

甘薯质膜相对透性和水分状况与品种抗旱性的关系

张明生^{1,2}, 戚金亮¹, 杜建厂¹, 杨春贤³, 杨永华¹, 谈 锋³

(1 南京大学 生命科学院, 江苏 南京 210093; 2 贵州大学 农学院,
贵州 贵阳 550025; 3 西南师范大学 生命科学院, 重庆 400715)

摘要: 对水分胁迫下甘薯植株质膜相对透性 (RPP) 和水分状况与品种抗旱性关系的研究结果表明, 水分胁迫下不同甘薯品种叶片的 RPP 和水分饱和亏 (WSD) 均明显增大, 叶片相对含水量 (w_{RW})、自由水与束缚水含量比值 (w_f/w_b) 及藤叶与块根含水量比对照均不同程度下降. w_{RW} 与品种抗旱性呈极显著正相关 ($r=0.9080$ $P<0.01$), RPP、WSD、 w_f/w_b 及块根含水量的相对值与品种抗旱性均呈极显著负相关 ($r=-0.6797\sim-0.8937$ $P<0.01$), 藤叶含水量的相对值与品种抗旱性间的相关性不显著 ($r=-0.3675$ $P=0.1778$). 因此, 除藤叶含水量外, 其余指标均可用于甘薯品种抗旱性的评定.

关键词: 甘薯; 水分胁迫; 抗旱性; 质膜相对透性; 水分状况

中图分类号: S531

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X (2006) 01-0069-03

Relationship Between Relative Penetration of Plasmalemma and Water Condition Under Water Stress and Drought Resistance in Sweet Potato

ZHANG Ming-sheng^{1,2}, QI Jin-liang¹, DU Jian-chang¹, YANG Chun-xian³, YANG Yong-hua¹, TAN Feng³

(1 College of Life Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2 Agricultural College, Guizhou University,
Guiyang 550025, China; 3 College of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China)

Abstract The relationship between the relative plasmalemma permeability (RPP), water conditions under water stress and drought resistance of different sweet potato cultivars were studied. The results showed that under water stress, RPP, water saturation deficit (WSD) in leaves increased obviously, relative water content (w_{RW}), ratio of free water and bound water (w_f/w_b), and water content in vine and earthnut all decreased in different extent. w_{RW} correlated significantly positively ($r=0.9080$ $P<0.01$) to drought resistance, and the relative values of RPP, WSD, w_f/w_b and water content in earthnut all correlated significantly negatively ($r=-0.6797\sim-0.8937$ $P<0.01$) to drought resistance. The correlation of water content in vine and leaf to drought resistance was not significant ($r=-0.3675$ $P=0.1778$). Therefore, except for water content in vine and leaf, all indices in this paper can be used to evaluate the drought resistance of different sweet potato cultivars.

Key words sweet potato; water stress; drought resistance; relative plasmalemma permeability; water condition

近年来, 气候的全球性恶化所引发干旱发生的周期越来越短, 程度越来越重, 对粮食生产构成了严重的威胁. 而改进耕作栽培技术, 如采用少耕、免耕、地面覆盖等抗旱耕作方式也不能从根本上解决问题. 因此, 提高并利用农作物品种自身的抗旱能力便

成为一种重要的、经济的、有效的抗旱措施, 这已成为农业研究中的重要问题. 甘薯 *Ipomoea batatas* 是抗旱性较强的重要粮食、饲料和工业原料作物, 广泛种植于世界上 100 多个国家, 现已成为一种难得的、低污染的营养保健食品, 受到广泛关注. 但由于世界

收稿日期: 2005-03-22

作者简介: 张明生 (1963), 男, 副教授, 在职博士研究生; 通讯作者: 杨永华 (1963), 男, 教授, 博士, E-mail: yangyh@nju.edu.cn

基金项目: “九五”国家科技攻关项目 (96-002-02-17)

