[12]对玉米的研究表现为随胁迫程度的增强可溶性蛋白含量降低的结果不同。一般认为抗旱性强的品种渗透调节能力较强^[13]。本试验中可溶性蛋白含量相对于对照的增加量与品种间抗旱性强弱呈不显著的负相关关系, 表明可溶性蛋白虽然被认为是逆境条件下的渗透调节物质^[14], 但在本试验结果中表现并不明显。

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化作用的主要产物之一, 其含量可以表示膜脂过氧化作用的程度^[15], 是用于检测膜脂过氧化程度的一个指标^[16]。本试验结果表明, 在轻、中度胁迫条件下, MDA 含量均上升, 且各品种马铃薯的 MDA 的绝对含量与品种抗旱性呈现显著负相关关系($r=-0.9363$); 在重度胁迫条件下, MDA 含量变化品种间虽然有些差异, 但与抗旱性仍然呈负相关关系, 可以作为马铃薯品种抗旱性筛选的指标。

在自由基伤害学说中, 超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶被称为保护酶系统, 这三者协调一致, 使生物体内自由基维持在一个较低水平, 从而防止自由基伤害, 但是关于保护酶活性在逆境胁迫下的变化规律的研究结论还不一致^[17-19]。本试验研究表明, POD 随胁迫加剧呈现先上升后下降的趋势, 5 个品种在 PEG 胁迫下, POD 活性的变化均显著高于对照, 且抗旱性较强的 04-8 品系、04-5 品系的 POD 活性较其他品种更强, 能更有效的清除活性氧的危害。因此 POD 可以作为马铃薯品种抗旱性筛选的指标。

SOD 在轻度胁迫下活性下降, 但下降的程度与品种抗旱性没有一定的对应关系。在中、重度胁迫下, 除 04-6 品系品种外, 其他品种 SOD 基本表现为增加的趋势, 但 SOD 活性的变化与品种的抗旱性没有表现出明显的规律。

[参 考 文 献]

- [1] 朱广廉. 植物体内游离脯氨酸的测定[J]. 植物生理学通讯, 1983(1): 35-37.
- [2] 上海市植物生理协会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [3] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 华南理工大学出版社, 2000.
- [4] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [5] 李合生. 植物生理生化实验技术原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [6] 尚国斌, 张瑞玖, 蒙美莲, 等. NaCl 胁迫下马铃薯试管薯生长发育特性的研究[M]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业——更快、更高、更强. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2008.
- [7] 王娟, 李德全, 谷之坤. 不同抗旱性玉米幼苗根系抗氧化系统对水分胁迫的反应[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 285-290.
- [8] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的积累及其可能的意义[J]. 植物生理学通讯, 1984(1): 15-21.
- [9] 刘娥娥, 宗会, 郭振飞, 等. 干旱、盐和低温胁迫对水稻幼苗脯氨酸含量的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(3): 235-238.
- [10] 李合生, 孟庆伟, 夏凯. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [11] 孙存华, 李扬, 贺鸿雁, 等. PEG6000 渗透胁迫对藜幼苗叶片渗透调节物质的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(25): 7784-7786.
- [12] 葛体达, 隋方功, 白丽萍, 等. 长期水分胁迫对夏玉米根叶保护酶活性及膜质过氧化作用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 23(5): 18-23.
- [13] 黎裕. 植物的渗透调节与其它生理过程的关系及其在作物改良中的应用[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(5): 377-385.
- [14] 刘娥娥, 汪沛洪, 郭振飞. 植物的干旱诱导蛋白[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(2): 155-160.
- [15] Shu M Y, Fan M Q. Effect of osmotic stress and calcium on membrane - lipid peroxidation and the activity of defense enzymes in fir seedling [J]. Forest Research, 2000, 13(4): 391-396.
- [16] 陈贵, 胡文玉, 谢捕梯, 等. 提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(1): 44-46.
- [17] 王宝山. 植物自由基与植物膜伤害[J]. 植物生理学通讯, 1988 (2): 12-16.
- [18] 许长成, 赵世杰, 孟庆伟, 等. 小麦叶片在干旱条件下的膜损伤与脂质过氧化[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26(4): 412-418.
- [19] 王向阳, 崔金梅. 小麦不同生育时期超氧化物歧化酶活性与脂质过氧化作用[J]. 河南农业大学学报, 1991(1): 124.

Effect of Osmotic Stress with PEG6000 on Physiological Characteristics of Potatoes

Jia Qiong¹, Zhang Donghong¹, Meng Meilian¹, He Qingyun², Wang Huisheng³

(1.Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Inner Mongolia Wild Crane Mining Group, Hulunbuir, Inner Mongolia 021122, China;

3. Inner Mongolia Wild Cranes Potato Development Company, Hulunbuir, Inner Mongolia 021122, China)

Abstract: By using polyethelene glycol (PEG) osmotic stress method, the effect of PEG was studied on leaf osmotic control materials, protective enzymes and the contents of malonaldehyde (MDA) in five potato clones. The contents of proline and soluble protein were increased with the increase in PEG concentration, and both were negatively correlated to the drought resistance. The activity of peroxidase (POD) were increased at the beginning and decreased later, and high drought-resistant clones showed strong POD activity. Superoxide dismutase (SOD) activity under mild osmotic stress dropped down. In severe stress, except for the clone 04-6 all had active rising, but it did not show obvious correlation with the drought resistance. MDA content increased under mild and moderate stress, and a significant negative correlation with the drought resistance ($r=-0.9363$) was found. Under severe stress, no consistent trend was found in the five clones, but a negative relationship was still obvious.

Key Words: potato; PEG; osmoregulation substance; malonaldehyde; protective enzymes