

# 高压静电场对黄瓜种子萌发期生化指标的影响

张 爽, 李景富, 姜景彬, 张 贺, 陈秀玲, 许向阳

(东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘 要:**以“极早”、“名人”黄瓜陈种子为试材,利用高压静电场(HVEF)对黄瓜种子进行处理,研究了不同高压静电场强度和不同处理时间对萌发期黄瓜种子活力生化指标的影响。结果表明:高压静电场的场强和处理时间对种子的发芽率变化具有显著性,其中,品种“名人”25 kV/cm与150 s、30 kV/cm与210 s的发芽率均为81%,显著高于其它组合。通过对生化指标发现,相对电导率与发芽率呈负相关,过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性与发芽率呈正相关。

**关键词:**高压静电场(HVEF);陈种子;萌发期;生化指标

**中图分类号:**S 642.39 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)16-0005-05

种子活力的高低直接关系到作物出苗的整齐度和幼苗长势,最终对产量产生影响。如何提高种子活力、增加产量一直是农业生产部门研究的重要课题。电场处理种子能提高种子的活力,其原因在于利用高压静电场处理种

子可改变种子内部结构,加速种子细胞动力学过程,激活种子内部潜在能力,加快种子萌发,促进幼苗生长,最终达到提高产量的目的<sup>[1]</sup>。王清元等<sup>[1]</sup>利用高压静电场处理种子可改变种子内部结构,加速种子细胞动力学过程,激活种子内部潜在能力,加快种子萌发,促进幼苗生长,达到提高产量的目的。李一等<sup>[2]</sup>研究指出,采用适当的高压静电场处理,可显著提高水稻陈种子的活力和水稻发育长成禾苗的叶片叶绿素含量,发芽率提高了5%,种子浸出液电导率下降了15%,叶绿素含量提高了17%,显著高于对照。汤楚宙等<sup>[3]</sup>试验表明,静电处理杂交水稻种子,选电压100 V,频率2 Hz,处理45 min,放置6 h后播种,效果最佳。高压静电场处理影响种子活力的关键因素是电场作用时间与场强的乘积,当乘积为1 000 min·kV/m时,对提高陈种子活力作用最大。郭克婷等<sup>[4]</sup>用高压静电场处理香葱种子,明显提高了香葱种子活力,有效促进了香葱

**第一作者简介:**张爽(1987-),女,硕士研究生,研究方向为番茄遗传育种。E-mail:zhangshuang325@yahoo.cn.

**责任作者:**许向阳(1969-),男,博士,研究员,博士生导师,现主要从事番茄遗传育种研究工作。E-mail:xyx709@126.com.

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系专项资金资助项目(CARS-25);黑龙江省杰出青年科学基金资助项目(JC201204);哈尔滨市科技创新人才研究专项资金资助项目(2011RFXN031);东北农业大学创新团队基金资助项目;东北农业大学博士启动基金资助项目(2009RC09)。

**收稿日期:**2013-04-01

## Evaluation of Pepper Varieties Resistance to Phytophthora Blight and the Grafting Effect of Different Rootstocks

ZHANG Wei-na<sup>1</sup>, ZHENG Xin-guang<sup>1</sup>, WANG Wei-li<sup>1</sup>, SHEN Shun-shan<sup>1</sup>, PIAO Feng-zhi<sup>2</sup>

(1. College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002; 2. College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

**Abstract:** Taking nine pepper varieties and three pepper rootstocks varieties as materials, the resistance identification to phytophthora blight and the grafting effect of three rootstocks varieties were tested on pot culture. The results indicated that ‘DLD’, ‘DYQQ’ and ‘PRMND’ showed high resistance to phytophthora blight, and ‘DNP56’ and ‘BT33’ showed middle resistance, while ‘Kexing No. 6’, ‘Yuyuanxin 16-A’, ‘Xinjiyu’ and ‘Lvguan’ showed high sensitivity to phytophthora blight. Three tested rootstock varieties were compatibility with scion variety ‘Xinjiyu’. The survival rate of three rootstock varieties ‘RS1’, ‘RS2’ and ‘RS3’ reached 86.3%, 83.3% and 87.6% respectively. There was no significant difference between growth indicators of three rootstock varieties and scion variety ‘Xinjiyu’ which in seeding stage and after transplanting. At the same time, three varieties of rootstock grafting were detected to be at least middle resistance to phytophthora blight of pepper.

