

甘薯可溶性蛋白、叶绿素及 ATP 含量变化 与品种抗旱性关系的研究

张明生¹, 谢波¹, 谈锋², 张启堂²

(¹ 贵州大学农学院, 贵阳 550025; ² 西南师范大学生命科学学院, 重庆 400715)

摘要: 对水分胁迫下甘薯叶片部分物质和能量代谢指标的研究结果表明, 水分胁迫下叶片中可溶性蛋白含量明显增加, 叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量及叶绿素 a/b 比值与对照相比均有所下降; ATP 含量有增有减, 但品种抗旱性愈强, ATP 含量愈高。叶片中可溶性蛋白含量、叶绿素 a/b 比值、ATP 含量占对照百分率与品种抗旱性间的相关系数 r 分别为 0.8968、-0.8509 和 0.8200, $P < 0.01$ 。因此, 这些指标可用于甘薯不同品种抗旱性的评定。

关键词: 甘薯; 水分胁迫; 可溶性蛋白; 叶绿素; ATP; 抗旱性

Relationship Among Soluble Protein, Chlorophyll and ATP in Sweet potato Under Water Stress with Drought Resistance

ZHANG Ming-sheng¹, XIE Bo¹, TAN Feng², ZHANG Qi-tang²

(¹ Agricultural College, Guizhou University, Guiyang 550025;

² The College of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715)

Abstract: Some indices concerning the metabolism of substance and energy in sweet potato leaves under water stress were studied. Soluble protein contents increased obviously. Compared with control one, Chl a, Chl b, total Chl contents and the ratio between Chl a and Chl b all decreased to some extent. ATP contents increased in some varieties and decreased in others, but the stronger the drought resistance of variety is, the higher the ATP contents are. The correlation coefficient (r) on the soluble protein contents, the ratio between Chl a and Chl b and ATP contents as percentage of control with drought resistance of sweet potato varieties are 0.8968, -0.8509 and 0.8200, respectively ($P < 0.01$). These indices can be used to evaluate the drought resistance of different sweet potato varieties.

Key words: Sweet potato; Water stress; Soluble protein; Chlorophyll; ATP; Drought resistance

世界上相当比例的甘薯种植在干旱环境下, 品种间在抗旱性上存在着很大差异。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, 具有重要意义。迄今国内外有关甘薯抗旱生理的研究, 虽有很多卓有成效的工作, 但从物质和能量代谢角度探讨其抗旱性形成机理方面所做的研究还很少。本试验通过对水分胁迫条件下甘薯物质和能量

代谢的主要生理生化指标(可溶性蛋白、叶绿素、ATP 等)的变化与品种抗旱性形成关系的研究, 以期为其生产及优良种质的鉴定与筛选提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

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。试验中设置处理和对照,小区 5m²,8 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,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 月至 10 月)内遇雨时旱池必须密盖防雨棚,土壤含水率(占土干重)控制在 6%~10% 范围内,直到收获;对照池保持自然环境条件。整个试验持续 2 年,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 测定方法

1.2.1 品种抗旱性 用重量法测定,以收获时旱池与对照池的薯块平均产量(g 鲜重·株⁻¹)之比值作为品种的抗旱系数^[1,2]。

1.2.2 可溶性蛋白含量 按考马斯亮蓝法^[3]测定。

1.2.3 叶绿素 a、叶绿素 b 含量 采用浸提法^[4]提取叶绿体色素,用岛津 UV-240 紫外分光光度计在

645 nm、663 nm 波长处测定其 O.D. 值,计算叶绿素 a、叶绿素 b 及总叶绿素含量。

1.2.4 ATP 含量 依照生物发光法(荧光素-荧光素酶法)^[5],叶片组织 ATP 提取采用 pH 7.8 的甘氨酸-甘氨酸缓冲系统热提取法^[6](内含 1 mmol·L⁻¹ EDTA、1 mmol·L⁻¹ MgSO₄、1 mg·ml⁻¹ 牛血清蛋白)标准 ATP 采用 Sigma Co. 产品,取纯化的 ATP 溶于 20 mmol·L⁻¹ Tris pH 7.8 的缓冲液,作为 ATP 标准液,用中国科学院上海植物生理研究所研制的 FG-3000 型发光光度计测定,整个测定在 25℃ 恒温水浴下进行。

2 结果与分析

2.1 供试品种实际抗旱性的评定

不同甘薯品种对于干旱(水分胁迫)的反应,最终表现在薯块产量上,即抗旱系数是品种抗旱性的综合表现。本文将所测得的各品种抗旱系数扩展到 [0.000, 1.000] 闭区间上,然后按 4 级划分标准(即在上述闭区间内,每隔 0.250 划分 1 级)评定各品种的实际抗旱性(表)。

