

(176) 79-83

## 甘薯水分关系的主分量分析

陈京 王稳地<sup>①</sup> 李蓉涛<sup>②</sup> 张启堂

(西南师范大学生物系, 重庆 630715)

S 531.01

**摘要** 运用多元统计数学中主分量分析的方法计算和比较了甘薯离体叶片的水势、相对含水量、束缚水、水分饱和和亏缺、质膜透性、丙二醛和游离脯氨酸含量等植物水分生理指标的变化。结果指出:水势、相对含水量和丙二醛等对水分胁迫作出反应的敏感程度较高,表明主分量分析方法是综合评价甘薯抗旱生理指标的一种好的研究方法。

**关键词** 甘薯; 水分关系; 主分量分析

中图分类号 O945

水分是构成植物体和参与其生理活动的重要因素之一。无论在品种选育,还是抗旱性鉴定等过程中对水分关系进行综合研究均有重要意义。在植物水分关系的若干生理指标中,常常会遇到如何对指标进行选择、怎样合理解释实验结果等实际问题。主分量分析法(method of principal component analysis)可以帮助我们建立综合指标和确定各独立指标在综合指标中所占的地位,从而在研究中达到抓住主要矛盾、化繁为简的目的。在甘薯中运用主分量分析法对其水分关系进行研究,本文对此作了初步探索。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试甘薯(*Ipomoea batatas*)为生物系选育成功的优良新品种渝薯 34。实验前从大田选用已萌发株高约 20 cm 的幼苗转入 Hoagland 培养液,室内培养 15~20 天,取第三展开叶片作各项生理指标测定;其中质膜透性选用第四至六片叶作试验材料,两半叶作平等重复。各项测定指标均取 3 个样本的平均值。培养室温 15~22 °C。

### 1.2 干旱处理

水分胁迫处理采用快速干燥法<sup>[1]</sup>。从生长健壮的培养苗上沿叶柄基部切断叶片,置于室内空气中自然干燥 2 h、4 h、6 h、8 h、10 h;对照组离体叶片不作干旱处理。干旱处理期间室温 19~22 °C。

1993 年 7 月 6 日收到。

陈京,男,36岁,讲师。

① 西南师范大学数学系。

② 中国科学院云南昆明植物研究所研究生。

### 1.3 测定方法

水势 (WP): 用 ZLZ-4 型植物水分状况测定仪 (兰州大学生产) 按王万里方法测定<sup>[2]</sup>。

相对含水量 (RWC): 称重法常规测定。

束缚水含量 (BWC): 用 Abbe 折射仪常规测定<sup>[3]</sup>。

质膜透性 (PP): 用  $\varnothing 8$  mm 钻孔取样器打取 70 个叶圆片, 立即加 10 ml 去离子水, 减压抽气 15 min 后平衡 3 h 测定。用处理组电解质外渗值占对照组电解质外渗值的百分率表示。

水分饱和和亏缺 (WSD): 按 Stocker O. 方法测定<sup>[4]</sup>。

游离脯氨酸含量 (PRO): 采用磺基水杨酸法测定<sup>[5]</sup>。

丙二醛含量 (MDA): 依据王以柔等方法<sup>[6]</sup>测定。称取鲜叶 2 g 置于研钵内, 加入 10% 三氯醋酸 (TCA) 20 ml 和少许石英砂研磨, 匀浆经 3 000 rpm 离心 10 min, 吸取上清液 2 ml, 加 0.67% 硫代巴比妥酸 (TBA) 2 ml, 混合后在沸水浴上反应 20 min, 冷却后再离心一次。上清液在分光光度计上分别于 532 nm 和 600 nm 处测定, 按 MDA 的摩尔消光系数 ( $155 \cdot \mu\text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) 计算 MDA 浓度。以此作为膜脂过氧化程度的指标。

## 2 试验结果

表 1 是渝薯 34 的七种水分生理指标随水分胁迫时间递增进程的测定值, 由此构成主分量分析的原始数据矩阵。

根据表 1 原始数据矩阵计算出各项指标的相关系数矩阵如表 2。

表 1 “渝薯 34” 水分状况测定值

Table 1 Experimental results on water status in “Yu Shu 34”