**Key words:** phytophthora blight of pepper; disease resistance; rootstocks grafting; evaluation

种子的发芽率和幼苗生长,同时还探索了电场处理香葱的最佳参数组合。朱诚等<sup>[5]</sup>研究了 167 kV/m 电场处理对老化黄瓜种子脂质过氧化的影响,结果表明处理 1、3、5 min 可提高种子发芽率、发芽指数和活力指数,其中以处理 3 min 效果较佳。邓红梅等<sup>[6]</sup>采用 20 kV/cm 高压静电场强度,分别以 20、30、40 s 处理黄瓜种子,结果表明处理 20 s 的黄瓜种子在萌发期间各项生理指标均显著高于对照组,且随处理时间延长,高压静电场对黄瓜种子萌发的促进作用减弱甚至产生抑制作用。

高压静电场处理场强对不同作物和同一作物不同品种种子活力的影响不尽相同。为此,该研究利用高压静电场对黄瓜“极早”和“名人”的陈种子进行处理,研究了在不同场强和处理时间下高压静电场对种子发芽率及相关生化指标的影响。以期静电场应用于生产实践提供参考依据,也为阐明静电场的反效应机制做出有益探索。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种为“极早”和“名人”,均属于陈种子(2002 年),购于哈尔滨市兴农种子有限公司。WSJC-2 型微电生物静电处理机由东北农业大学生物电子研究室自制(输出电压可调范围为  $V=0\sim 292$  kV)。

### 1.2 试验方法

选取外形差异较小的、质量均一饱满的黄瓜种子。随机将每个品种的种子分为 37 组,其中 36 个处理组在强度分别为 5、10、15、20、25、30 kV/cm 静电场中,时间设置为 60、90、120、150、180、210 s,以不作任何处理为对照,测定种子活力和电导率。每组 4 次重复。

### 1.3 项目测定

1.3.1 种子活力的测定 按品种分类,每组取 200 粒种子,将处理后的种子放入 25~28℃ 育苗培养箱,利用常规方法进行发芽试验。每 24 h 查看 1 次发芽情况,按照国家种子检验规程规定,第 2 天开始记录发芽情况,第 6 天计算发芽率、发芽势、发芽指数。发芽率(%)= $G/N$ ,  $G$  为发芽总数,  $N$  为种子数。发芽势(%)= $G_1/N$ ,  $G_1$  为发芽初期正常发芽数/试验种子总粒数 $\times 100\%$ ;发芽指数  $G_i = \sum G_i/D_i$ , 式

中,  $G_i$  为在  $t$  时间的发芽种子数,  $D_i$  为相应的发芽天数。

1.3.2 电导率的测定 将处理后的种子每组取 50 粒,用自来水冲洗 3 遍,然后用去离子水冲洗 3 遍,用定性滤纸吸干种子表面的水分,25 mL 去离子水 30℃ 下浸泡 4 h。用 FiveEasy 型电导仪测定种子浸出液的电导率,然后煮沸 10 min,用自来水冲洗试管壁冷却,然后测定绝对电导率,最后计算各处理组的相对电导率。

1.3.3 过氧化氢酶活性的测定 在种子萌发第 6 天,每皿随机选取 1.0 g 子叶进行研磨,边研磨边加入 4 mL pH 7 的磷酸缓冲溶液。用过氧化氢酶测定试剂盒(南京建成生物工程研究所)测定。单位定义:1 mg 组织蛋白酶 1 s 分解 1.0  $\mu\text{mol}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  的量为 1 个活力单位。

1.3.4 过氧化物酶活性的测定 在种子萌发第 6 天,每皿随机选取 1 g 子叶进行研磨,边磨边加入 4 mL pH 7 的磷酸缓冲溶液。用植物过氧化物酶测定试剂盒(南京建成生物工程研究所)测定。单位定义:在 37℃ 条件下,1.0 mg 组织蛋白 1 min 催化产生 1.0  $\mu\text{g}$  底物的酶量定义为 1 个酶活力单位。

### 1.4 数据分析

试验数据均采用 SAS 9.1.3 和 SPSS 16.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 高压静电对黄瓜种子活力的影响

在种子发芽试验中观察到,黄瓜种子经过高压静电处理后,绝大部分种子的发芽率、发芽势、发芽指数都明显高于对照,经过 SAS 软件分析,在  $\alpha=0.05$  水平时,“极早”黄瓜种子经 5 kV/cm 与 60、90 s、20 kV/cm 与 210 s、25 kV/cm 与 60 s 和 30 kV/cm 与 150 s 的组合的发芽率都极显著高于其它组合。“名人”黄瓜种子经高压静电场为 20 kV/cm 与 150 s、25 kV/cm 与 150、180 s、30 kV/cm 与 60 s 和 210 s 的组合较好,发芽率分别为 78%、81%、77%、79%、81%。“极早”黄瓜种子的发芽势全部高于对照,“名人”黄瓜种子的发芽势大多数高于对照(表 1)。说明高压静电场对种子萌发具有一定激活作用,有利于提高种子的发芽整齐度。