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

上相当比例的甘薯种植在干旱环境下,且不同品种间在抗旱性上存在很大差异,因此,加强其抗旱性研究,对挖掘干旱、半干旱地区甘薯生产潜力具有十分重要的意义. 目前为止,国内外有关甘薯抗旱生理的研究已取得突破性进展,如不同生育期对水分的敏感性^[1],水分胁迫对细胞酶活性^[2-4]、内源激素^[5]、叶绿素^[6]、物质与能量代谢^[7-8]、膜脂过氧化与膜保护系统^[9]、离体叶片失水速率及渗透调节物质^[10]等的影响. 但在其质膜相对透性及植株水分状况对品种抗旱性的贡献方面研究较少. 本试验通过对水分胁迫下不同甘薯品种叶片的质膜相对透性、相对含水量、水分饱和亏、自由水与束缚水含量比值及藤叶与块根含水量等指标与品种抗旱性的关系进行了较为系统的研究,旨在为其生产及抗旱优良种质的鉴定与筛选提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用重庆市甘薯研究中心提供的 15 个甘薯品种(系): 农大红、漳薯 1 号、8908 383、宿芋 1 号、9318 58、渝苏 303、89-1、95-411-153、西蒙 1 号、92-111-107、渝薯 34、南薯 88、Y₃、92-103-30 及潮薯 1 号.

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验中设置干旱处理和对照,小区 5 m², 8 株·m⁻², 保护行 3 行, 干旱处理和对照各品种均设 5 个重复. 在栽插薯苗前将旱池装上防雨棚(钢架上搭白色塑料薄膜), 栽插薯苗时按预先设计的控制降水量(模拟降水量控制在 200 mm)将旱池土壤均匀灌水, 整个生育期(6~10 月)内遇雨时旱池必须盖密防雨棚(雨停后立即揭开膜), 土壤含水率(占土干质量)控制在 6%~10% 范围内, 直到收获; 对照池保持自然环境条件. 试验持续 2 年(1997 年、1998 年试验所在地 6~10 月的自然降水总量分别为 582.1 和 867.8 mm), 整体重复 2 次. 在对试验结果进行分析时, 所有指标均用 2 年的平均值.

1.2.2 品种抗旱性测定 用称质量法. 以收获时旱池与对照池的薯块平均产量(即每株鲜质量, g 株⁻¹)之比值作为品种的抗旱系数^[2-3].

1.2.3 叶片质膜相对透性(RPP)测定 用电导法^[11].

1.2.4 叶片相对含水量(w_{RW})和水分饱和亏(WSD)测定 按沈宗英法^[12-16], $WSD = 1 - w_{RW}$.

1.2.5 叶片自由水与束缚水含量比值(w_f/w_b)的测定 用阿贝折射仪^{[12] 68}.

1.2.6 藤叶和块根含水量测定 收获时取藤叶和块根鲜样称质量后, 分别切成均匀的截段和薄片, 置

于烘箱中, 先在 105 °C 烘 15 min 以使酶失活, 再在 70 °C 下烘至恒质量. 含水量 = (鲜质量 - 干质量) / 鲜质量 × 100%.

2 结果与分析

2.1 供试品种实际抗旱性的评定

供试甘薯各品种的实际抗旱性(以抗旱系数表示)由强到弱依次是: 潮薯 1 号 > 92-103-30 > Y₃ > 南薯 88 > 渝薯 34 > 92-111-107 > 西蒙 1 号 > 95-411-153 > 89-1 > 渝苏 303 > 9318-58 > 宿芋 1 号 > 8908-383 > 漳薯 1 号 > 农大红^[12].

2.2 叶片 RPP 与品种抗旱性的关系

水分胁迫通常会导致细胞质膜透性增加, 对物质的选择透性降低, 电解质和一般水溶物向胞外渗漏. 因此, 可通过电导率值反映膜伤害的程度, 其值的大小与品种的抗旱性有关. 本试验中, 供试 15 个甘薯品种在水分胁迫下, 其叶片电解质外渗比率(即 RPP)比对照均有较明显的增加, 且 RPP 的相对值(占对照的比率, %, 下同)与品种抗旱性呈极显著负相关(图 1a). 这说明抗旱性弱的品种膜系统稳定性较差, 故 RPP 可作为评价甘薯品种抗旱性的一个重要指标.

2.3 叶片 w_{RW} 和 WSD 的变化与品种抗旱性的关系

w_{RW} 和 WSD 是公认的一对能较好地反映植物水分状况的生理指标, 它们反映了水分不足和高温作用下植物组织在蒸腾时耗水补充过程和恢复能力的差异. 研究表明, 水分胁迫下 WSD 较高而 w_{RW} 较低的作物品种不抗旱, 反之则较抗旱^[13]. 本试验得出水分胁迫下甘薯各品种叶片的 w_{RW} 均不同程度下降, 而 WSD 比对照却有大幅度上升, w_{RW} 和 WSD 的相对值与品种抗旱性间分别呈极显著正相关(图 1b)和极显著负相关(图 1c)的结果, 也很好证明了上述结论.