干旱处理 时间 (h)	水势 WP (MPa)	相对含水量 RWC (%)	束缚水含量 RWC (%)	水分饱和和亏缺 WSP (%)	质膜透性 PP (%)	丙二醛含量 MDA ( $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ )	脯氨酸含量 PRO ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ )
对照	-0.075	77.41	55.52	22.59	100.00	37.61	5.72
	-0.125	79.05	54.71	22.36	100.00	37.94	5.84
	-0.065	78.16	56.35	22.31	100.00	37.94	5.82
2	-0.225	68.99	60.48	32.68	123.08	44.86	6.57
	-0.350	65.27	62.11	32.44	123.12	35.61	6.62
	-0.370	67.38	58.82	31.82	123.16	52.52	6.83
4	-0.600	65.99	60.07	31.00	126.72	54.32	13.16
	-0.580	60.98	6.36	31.89	126.84	49.48	14.91
	-0.495	64.45	63.31	34.57	126.81	44.77	14.09
6	-0.950	67.32	69.71	34.01	136.84	48.42	16.25
	-1.025	61.17	70.10	34.21	136.51	53.29	15.78
	-1.070	57.35	71.02	33.89	135.55	52.47	15.69
8	-1.300	63.44	68.92	36.56	138.06	61.91	15.68
	-1.050	59.08	70.89	36.88	138.22	43.23	16.74
	-0.985	60.13	72.44	36.92	138.35	50.19	16.02
10	-1.300	65.44	69.96	37.56	162.75	53.24	16.45
	-1.150	53.39	72.33	37.81	165.36	49.55	16.68
	-1.575	57.06	73.21	38.41	160.32	54.58	16.94

表 2 水分生理指标的相关系数矩阵

Table 2 The correlation coefficient matrix of the water physiological indices

	WP	RWC	BWC	WSD	PP	MDA	PRO
WP	1.000 0	0.795 3	0.935 2	-0.847 2	-0.905 0	-0.743 5	-0.901 5
RWC	0.795 3	1.000 0	-0.849 3	-0.895 7	-0.830 3	-0.604 2	-0.818 5
BWC	-0.935 2	-0.849 3	1.000 0	0.882 7	0.883 3	0.590 4	0.887 9
WSD	-0.847 2	-0.895 7	0.882 7	1.000 0	0.914 4	0.658 9	0.812 1
PP	-0.905 0	-0.830 3	0.883 3	0.914 4	1.000 0	0.652 7	0.823 2
MDA	-0.743 5	-0.604 2	0.590 4	0.658 9	0.652 7	1.000 0	0.684 3
PRO	-0.901 5	-0.818 5	0.887 9	0.812 1	0.823 2	0.684 3	1.000 0

注:相关系数显著性检验,均达极显著水平。

由表2的相关系数矩阵进一步计算,求得特征根和特征向量(表3)。主分量的选取,依贡献率的大小进行。

表 3 特征向量和特征根

Table 3 The character vectors and character roots

生理指标 X	主 分 量						
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>
水势 (X <sub>1</sub> )	-0.396 3	-0.082 1	-0.414 6	-0.212 3	0.273 7	0.263 8	-0.689 0
相对含水量 (X <sub>2</sub> )	-0.375 2	0.253 6	0.522 7	0.531 1	0.146 2	0.463 7	-0.056 9
束缚水含量 (X <sub>3</sub> )	0.391 5	-0.268 0	0.318 4	0.029 0	-0.577 3	0.185 3	-0.652 3
水分饱和亏缺 (X <sub>4</sub> )	0.389 3	-0.171 0	-0.448 9	0.205 6	0.051 8	0.698 5	0.291 2
质膜透性 (X <sub>5</sub> )	0.389 5	-0.133 9	-0.083 1	0.596 8	0.474 8	-0.388 3	-0.301 9
丙二醛含量 (X <sub>6</sub> )	0.313 9	0.899 9	-0.193 0	-0.026 7	-0.114 0	0.021 3	-0.200 5
脯氨酸含量 (X <sub>7</sub> )	0.383 5	0.009 9	0.456 9	-0.522 4	0.573 8	0.204 9	-0.028 7
特征根	5.859 6	0.506 9	0.262 2	0.191 3	0.086 8	0.069 7	0.023 6
贡献率 (%)	83.709 1	7.240 7	3.745 2	2.733 0	1.239 4	0.985 1	0.337 5
累积贡献率 (%)	83.709 1	90.949 9	94.695 1	97.428 0	98.667 4	99.662 5	100.000 0