表 1 高压静电对黄瓜种子各发芽指标和相对电导率的影响

Table 1 Effect of HVEF on germination indexes and relative conductivity of cucumber seeds during germination period

处理条件			发芽率		发芽势		发芽指数		相对电导率		强度 $\times$ 时间
Treatment condition			Germination rate/%		Germination potential/%		Germination index		Relative conductivity		Intensity $\times$ Time
强度	Intensity/kV $\cdot$ cm <sup>-1</sup>	时间 Time/s	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”	/kV $\cdot$ s $\cdot$ cm <sup>-1</sup>
5	CK	0	54	58	36	42	19	13	1.00	0.75	0
		60	69**	61	64**	48	21*	14	0.47**	0.60*	300
		90	67**	65*	62**	46	19	15	0.60	0.63*	450
		120	59*	60	64**	47	18	15	0.72	0.71	600
		150	61*	59	58*	44	19	13	0.70	0.74	750
		180	58	63	52*	49	15	16	0.49**	0.66*	900
	10	210	64*	57	60**	46	18	14	0.55*	0.73	1 050
		60	64*	64	64**	50*	19	16	0.69	0.68*	600
		90	65*	67*	62**	43	18	16	0.58*	0.81	900
		120	55	51	54*	36	17	11	0.66	0.79	1 200
		150	61	57	62**	42	19	14	0.60	0.92	1 500
		180	60	69	62**	49*	17	15	0.61	0.61*	1 800
		210	59*	55	50	40	17	14	0.58*	0.84	2 100

续表 1

处理条件			发芽率		发芽势		发芽指数		相对电导率		强度×时间
Treatment condition			Germination rate/ %		Germination potential/ %		Germination index		Relative conductivity		Intensity×Time
强度	Intensity/ $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$	时间 Time/s	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”	/ $\text{kV} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$
15		60	44	72 *	50	46	14	14	0.48 * *	0.89	900
		90	58 *	71 *	70 * *	67 * *	17	17 *	0.64	0.62 *	1 350
		120	43	63	54 *	38	15	14	0.59 *	0.66 *	1 800
		150	43	66 *	54 *	44	13	17 *	0.59 *	0.51 * *	2 250
		180	50	65 *	46	48 *	13	17 *	0.69	0.89	2 700
		210	53	67 *	56 *	48 *	16	16	0.52 *	0.64 *	3 150
20		60	52	73 *	44	60 * *	19	25 * *	0.67	0.76	1 200
		90	58 *	77 * *	52 *	70 * *	21 *	29 * *	0.59 *	0.92	1 800
		120	46	65 *	36	46	18	17 *	0.54 *	0.73	2 400
		150	60 *	78 * *	50	68 * *	19	26 * *	0.66	0.59 *	3 000
		180	44	73 *	38	60 * *	16	20 *	0.53 *	0.59 *	3 600
		210	65 * *	65 *	54 *	54 *	23 *	18 *	0.59	0.75	4 200
25		60	67 * *	71 *	66 * *	66 * *	27 * *	25 * *	0.54 *	0.91	1 500
		90	60 *	75 *	48	67 * *	18	28 * *	0.60	0.96	2 250
		120	58 *	65 *	56 *	57 *	21 *	22 *	0.61	0.47 * *	3 000
		150	49	81 * *	40	77 * *	18	32 * *	0.51 *	0.83	3 750
		180	48	77 * *	44	72 * *	17	27 * *	0.64	0.86	4 500
		210	47	63	46	52 *	18	22 *	0.37 * *	0.88	5 250
30		60	50	79 * *	40	79 * *	16	33 * *	0.68	0.54 * *	1 800
		90	59 *	64	54 *	59 *	20	26 * *	0.51 *	0.56 * *	2 700
		120	51	71 *	40	63 * *	17	30 * *	0.64	0.62 *	3 600
		150	76 * *	75 *	52 *	77 * *	25 * *	33 * *	0.44 * *	0.61 *	4 500
		180	64 *	72 *	60 * *	67 * *	23 *	30 * *	0.46 * *	0.85	5 400
		210	60 *	81 * *	56 *	66 * *	22 *	27 * *	0.36 * *	0.60 *	6 300

注: \* 表明在 0.05 水平上差异显著, \*\* 表明在 0.01 水平上差异极显著。下表同。  
Note: \* indicate significant difference at  $P<0.05$  and \*\* indicate significant difference at  $P<0.01$ . The same below.