2.4 叶片 w_f/w_b 的变化与品种抗旱性的关系

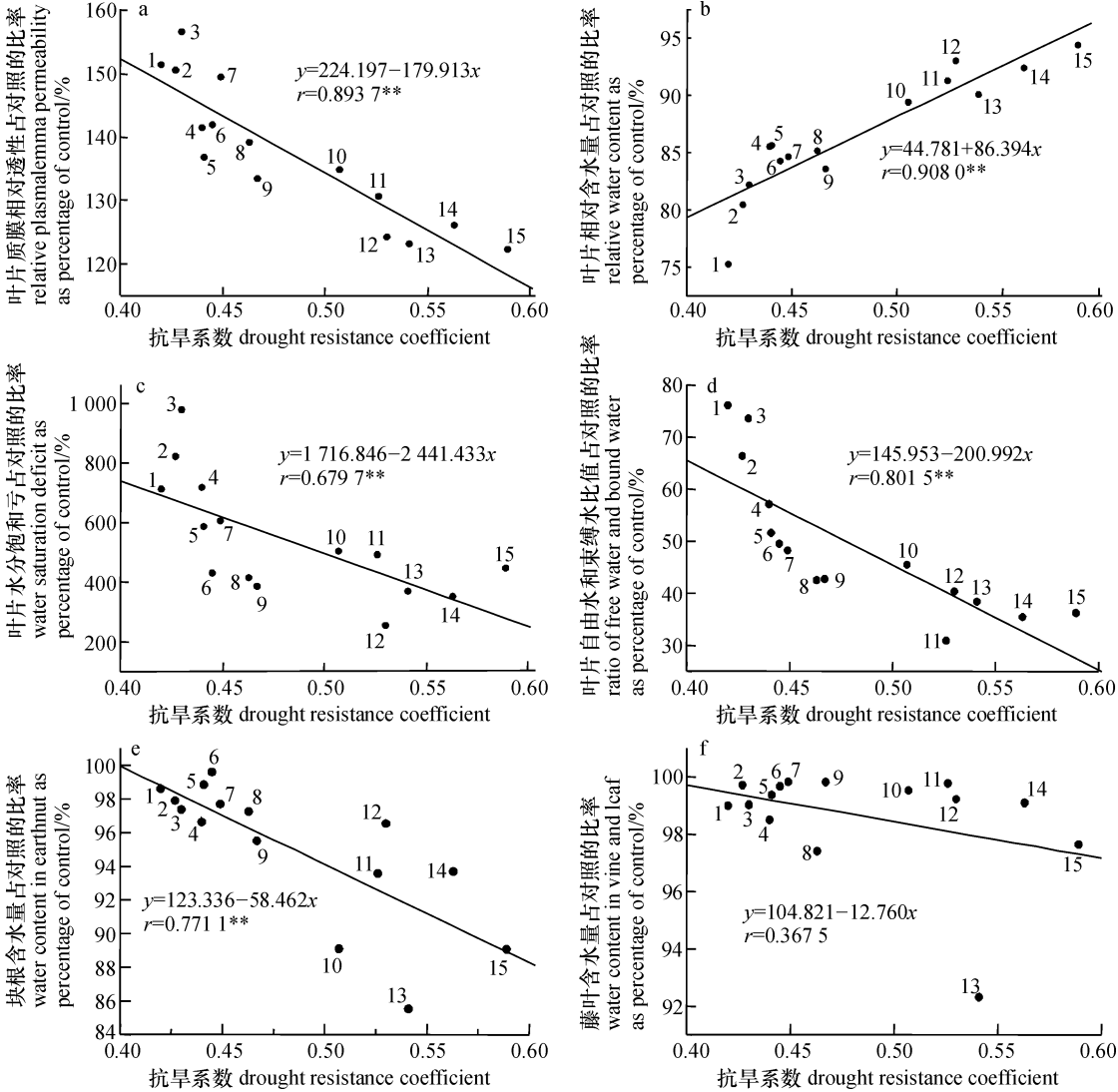
植物组织中的水分通常呈自由水和束缚水 2 种状态. 自由水参与各种代谢过程, 其含量制约着植物的代谢强度; 束缚水含量反映着细胞原生质胶体的亲水程度或原生质胶体结构的稳定性, 与植物的抗性密切相关. 水分胁迫下甘薯叶片中 w_f/w_b 比对照明显下降, 且品种抗旱性愈强, 下降幅度愈大, w_f/w_b 的相对值与品种抗旱性呈极显著负相关(图 1d). 土壤干旱时, 甘薯植株体内总含水量下降, 通过增加束缚水相对含量而提高植物的保水能力, 借以减轻水分胁迫造成的伤害. 因此, 植物体内 w_f/w_b 大小能较客观地反映不同品种抗旱性的强弱.

