

# 电场处理对干旱胁迫下油葵叶细胞膜脂反应的影响

王征宏<sup>1</sup>, 杨体强<sup>2</sup>, 侯建华<sup>3</sup>

(1. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003; 2. 内蒙古大学理工学院, 内蒙古 呼和浩特 010021;

3. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘要:** 用不同强度的电场处理 3 个油葵(*Helianthus annuus* L.) 品种的种子, 研究其在干旱胁迫条件下幼苗期对干旱胁迫的反应, 并分析了电场影响抗旱性的机理。结果表明: 电场处理能提高幼苗期叶片中超氧化物歧化酶(SOD)活性, 降低膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)的含量; 降低为膜所束缚的酸性磷酸酯酶(ACP)活性, 在一定程度上阻止了干旱胁迫下活性氧对膜组分中不饱和脂肪酸的氧化。说明电场处理可使膜结构与功能在水分亏缺下得到保护, 促进幼苗的代谢水平, 从而提高了油葵的抗(耐)旱性。

**关键词:** 电场; 油葵; 干旱胁迫; 过氧化作用; 脱脂化反应

**中图分类号:** S565.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-3268(2006)09-0044-04

## The Influence of Electric Field on the Leaf Cell Membrane of Oil Sunflower under Drought-stress

WANG Zheng-hong<sup>1</sup>, YANG Ti-qiang<sup>2</sup>, HOU Jian-hua<sup>3</sup>

(1. Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

2. College of Science and Technology, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China;

3. Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

**Abstract:** The electric fields with the different density were used to treat the seeds of 3 oil sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties to study the reacts of seedlings to the drought stress and analyze the mechanism of electric field influence on the drought-resistance. The results showed that, under drought stress during the stage of seedlings, electric field increased the activity of superoxide dismutase (SOD), delayed the accumulation of malon-dialdehyde(MDA), decreased the activities of phosphatase (ACP), and retarded the peroxidation of unsaturated fatty acids on the membrane caused by active oxygen to some extent. Electric treatment could protect the function and structure of membrane, promote the metabolism of seed and seedlings and enhance the drought-resistance of oil sunflower.

**Key words:** Electric field; Oil sunflower; Drought-stress; Lipid peroxidation; Deesterification

油用向日葵(*Helianthus annuus* L.)属于菊科向日葵属, 是一年生草本植物。它有很大的经济价值和广泛的用途。近半个世纪以来, 世界油料及其制品一直保持着很高的发展速度。油葵在世界油料作物中仅次于大豆, 现在已成为第二大类油料作物<sup>[1]</sup>。我国是五大油葵生产国之一。东北三省、内

蒙古、新疆、山西和河北是主要产区, 其中种植面积和总产最高的是内蒙古, 而内蒙古自治区 75% 的耕地属于旱田。因此, 研究油葵的抗旱性具有重要的意义。

活性氧伤害学说近年来发展迅速, 已成功地用于解释各种抗逆性和衰老机制的研究中<sup>[2]</sup>。本试

收稿日期: 2006-03-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39860026)

作者简介: 王征宏(1976-), 女(蒙古族), 内蒙古阿尔山人, 讲师, 主要从事植物生理生化的教学与植物抗逆生理研究。

验用不同电场强度处理 3 个油葵品种的种子, 研究不同电场强度处理对水分胁迫条件下叶细胞膜脂过氧化和膜磷脂脱脂化反应的影响, 确定最佳处理条件, 试图从膜生化反应来分析电场处理种子影响抗旱性的作用机制, 从而为电生物效应抗旱技术研究提供理论依据, 为农业开展作物抗逆性研究提供新的方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验选用 3 个油葵品种, 种子活力大小为 F128> KWS307> KWS203(通过多年田间种植鉴定), 其中, KWS203, KWS307 由内蒙古天葵经济作物研究发展中心提供, F128 由内蒙古自治区巴彦淖尔盟农业科学研究所提供。

1.2 试验方法和种子处理

挑选饱满且外观差异较小的一定量种子, 随机分成若干份。分别置于平行板电极形成的电场中用不同强度的电场处理 5min, 电压波形为 50Hz 半波整流, 处理组电场强度 E 为 3.0kV/cm, 4.0kV/cm, 4.5 kV/cm, 分别记为 W6, W8, W9(通过多年田间种植, 筛选出的 3 个最佳处理条件)。对照组分别 2 组, 分别记为 ck1 和 ck2。ck1 为正常对照组; ck2 为人工控制对照, W6, W8 和 W9 进行干旱胁迫。对照组和处理组种子进行室内盆栽, 选用上口口径 30cm, 下底直径 20cm, 高 30cm 的白塑料盆, 每个处理种植 5 盆, 每盆留苗 4 株。盆土为内蒙古农业大学试