从表 3 可知,主分量 Y<sub>3</sub>, Y<sub>4</sub>, Y<sub>5</sub>, Y<sub>6</sub>, Y<sub>7</sub> 的值很小,而第一主分量 (Y<sub>1</sub>) 的贡献率达到 83.71%,第二主分量 (Y<sub>2</sub>) 的贡献率为 7.24%,二者的累积贡献率达到 90.95%,已能较完整的体现渝薯 34 水分关系的主导因素。由此,选取前两个主分量建立的主分量方程为:

第一主分量方程

$$Y_1 = -0.3963X_1 - 0.3752X_2 + 0.3915X_3 + 0.3893X_4 + 0.3895X_5 + 0.3139X_6 + 0.3835X_7$$

第二主分量方程

$$Y_2 = -0.0821X_1 + 0.2536X_2 - 0.2680X_3 - 0.1710X_4 - 0.1339X_5 + 0.8999X_6 + 0.0099X_7$$

根据主分量方程,计算各指标的主分量坐标,作出坐标图,借以直观表示各指标之间的距离<sup>[7]</sup>(图1)。从图1可见,束缚水含量 (X<sub>3</sub>)、水分饱和亏缺 (X<sub>4</sub>)、质膜透性 (X<sub>5</sub>) 和游离脯氨酸含量 (X<sub>7</sub>) 距离较近,其余指标相距较远。

### 3 讨 论

(1) 第一主分量方程的基本生理意义,在于它反映了甘薯离体叶片失水过程的综合指标,是植株苗期遭受水分胁迫逆境后的主导过程(贡献率高达 83.71%)。它集中表现了各个组分

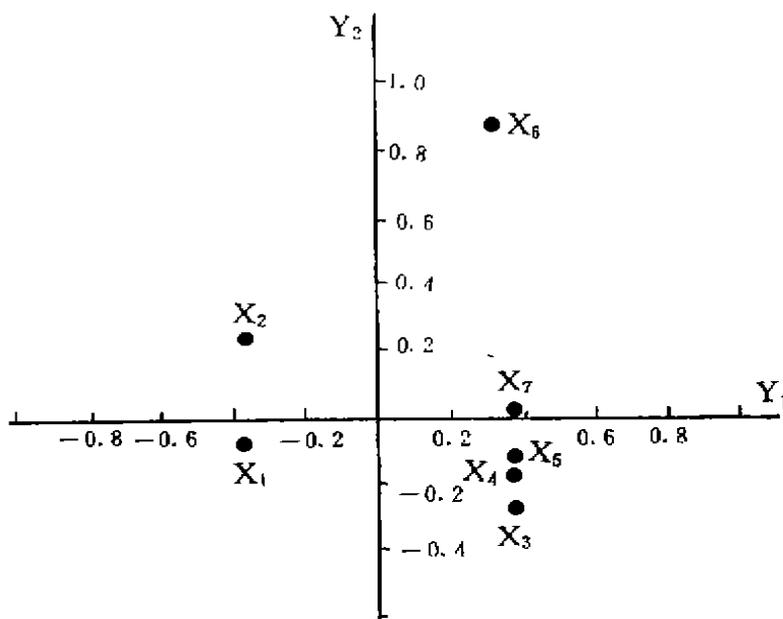


图1 水分生理指标的主分量坐标

Fig. 1 The principal component coordinate of the water physiological indices

之间相互影响、相互制约的关系。反映在特征向量上，是各个独立指标在综合指标中所占有的比重极为接近。事实上，水势是植物体内部生理代谢与环境关系综合作用的结果。它一方面体现了水分从叶片表面蒸发的过程（该过程受到气孔开闭调节），反映了叶肉细胞水势与大气水势的差值，是失水的能量基础；另一方面，随着水分逆境的降临，植物生理过程发生了深刻变化，渗透调节物质在叶肉细胞中积累，提高了组织的保水能力，MDA、PRO和BWC从侧面也反映了代谢生理的变化；RWC、WSD，以及质膜透性的变化则是叶片失水和细胞内部结构变化的结果。由此分析，水势变化是植物水分关系的中心，它既是失水耗水的基础，又是物质代谢的结果，在研究中值得充分重视。