表 15 个甘薯品种的抗旱水平及水分胁迫下叶片叶绿素含量变化

Table The drought resistance degrees and the changes of chlorophyll contents in leaves for 15 sweet potato varieties

编号 No.	品种 Varieties	平均单株薯块产量(g) Average root yield		抗旱系数 ¹⁾ Drought resistance coefficient	抗旱级别 Degree of resistance	各指标占对照百分率(%) Each index as percentage of control		
		旱池 Drought	对照池 Control			叶绿素 a Chl a	叶绿素 b Chl b	总叶绿素 Total Chl
1	农大红 Nongdahong	103.63	246.74	0.42(0.000)	不抗 None	40.96	38.36	40.27
2	漳薯 1 号 Zhangshu1	91.72	214.80	0.42(0.041)	不抗 None	12.79	5.76	10.98
3	8908-383	198.27	461.09	0.43(0.059)	不抗 None	32.45	31.05	32.09
4	宿芋 1 号 Suyu1	102.67	223.34	0.44(0.118)	不抗 None	9.93	2.91	8.13
5	9318-58	145.15	329.14	0.44(0.124)	不抗 None	36.55	28.73	34.36
6	渝苏 303 Yusu303	195.94	440.31	0.44(0.148)	不抗 None	11.25	8.19	10.40
7	89-1	223.31	497.35	0.44(0.172)	不抗 None	28.04	15.79	24.97
8	95-411-153	171.85	371.17	0.46(0.254)	低抗 Low-resistance	31.05	25.26	29.48
9	西蒙 1 号 Ximeng1	14.64	31.35	0.46(0.278)	低抗 Low-resistance	29.75	21.30	27.45
10	92-111-107	91.09	179.67	0.50(0.515)	中抗 Mid-resistance	18.07	5.91	14.79
11	渝薯 34 Yushu34	189.83	360.89	0.52(0.627)	中抗 Mid-resistance	22.68	5.25	18.58
12	南薯 88 Nanshu88	223.40	421.51	0.53(0.651)	中抗 Mid-resistance	33.50	19.63	30.06
13	Y ₃	5.72	10.57	0.54(0.716)	中抗 Mid-resistance	25.69	5.57	20.81
14	92-103-30	88.06	156.41	0.56(0.846)	高抗 High-resistance	45.51	34.81	43.12
15	潮薯 1 号 Chaoshu1	110.04	186.83	0.58(1.000)	高抗 High-resistance	38.21	24.02	35.02

¹⁾ 括号内的数据是抗旱系数在 [0.000, 1.000] 内的扩展值

Data in brackets are extensional value about drought resistance coefficient in [0.000, 1.000]

2.2 水分胁迫下叶片可溶性蛋白含量变化与品种抗旱性的关系

干旱条件下,不同品种甘薯叶片中可溶性蛋白质含量均比对照有不同程度的增加,增加幅度与品

种抗旱性密切相关,即抗旱性强的品种比抗旱性弱的品种增加的多,如潮薯 1 号(高抗)比对照增加 88.57%,渝薯 34(中抗)增加 69.53%,农大红(不抗)增加 10.57%。可溶性蛋白质含量占对照百分

率与品种抗旱性呈极显著正相关(图 1,图中坐标点处标识的 1~15 为表中列出的各个品种,下同)。

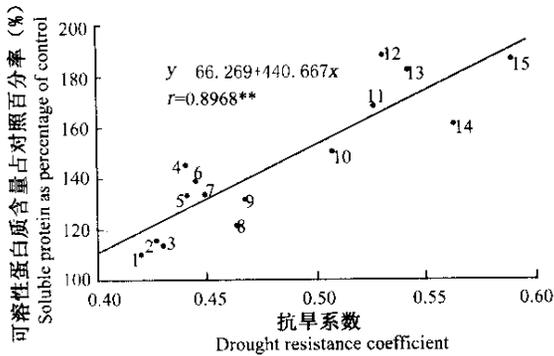


图 1 叶片可溶性蛋白质含量与品种抗旱性的关系

Fig.1 The relation between changes of soluble protein contents in leaves and drought resistance of different varieties

植物细胞的可溶性蛋白中,有相当一部分是具有特异性作用的调节代谢的酶;另有一些可能起脱水保护剂的作用,给细胞内的束缚水提供一个结合衬质以增加植物组织束缚水含量,从而使细胞结构在脱水时不致遭受更大的破坏。因此,甘薯细胞内可溶性蛋白含量的增加,对其适应干旱环境条件具有积极意义。

2.3 水分胁迫下叶片叶绿素的变化与品种抗旱性的关系

叶绿素是植物光合色素中最重要的一类色素,其含量可受多种逆境的胁迫而下降。试验结果表明,水分胁迫条件下,甘薯各品种叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量以及叶绿素 a/b 比值比对照均有所下降(表,图 2)。从图 2 可以看出,叶绿素 a/b 比值占对照百分率与品种抗旱性呈极显著负相关。