验地耕层土, 每盆装土 12.5 kg。幼苗干旱胁迫利用控制浇水量来完成。开始时正常管理, 每次浇水量相同, 待油葵幼苗长到二叶一心时, 开始对 ck2 及 3 种电场处理进行干旱胁迫, ck1 照常浇水, 至叶片白天出现萎蔫, 夜晚恢复正常时取第 1 对真叶测定各项指标。

1.3 测试项目与方法

MDA 含量测定参照张宪政<sup>[3]</sup>主编的《作物生理研究法》; SOD 活性的测定参照刘祖祺<sup>[4]</sup>主编的《植物抗性生理学》; ACP 活性的测定参照西北农业大学主编的《基础生物化学实验指导》<sup>[5]</sup>; 膜脂肪酸成分的分析参照苏维埃的方法<sup>[6]</sup>。

2 结果与分析

2.1 电场对干旱胁迫下油葵苗期超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

干旱胁迫下, 苗期 SOD 活性显著降低。由表 1 可知, 电场预处理过的油葵幼苗 SOD 活性均高于 ck2。其中, 活力较低的油葵品种 KWS307 和 KWS203 提高幅度较大, 分别较 ck2 提高 22.31%~41.43%和 4.90%~49.48%, 经方差分析达到显著水平。活力高的油葵品种 F128 提高幅度较小(2.00%~18.50%), 经方差分析未达到显著水平。这一结果表明, 油葵种子经电场处理后, 幼苗叶片 SOD 活性下降幅度减小, 叶片脂质过氧化作用减弱, 膜受伤害的程度减轻, 从而增强了油葵幼苗的抗旱性, 并且电场处理对活力较低的品种效果较好。

表 1 电场对干旱胁迫下油葵苗期叶片 SOD 活性变化的影响

处理	F128		KWS307		KWS203	
	SOD 活性(U/g)	较 ck2±(%)	SOD 活性(U/g)	较 ck2±(%)	SOD 活性(U/g)	较 ck2±(%)
ck1	446.80		151.60		434.80	
ck2	240.00	—	100.40	—	194.00	—
W6	244.80	2.00	142.00	41.43	256.00	31.96
W8	284.40	18.50	132.80	32.27	290.00	49.48
W9	263.60	9.83	122.80	22.31	208.60	4.90

2.2 电场对干旱胁迫下油葵苗期丙二醛(MDA)含量的影响

干旱胁迫下, 油葵幼苗中 MDA 含量增大。经电场处理后, 干旱胁迫下幼苗中丙二醛含量较未处理的低(表 2)。这表明电场处理种子能减少膜脂过氧化作用, 缓解干旱胁迫对植物细胞膜系统的伤害, 增强油葵幼苗对干旱胁迫的适应性。3 种处理的效

果表现为 W8> W6> W9。

2.3 电场对干旱胁迫下油葵苗期酸性磷酸酯酶(ACP)活性的影响

酸性磷酸酯酶是细胞膜上的束缚酶, 在逆境胁迫下, 由于膜结构受到破坏, 导致束缚酶的释放, 从而加速膜磷脂的脱脂化反应, 导致膜的进一步破坏。试验结果(表 3)表明, 在干旱胁迫条件下, 酸性磷酸

酯酶活性有所增加, 而用电场处理种子后, 苗期的酸性磷酸酯酶活性的增加幅度有所下降。但与 ck2 比较, F128 的各处理下降幅度与 ck2 相比均不显著, 处理间也不显著。KWS307 的各个处理下降幅度与 ck2 相比, 均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ), W6 处理效果最

好, 比 ck2 降低 25.19%, 但处理间无显著差异。种子活力最低的油葵品种 KWS203, 处理 W6 和 W8 与 ck2 相比, 均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ), W8 处理效果最好, 最大降低幅度为 37.15%, 处理间 W6 和 W8 也达到了极显著水平 ( $P < 0.01$ )。