2.5 块根和藤叶含水量的变化与品种抗旱性的关系

甘薯植株含水量的高低, 一方面体现其代谢的强弱, 同时也在一定程度上反映了植株在缺水环境

中的吸水或抗脱水能力. 本试验结果表明, 水分胁迫下各品种块根和藤叶的含水量均有所下降, 其相对值与品种抗旱性间均表现出负相关关系, 但仅块根含水量与品种抗旱性的相关性达极显著水平 (图

1e), 而藤叶含水量与品种抗旱性的相关程度不明显 (图 1f). 水分胁迫下块根含水量降低, 增大了根部细胞原生质及细胞液浓度, 降低了细胞水势, 有利于根从周围低水势环境中吸水, 或防止脱水.



1 农大红 Nongdahong 2 漳薯 1 号 Zhangshu1 3 8908 383 4 宿芋 1 号 Suyu1 5 9318 58 6 渝苏 303 Yusu303 7 89 1 8 95 411 153 9 西蒙 1 号 Xingmeng 1 10 92 111 07 11 渝薯 34 Yushu34 12 南薯 88 Nanshu 88 13 Y3 14 92 103 3Q 15 潮薯 1 号 Chaoshu1

图 1 植株相关生理指标的变化与品种抗旱性的关系

Fig 1 The relationship between the relative physiological indices changes in plant and the drought resistance of different sweet potato cultivars

3 讨论

膜系统常被认为是干旱伤害的最初和关键的部分, 植物在水分胁迫下的质膜损伤和膜透性的增加是干旱伤害的本质之一. 一般认为, 水分胁迫引起甘薯叶片质膜透性的增加主要是由于质膜受到活性氧的攻击, 膜饱和度增加, 流动性减小, 膜脂分子构象发生改变, 从而使膜的选择透性丧失, 电解质和小分子有机物质大量外渗. 在水分胁迫条件下, 抗旱性不同的甘薯品种 RPP 增加和膜脂过氧化水平提高的幅度有差别, 这可能与不同品种体内清除活性氧的酶

系统和保护性物质所起的作用不同有关^[9 14 15]. 作物的抗旱性与植株的水分状况紧密相关, 这是由于植株的水分状况关系到细胞膨压, 酶的活性, 无机盐的吸收, 有机物的分解、合成、转化、运输和新器官的形成. 据报道, 水分胁迫条件下, 作物品种能维持正常水分状况, 即植物组织的 w_{RW} 下降幅度小、WSD 增加幅度小、 w_f/w_b 小及根部含水量下降幅度大是耐旱的标志^[16]. 本试验也证明了甘薯叶片 w_{RW} 、WSD、 w_f/w_b 和块根含水量与品种抗旱性间均有极显著的相关性, 因此, 这些指标可以作为甘薯品种抗旱性的评价依据. (下转第 75 页)

影响原生质体的产量和质量因素有多种,如材料生理状态、酶组合及浓度比、酶解时间和酶解液的渗透压等。分离时的多种理化因素都对原生质体的产量和质量发生影响,而来自分离原生质体材料的生理状态影响可能很大,本试验结果表明,完全黑暗条件下和苗龄过长的无菌苗下胚轴产量不但低,而且原生质体培养的分裂频率也很低。因此,分离原生质体下胚轴的生理状态不仅影响原生质体的产量和活力,也与培养时分裂增殖有很大的相关性。

原生质体分离时,对分离效果影响最大的因素是酶液浓度和酶解时间。若酶液浓度较大,酶解时间就较短,就会影响原生质体的活力和分裂能力,且原生质体破裂数增多。反之,酶解时间较长,同样会导致较早分离出的原生质体破裂。原生质体分离时,适宜的酶浓度以及酶解时间因植物的种类不同有很大差异,即使同种植物,起始材料不同,其适宜的酶浓度和酶解时间也不同。黄家总等^[2]游离紫罗兰子叶原生质体的酶浓度和时间就与本试验结果略有不同。因此,对于某个特定的植物材料,建立适宜的“酶解浓度-酶解时间”组合是获得高产优质原生质体的重要条件。