2.2 高压静电处理对黄瓜种子相对电导率的影响

种子相对电导率是种子活力测定的指标之一。在一般情况下,认为种子活力与电导率呈负相关,即电导率高的种子活力低,反之则种子活力高。种子在萌发吸胀过程中,细胞膜系统需要修复重建,膜修复的好坏直接影响到种子活力。由表 1 可知,经高压静电场处理的品种“极早”的种子相对电导率均低于对照组,其中相对电导率最小为 0.36。“名人”黄瓜种子绝大多数相对电导率均低于对照组。经 SPSS 软件相关性分析得出,经高压静电场处理后相对电导率与发芽率呈负相关。

2.3 高压静电处理对黄瓜种子过氧化氢酶(CAT)活性的影响

过氧化氢酶是清除生物体内活性氧或其它过氧化物自由基的关键酶类<sup>[7-8]</sup>。过氧化氢酶的作用有增加种子抗逆性<sup>[9]</sup>,保护生物膜和促进种子的代谢等。由表 2 可知,“极早”的黄瓜种子经电场处理 CAT 的活力最高为 62.93 U/mg,“名人”的黄瓜种子经电场处理 CAT 的活力 69.57 U/mg,均显著高于对照。作物种子经适宜的高压静电场处理后,不仅能提高种子内多种酶的活性,还能够促进种子的生理生化反应。如小麦种子经静电处理后的过氧化氢酶等活性有所提高<sup>[10]</sup>。经 SPSS 软件相关性分析得出,CAT 活性与发芽率呈正相关。

2.4 高压静电处理对黄瓜种子过氧化物酶(POD)活性的影响

POD 是一种清除生物体内活性氧或其它过氧化物

自由基的关键酶类之一<sup>[7-8]</sup>。当 POD 活性降低时,活性氧增多,膜脂过氧化作用增强,致使膜的结构和正常组分破坏,从而影响膜的结构。该试验结果表明,“极早”和“名人”的种子的 POD 活力绝大多数比对照组高,“极早”黄瓜种子的 POD 活力最高为 59.58 U/mg,“名人”POD 活力最高为 60.59 U/mg,但利用强度为 5 kV/cm 高压静电场处理 60、90、210 s,10 kV/cm 与 210 s,25 kV/cm 与 60、210 s,30 kV/cm 与 90、120 s 的情况下,POD 活性比对照低(表 2),可能是处理时间和电场强度的不适宜造成的,高压静电场处理可以提高老化黄瓜种子的活力与其对 CAT、POD 活性和氢过氧化物、MDA 含量的调节有关。静电场处理可明显提高 CAT 和 POD 活性和抑制氢过氧化物和 MDA 的积累。试验表明,POD 活性与发芽率呈正相关。

3 讨论

3.1 高压静电对黄瓜种子活力的影响

黄瓜种子经过高压静电处理,绝大部分种子的发芽率、发芽势、发芽指数都明显高于对照,说明高压静电场对种子萌发具有一定激活作用,有利于提高黄瓜种子的发芽整齐度。其中“极早”和“名人”黄瓜种子在场强为 5~30 kV/cm 中种子发芽率也有少部分较对照低,可能是因为不同的品种,对于场强和处理时间有着不同的要求,对发芽率的影响也不同。对于不适宜的场强和处理时间有着不同程度的抑制作用。从该试验结果可知,2



表 2 高压静电对黄瓜种子  
萌发期 CAT 和 POD 的影响

Table 2 Effects of HVEF on activity of CAT and  
POD of cucumber seeds during germination period