(2) 第二主分量方程揭示了甘薯离体叶片遭受水分胁迫之后，水分与其受旱情况的综合关系。尤其突出的是膜脂过氧化水平的影响，MDA在综合指标中占有的比重极大(0.8999)。根据生物自由基保护酶理论<sup>[8]</sup>，水分胁迫会导致植物体内形成过量的生物自由基，使MDA积累，并进而对细胞膜系统造成破坏。而质膜透性的系数较小(-0.1339)，这从一个侧面证实：干旱条件下导致的膜系统的破坏，MDA的积累比质膜透性的变化来得更加敏感。有研究结果表明，逆境条件下（包括水分、低温、SO<sub>2</sub>等），MDA积累是膜脂过氧化的结果；而MDA积累又会改变膜结构中蛋白质的聚合与交联，致使细胞生理功能出现紊乱，细胞内容物渗漏增加<sup>[9~11]</sup>。目前，越来越多的研究证明MDA积累与植物抗逆性之间呈现负相关关系<sup>[12,13]</sup>。

在植物生理学中应用主分量分析的方法还不多见，然而它却有助于我们更深入地认识和理解植物生理的过程，为植物生理学的研究提供了一种有益的方法。

致谢：本工作得到谈锋教授的热情指导。

#### 参 考 文 献

- 1 陈建军，韩锦峰，王瑞新等. 水分胁迫下烟草光合作用的气孔与非气孔限制. 植物生理学通讯, 1991, 27

- (6): 415
- 2 王万里. 压力室法测定植物的水势. 见: 薛应龙主编. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 57
  - 3 沈宗英. 植物组织中自由水和束缚水含量的测定. 见: 张志良主编. 植物生理学实验指导. 第二版, 北京: 高等教育出版社, 1990. 6
  - 4 拉夏埃尔 W 著; 李 博, 张陆德, 岳绍先等译. 植物生理生态学. 北京: 科学出版社, 1985. 200
  - 5 张殿忠, 汪沛洪, 赵会贤. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法. 植物生理学通讯, 1990, (4): 62
  - 6 王以柔, 刘鸿先, 李 平等. 在光照和黑暗条件下低温对水稻幼苗光合器官膜脂过氧化作用的影响. 植物生理学报, 1986, 12(3): 244
  - 7 徐克学. 数量分类学. 见: 陈兰荪主编. 生物数学引论. 北京: 科学出版社, 1988. 185
  - 8 Fridovich I. Superoxide dismutase. *Ann Rev Biochem*, 1975, 44: 147
  - 9 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害. 植物生理学通讯, 1991, 27(2): 84
  - 10 Dhindsa R S, Matowe W. Drought tolerance in two mosses, correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation. *J Exp Bot*, 1981, 32: 79
  - 11 Fridovich I. The biology of oxygen radical. *Science*, 1978, 201: 875
  - 12 蒋明义, 荆家海, 王韶唐. 渗透胁迫对水稻幼苗膜脂过氧化及体内保护系统的影响. 植物生理学报, 1991, 17(1): 80
  - 13 陈 京, 谈 锋, 李蓉涛. 甘薯苗期离体叶片对水分胁迫的适应能力. 植物生理学通讯, 1994, 印刷中

责任编辑 骆秀琼

## THE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS ON WATER RELATION IN SWEET POTATO

Chen Jing      Wang Wendi<sup>①</sup>      Li Rongtao<sup>②</sup>      Zhang Qitang

(Dept. of Biology, Southwest China Normal University, Chongqing 630715)

### ABSTRACT

The changes of plant water physiological indices, e. g. water potential, relative water content, bonding water, water saturation deficit, plasma membrane penetration, malondialdehyde (MDA) and free proline contents and so on from free leaves of sweet potato (*Ipomoea batatas* CV. Yu Shu 34) are calculated and compared by using the method of principal component analysis of polystatistics maths. The results show that the sensitive degree of water potential, relative water content and MDA responding to water stress is higher than the other indices. It indicates that the method of principal component analysis is a good research method to generally evaluate the sweet potato's drought resistance physiological indices.

**KEY WORDS:** sweet potato; water relation; principal component analysis

① Dept. of Mathematics, Southwest China Teachers University.

② Kunming Institute of Botany, Academia Sinica