酶液渗透压调节剂的使用原理主要是维持原生质体内外环境的渗透压相对稳定性。在已建立的各种植物原生质体的分离系统中,适宜的酶液渗透压分布于 $0.40 \sim 0.80 \text{ mol/L}$ ^[5]。分离紫罗兰子叶的适

宜渗透压是 0.6 mol/L 甘露醇^[2],甘蓝型油菜和紫菜苔花粉则以 1.0 mol/L 甘露醇最佳^[9]。本试验中分离紫罗兰下胚轴原生质体的适宜渗透压是质量分数为 10% 的甘露醇。可见,不同植物甚至同一物种不同供体材料所要求的渗透压不尽相同。因此,必须根据起始材料分别进行探索,才能获得较高的原生质体产量和较大的原生质体的活力。

参考文献:

- [1] 徐怀亮, 罗鹏, 李旭峰, 等. 紫罗兰愈伤组织诱导及植株再生的研究[J]. 中国油料作物学报, 2002 24(1): 19-21.
- [2] 黄家总, 冈田芳明, 傅家瑞. 紫罗兰与桂竹香原生质体培养及电激细胞融合的研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2003 42(3): 64-68.
- [3] 罗鹏, 傅华龙, 蓝泽蓬, 等. 甘蓝型油菜与紫罗兰属间杂交的植物学研究[J]. 植物学报, 2003 45(4): 432-436.
- [4] YAN Y Z, SHAFFERNANN D, ZUR M, et al. Cultivation of improved lines of *Mathiola incana* a source of ω -3 linolenic acid[C] / MONTE RO A A. Papers of ISHS Symposium on Brassica and Ninth Crucifer Genetics Workshop Lisbon Secretariat 1994 33-35.
- [5] 孙勇如, 安锡培. 植物原生质体培养[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 54.
- [6] 李仕琼, 杨弘远, 周娥. 甘蓝型油菜和紫菜苔花粉原生质体的大量分离[J]. 植物学报, 1992 34(5): 339-345.

【责任编辑 李晓卉】

(上接第 71 页)

参考文献:

- [1] 肖利贞. 土壤干旱对甘薯生育及产量的影响[J]. 华北农学报, 1995 10(2): 106-110.
- [2] 张明生, 谈锋, 张启堂. 快速鉴定甘薯品种抗旱性的生理指标及方法的筛选[J]. 中国农业科学, 2001 34(3): 260-265.
- [3] 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.
- [4] 陈京. 抗旱性不同的甘薯品种对渗透胁迫的生理响应[J]. 作物学报, 1999 25(2): 232-236.
- [5] ZHANG Ming sheng, XIE Bo, TAN Feng. Relationship between changes of endogenous hormone in sweet potato under water stress and variety drought resistance[J]. Agricultural Sciences in China 2002 1(6): 626-630.
- [6] 张明生, 谈锋. 水分胁迫下甘薯叶绿素 a/b 比值的变化及其与抗旱性的关系[J]. 种子, 2001(4): 23-25.
- [7] ZHANG Ming sheng, XIE Bo, TAN Feng et al. Relationship between soluble protein, chlorophyll and ATP in drought resistant sweet potato under water stress[J]. Agricultural Sciences in China 2002 1(12): 1329-1333.

- [8] VILLAREAL R L. Variations in the yielding ability of sweet potato under drought stress and minimum input conditions[J]. HortScience 1979 14(1): 33-34.
- [9] 张明生, 谈锋, 谢波, 等. 甘薯膜脂过氧化作用和膜保护系统的变化与品种抗旱性的关系[J]. 中国农业科学, 2003 36(11): 1395-1398.
- [10] 张明生, 彭忠华, 谢波, 等. 甘薯离体叶片失水速率及渗透调节物质与品种抗旱性的关系[J]. 中国农业科学, 2004 37(1): 152-156.
- [11] 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 科学技术出版社, 1985: 67-70.
- [12] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [13] 黎裕. 作物抗旱鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993 11(1): 91-99.
- [14] 路贵和, 安海润. 作物抗旱性鉴定方法与指标研究进展[J]. 山西农业科学, 1999 27(4): 39-43.
- [15] 王爱国, 邵从本, 罗广华. 丙二醛作为植物脂质过氧化指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1986(2): 55-57.
- [16] LEVITT J. Response of Plants to Environmental Stress Vol II [M]. New York: Academic Press, 1980: 211.

【责任编辑 李晓卉】