以上变化一方面可能是由于水分胁迫使叶绿素的生物合成过程减弱,另一方面可能是干旱引起植物体内活性氧(如 O_2^- 、 H_2O_2 、 $\cdot OH$ 和 1O_2 等)的积累,导致叶绿素分解加快,进而使叶片绿色变淡。超氧物自由基(O_2^-)可通过启动自由基的链反应及其它类型的再氧化等产生羟基自由基($\cdot OH$)、单线态氧(1O_2)和过氧化氢(H_2O_2),它们直接或间接启动膜脂的过氧化作用,导致膜的损伤和破坏,而此间叶绿素 a 可能不及叶绿素 b 稳定^[7],即叶绿素 a 对活性氧的反应较叶绿素 b 敏感,致使叶绿素 a/b 比值降低。

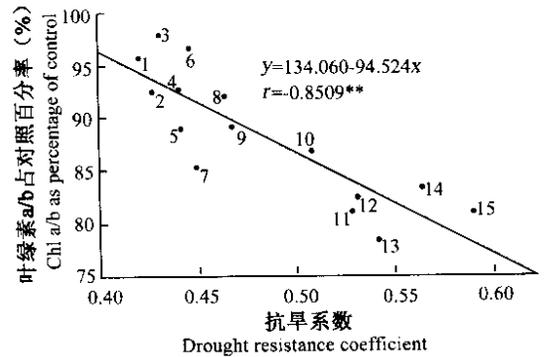


图 2 叶绿素 a/b 比值的变化与品种抗旱性的关系

Fig.2 The relation between changes of Chl a/b in leaves and drought resistance of different varieties

2.4 水分胁迫下叶片 ATP 含量变化与品种抗旱性的关系

试验表明,不同品种甘薯叶片中 ATP 含量在干旱条件下的变化并不一致,有的比对照增加,有的则比对照下降,但总的趋势是品种抗旱性愈强,ATP 含量占对照百分率愈高。叶片 ATP 含量占对照百分率与品种抗旱性呈极显著正相关(图 3)。

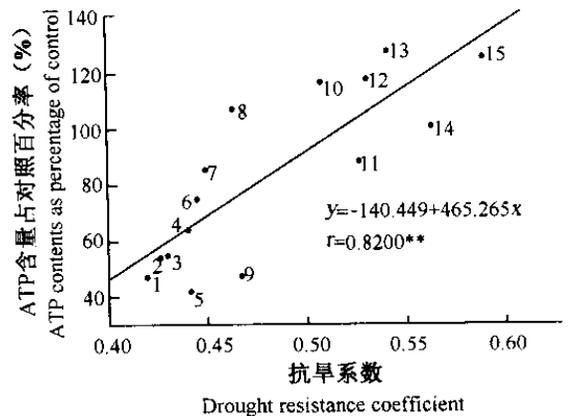


图 3 叶片 ATP 含量变化与品种抗旱性的关系

Fig.3 The relation between changes of ATP contents in leaves and drought resistance of different varieties

ATP 是生命活动中最重要的能量携带者,维持一定水平的 ATP 含量是植物进行生命活动的重要前提。水分胁迫条件下 ATP 含量增加或轻微下降的品种,从能量上保持了较高的能荷,保证了各种代谢活动的正常进行,通过直接和间接的作用增强了抗旱力,表现出对干旱胁迫的适应性。

3 讨论

3.1 光合作用是植物代谢的基础,而叶绿素是光能吸收和转换的原初物质,因此,凡影响叶绿素代谢的逆境因素都将直接影响植物的生长发育及产量形成。据伍泽堂等^[8]报道,叶绿素 a/b 比值愈大,膜脂过氧化作用愈强,品种抗旱性愈弱,这与本试验得出的干旱条件下甘薯叶绿素 a/b 比值占对照百分率与品种抗旱性呈极显著负相关的结果一致。

3.2 蛋白质是生命的物质基础。植物在逆境条件下通过增加可溶性蛋白的合成,直接参与其适应逆境的过程。李妮亚等^[9]研究表明,在多种逆境(干旱、盐分、污染物、病菌侵染等)胁迫下,植物体内正常的蛋白质合成常会受到抑制,但是往往会有一些被诱导出的新蛋白出现或原有蛋白质含量的明显增加。水分胁迫下甘薯叶片中可溶性蛋白含量的增加,可能是因为合成了对干旱更稳定、活性更强的同工酶,取代了对干旱不稳定的酶,这些变化的综合结果,是使它们在干旱条件下发挥其特异功能,以确保水分胁迫下各类物质代谢的适应性变化,为品种抗旱能力的发展提供必要的物质基础。