表 2 电场对干旱胁迫下油葵苗期叶片 MDA 含量变化的影响

处理	F128		KWS307		KWS203	
	MDA 含量(nmol/g)	较 ck2±(%)	MDA 含量(nmol/g)	较 ck2±(%)	MDA 含量(nmol/g)	较 ck2±(%)
ck1	7.87		8.99		9.45	
ck2	11.08	—	11.45	—	11.53	—
W6	9.81	— 11.46	10.00	— 12.66	10.56	— 8.41
W8	9.52	— 14.08	9.23	— 19.39	9.73	— 15.61
W9	10.09	— 8.94	10.01	— 12.58	10.56	— 8.41

表 3 电场对干旱胁迫下油葵苗期叶片 ACP 活性的影响

处理	F128		KWS307		KWS203	
	ACP 活性( $\mu\text{g/g}$ )	较 ck2±(%)	ACP 活性( $\mu\text{g/g}$ )	较 ck2±(%)	ACP 活性( $\mu\text{g/g}$ )	较 ck2±(%)
ck1	1.097		0.900		1.132	
ck2	1.691	—	1.584	—	1.588	—
W6	1.540	— 8.93	1.185	— 25.19	1.334	— 15.99
W8	1.560	— 7.75	1.250	— 21.09	0.998	— 37.15
W9	1.593	— 5.80	1.375	— 13.19	1.442	— 9.19

2.4 电场对干旱胁迫下油葵苗期膜脂脂肪酸组分的影响

油葵叶组织膜脂脂肪酸主要由棕榈酸(16:0)、硬脂酸(18:0)、油酸(18:1)、亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3)等组成。由表 4 可知, 当幼苗经过干旱胁迫处理后, 不饱和脂肪酸(USFA)含量减少, 总膜脂脂肪酸不饱和指数(IUFA)均有不同程度的降低, 其中以亚麻酸(18:3)含量减少的幅度最大, 且种子活力低的油葵品种, 干旱胁迫下, 叶片中 IUFA 降低的程度最明显。相同胁迫条件下, 处理组的油葵幼苗总膜脂脂肪酸的 IUFA 下降趋势变缓。其中 KWS307、F128 的总膜脂脂肪酸不饱和指数以 W6 降低幅度最小, W8 较大。KWS203 的总膜脂脂肪酸不饱和指数以 W8 降低幅度为最小, W9 较大。由此可见, 静电场预处理油葵种子可以在一定程度上阻止油葵幼苗在干旱胁迫下活性氧对膜组分中不饱和脂肪酸的氧化, 使其幼苗叶片总膜脂脂肪酸不饱和指数在干旱胁迫下下降幅度变小, 从而使细胞膜在干旱胁迫下保持一个适宜的状态, 以利于膜系统执行其正常的功能。试验还表明, 不同电场处理对不同油葵品种效果不同。

3 结论与讨论

3.1 电场处理对膜保护酶的影响

大量研究指出, 当植物处于各种逆境胁迫下或衰老时, 细胞内自由基产生和消除的平衡受到破坏而出现自由基积累, 自由基的增加首先攻击膜系统, 膜脂脂肪酸中的不饱和键被氧化, 造成膜脂过氧化产物 MDA 含量增加, 膜脂流动性降低<sup>[7]</sup>。SOD 为保护酶, 即酶类自由基净化剂。SOD 能催化  $\text{O}_2^-$  发生歧化反应生成  $\text{H}_2\text{O}_2$  和  $\text{O}_2$ , 当幼苗旺盛的生长状态转入干旱胁迫时, SOD 活性立即降低, 这为多余自由基的积累提供了契机。本试验研究结果表明, 干旱胁迫下, 自由基的有效清除剂 SOD 活性明显下降, 这就扰乱了自由基产生和清除反应之间的平衡, 从而使膜质过氧化作用增强, 膜质过氧化终产物 MDA 含量升高, 膜系统遭到伤害。电场处理提高了干旱胁迫下油葵幼苗叶片 SOD 酶活性降低了细胞的膜质过氧化的程度, 表明电场处理减轻自由基伤害, 提高了油葵耐旱能力, 并且不同电场强度对不同油葵品种影响效果不同, 综合来看, W6、W8 的效果较好。

表 4 电场对干旱胁迫下油葵苗期叶片膜脂脂肪酸组分的影响 (%)