3.3 ATP 是光合磷酸化和氧化磷酸化的产物,是活细胞中最活跃的能量通货,也是活细胞进行新陈代谢最重要的生理指标。近年来,有关逆境条件下植物体内 ATP 含量的变化有诸多不同的报道^[10,11],归结起来有如下 4 种观点:逆境条件下 ATP 含量明显下降,逆境下 ATP 含量显著增加,抗逆性强的品种在逆境下 ATP 含量增加,抗逆性弱的品种 ATP 含量降低,逆境下 ATP 含量降低,改善环境条件后 ATP 含量恢复正常水平。

物质和能量代谢是生物生存的基本前提。由于水分胁迫下甘薯可溶性蛋白含量、叶绿素 a/b 比值、ATP 含量等占对照百分率与品种抗旱性间存在极显著的相关关系,因此,笔者认为这些物质和能量代谢指标可用以评定甘薯品种的抗旱性。

References

- [1] 钮福祥,华希新,郭小丁,郭景禹,李洪民,丁成伟. 甘薯品种抗旱性生理指标及其综合评价初探. 作物学报,1996,22(4):392-398.
- Niu F X, Hua X X, Guo X D, Wu J Y, Li H M, Ding C W. Studies on several physiological indices of the drought resistance of sweet potato and its comprehensive evaluation. *Acta Agronomica Sinica*, 1996, 22(4):392-398. (in Chinese)
- [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. 中国农业科学, 2001, 34(3):260-265.
- Zhang M S, Tan F, Zhang Q T. Physiological indices of rapid identification for sweet potato drought resistance and selection of methods. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001, 34(3):260-265. (in Chinese)
- [3] 刘祖祺,张石城. 植物抗性生理学. 北京:农业出版社,1994:371-372.
- Liu Z Q, Zhang S C. *Plant hardiness Physiology*. Beijing: Agricultural Press, 1994:371-372. (in Chinese)
- [4] 苏正淑,张宪政. 几种测定植物叶绿素含量的方法比较. 植物生理学通讯,1989(5):77-78.
- Su Z S, Zhang X Z. Comparison of the methods for determining chlorophyll contents. *Plant Physiology Communications*, 1989, (5):77-78. (in Chinese)
- [5] 王维光. 生物发光法测定三磷酸腺苷(ATP). 植物生理学实验手册. 上海:科学技术出版社,1985:115-117.
- Wang W G. Determining ATP by the creature luminescent method. *Experiment Guide of Plant Physiology*. Shanghai: Science and Technology Press, 1985:115-117. (in Chinese)
- [6] 王维光,顾俭本. 从叶片中提取 ATP 方法的比较. 植物生理学通讯,1986(5):54-55.
- Wang W G, Gu J B. Comparison of the methods for extracting ATP from plant leaves. *Plant Physiology Communications*, 1986(5):54-55. (in Chinese)
- [7] 林植芳,李双顺,林桂珠,孙谷畴,郭俊彦. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系. 植物学报,1984,26(6):605-615.
- Lin Z F, Li S S, Lin G Z, Sun G C, Guo J Y. Superoxide dismutase activity and lipid peroxidation in relation to senescence of rice leaves. *Acta Botanica Sinica*, 1984, 26(6):605-615. (in Chinese)
- [8] 伍泽堂,张刚元. 脱落酸、细胞分裂素和丙二醛对超氧化物歧化酶活性的影响. 植物生理学通讯,1990(4):30-32.
- Wu Z T, Zhang G Y. Effect of abscisic acid, cytokinin and malonaldehyde on superoxide dismutase activity. *Plant Physiology Communications*, 1990(4):30-32. (in Chinese)
- [9] 李妮亚,高俊凤,汪沛洪. 小麦幼苗水分胁迫诱导蛋白的特征. 植物生理学报,1998,24(1):65-71.
- Li N Y, Gao J F, Wang P H. The characteristics of induced protein in shoots of wheat seedlings under water stress. *Plant Physiologica Sinica*, 1998, 24(1):65-71. (in Chinese)
- [10] 杨孝育,刘存德. 水稻幼苗的低温伤害及其腺苷酸代谢的关系. 植物生理学报,1988,14(3):344-349.
- Yang X Y, Liu C D. The relationship between chilling injury for rice seedlings and adenylate metabolism. *Plant Physiology Sinica*, 1988, 14(3):344-349. (in Chinese)
- [11] 陈京. 甘薯叶片衰老的生理变化. 西南师范大学学报(自然科学版),1994,19(2):181-186.
- Chen J. The physiological changes on senescence of sweet potato leaves. *Journal of Southwest China Normal University*, 1994, 19(2):181-186. (in Chinese)