品种	处理	脂肪酸摩尔分数						USFA	IUFA
		16:0	18:0	18:1	18:2	18:3			
F128	ck1	12.27	0.69	1.89	10.29	71.15		83.33	235.92
	ck2	12.96	0.95	1.41	9.43	66.34		77.18	211.29
	W6	12.31	0.71	1.61	9.61	72.01		83.23	236.86
	W8	11.83	0.58	1.47	9.36	68.63		79.46	226.08
	W9	12.87	0.88	1.41	11.26	67.46		80.13	226.31
KSW307	ck1	14.21	0.75	1.49	7.66	73.29		82.44	236.68
	ck2	13.39	0.85	1.70	9.03	67.87		78.60	223.37
	W6	13.03	0.68	1.32	8.32	70.48		80.12	229.40
	W8	12.79	0.79	1.80	9.11	69.59		80.50	228.79
	W9	12.20	0.81	2.13	9.80	69.07		81.00	228.94
KWS203	ck1	11.90	0.65	1.54	8.96	74.49		84.99	242.93
	ck2	12.40	0.81	1.10	10.55	65.06		76.71	206.83
	W6	12.86	0.71	1.87	9.37	71.76		83.00	235.89
	W8	11.94	0.68	1.65	8.64	73.05		83.84	239.58
	W9	12.30	0.67	1.62	9.57	71.18		82.37	234.30

注: USFA: 不饱和脂肪酸 IUFA: 不饱和脂肪酸指数; IUFA=[18:1mol%+(18:2mol%)×2+(18:3mol%)×3]×100

3.2 电场处理对膜结构及组分的影响

关于植物抗逆性与生物膜结构的关系早就引起了人们的注意<sup>[1]</sup>。现代生物概念认为,具有正常功能的生物膜应处于一种流动的液晶态,膜的流动性保证了能量转换、物质运输、信息传递和代谢调节等过程的正常进行,影响膜流动性的因素是多方面的,其中膜脂脂肪酸不饱和指数是重要因素之一。电场处理可提高油葵幼苗对干旱胁迫的耐受性,而膜脂脂肪酸与植物的抗逆性有密切关系。电场处理是否影响生物膜膜脂脂肪酸组成至今还未见报道,在本研究中,干旱胁迫下油葵叶片膜脂中不饱和脂肪酸含量明显下降,这可能是对干旱的一种适应性反映,但经电场预处理种子后的幼苗,在同样干旱条件下其不饱和脂肪酸指数与未经干旱处理的幼苗水平接近,这说明电场处理种子后对干旱胁迫的抵御能力有所增强,因此受到的伤害就较轻。电场处理对受害油葵的保护效果对 F128 和 KWS307 来说,其大小依次为 W6>W8>W9,对 KWS203 而言,其大小依次为 W8>W6>W9。静电场预处理对活力弱的品种的保护效果要高于活力较强的品种。

酸性磷酸酯酶是膜上的束缚酶,在干旱条件下,由于膜结构受到破坏,导致膜上束缚酶释放,从而加速膜磷脂的脱脂化反应,导致膜的进一步破坏<sup>[8]</sup>。至于干旱使活性氧含量增加如何启动酸性磷酸酯

酶,尚未见报道。而干旱启动酸性磷酸酯酶伤害膜的机制亦缺乏研究。可能是由于干旱下增加的活性氧促进了膜脂过氧化,导致膜脂不饱和度降低,膜脂流动性下降,对为膜所束缚的酸性磷酸酯酶起明显的溶解作用,水解活性增强。本研究表明电场处理种子后可以减轻膜脂过氧化的伤害,稳定了膜结构,从而减少膜上束缚酶的释放。

参考文献:

[1] 钱建宁. 美国三系杂交油葵的开发利用[J]. 云南农林科技, 1996(4): 29.

[2] 王宝山. 生物自由基和植物膜伤害[J]. 植物生理学通讯, 1988, 24(2): 12—16.

[3] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992. 215—216.

[4] 刘祖祺, 张石城. 植物抗性生理学[M]. 中国农业出版社, 1994. 222—285.

[5] 西北农业大学. 基础生物化学实验指导[M]. 陕西科学技术出版社, 1986. 104—107.

[6] 苏维埃, 王文英, 李平, 等. 植物类脂及其脂肪酸的分析技术[J]. 植物生理学通讯, 1980(3): 54—60.

[7] 王洪春. 生物膜结构功能和渗透调节[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986. 40—77.

[8] 姜晶, 张宪政, 韩大鹏, 等. 水分亏缺下 ASA 提高小麦幼苗抗旱性的机理研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1999, 30(4): 408—411.