处理条件 Treatment condition		过氧化氢酶活性 Activity of CAT /U · mg <sup>-1</sup> prot		过氧化物酶活性 Activity of POD /U · mg <sup>-1</sup> prot	
强度 Intensity/kV · cm <sup>-1</sup>	时间 Time/s	“极早”	“名人”	“极早”	“名人”
CK	0	30.26	37.73	38.60	34.07
	60	47.64 **	11.10	36.36	29.50
5	90	47.16 **	11.71	55.33 **	28.23
	120	34.25	60.07 **	43.20	38.05
	150	45.71 **	21.64	46.82 *	35.01
	180	34.78	52.69 *	46.94 *	46.43 *
	210	23.90	9.74	40.62	29.16
	60	18.58	18.54	53.71 **	57.72 **
10	90	12.52	21.78	51.96 **	40.27
	120	15.22	16.64	46.05 *	49.83 *
	150	27.83	24.99	45.61 *	44.08 *
	180	36.74	17.67	45.26 *	51.43 **
	210	25.22	59.36 **	47.29 *	28.21
	60	37.70	69.57 **	36.52	49.17 *
15	90	37.59	51.22 *	38.87	55.05 **
	120	32.97	53.33 *	42.29	40.97
	150	32.26	58.06 **	42.82	52.57 **
	180	32.99	55.01 **	47.19 *	54.95 **
	210	33.59	53.71 *	46.04 *	52.30 **
	60	39.23 *	45.41	42.14	50.74 *
20	90	46.13 **	43.93	49.85 **	48.94 *
	120	37.44 *	13.44	38.60	34.51
	150	51.72 **	57.38 **	43.40	52.16 **
	180	37.32	58.61 **	43.15	35.48
	210	42.36 *	60.37 **	36.72	38.38
	60	42.50 *	47.07 *	40.90	29.14
25	90	33.08	43.74	36.08	34.22
	120	42.09 *	37.82	44.07	33.28
	150	25.91	38.39	37.52	60.59 **
	180	37.93 *	32.41	37.63	48.50 *
	210	38.74 *	22.24	43.20	29.31
	60	39.78 *	54.13 *	40.62	58.62 **
30	90	40.19 *	17.80	43.84	29.19
	120	39.10 *	40.73	58.68 **	18.11
	150	62.93 **	46.84 *	59.58 **	34.30
	180	38.94 *	32.89	46.80 *	34.47
	210	35.41	58.54 **	45.44 *	51.88 **

个品种的黄瓜种子在电场强度为 25、30 kV/cm 时发芽率、发芽指数、活力指数均显著高于对照组。

康珏等<sup>[11]</sup>研究发现,黄瓜种子的处理强度和时间的乘积数值为 600~1 200 kV · s/cm 时,发芽率、发芽指数、活力指数均达到较高水平,特别是在 600 kV · s/cm 时最高。该试验结果表明,300~6 300 kV · s/cm 区间内有的处理发芽率、发芽指数、活力指数的数值均达到较高水平,也有些处理无显著差异。这可能是因为不同品种的黄瓜种子静电场效应不同,即使是同一品种的种子,不同静电场强度和不同处理时间组合也会有不同的效果。也可能与种子在高压电场处理前,种子是以吸胀还是干燥的状态有关。该试验采用吸胀种子,原因可能是种子吸胀萌发时发生了一系列的变化,从酶开始活化,膜结构恢复,到生理代谢活动旺盛,再加上种子对外界物理环境刺激最为敏感<sup>[12]</sup>。所以对吸胀种子施加电场处理效果最佳,即种子吸胀后各种酶的合成以及细胞膜的修复已经开始,此时的外加电场加速了酶的合成和

细胞膜的修复<sup>[13]</sup>。

### 3.2 高压静电处理对黄瓜种子相对电导率的影响

电场处理对种子浸种液电导率有影响,甜菜浸种液电导率低于未处理对照<sup>[14]</sup>。根据相关研究,大麦、玉米的电导率均呈下降趋势。还有研究表明,林木种子紫穗槐、刺槐处理后浸种液电导率值变小<sup>[15]</sup>。陈良碧等<sup>[16]</sup>也发现,不同品种水稻其发芽率与浸种液电导率呈显著负相关。

该试验中,经过电场处理的种子浸种液的相对电导率绝大多数都比对照的值要小,经 SPSS 软件分析,得出 2 个品种的相对电导率都与其发芽率呈负相关。与以上文献中的结论一致,认为种子的浸出液电导率下降可能是电场对膜系统的修复作用的结果。因为种子浸出液电导率的大小在一定程度上反映了种子细胞膜系统的完整程度。说明高压静电场对细胞膜具有一定的促进修复作用。但该试验中有部分相对电导率比对照高,如“名人”黄瓜种子中相对电导率最大值为 0.96,可能是因为随处理时间的延长,对细胞膜修复作用减弱甚至可能对细胞膜结构发生破坏,导致通透性增加,电导率增加。也有人认为,电场处理引起电位增大,从而增强了种子代谢能力,使某些作物种子浸出液电导率有升高趋势,如静电处理的大豆种子浸泡液电导率有所升高<sup>[6,15]</sup>,认为是多种因素促成了电导率的变化,对于这种变化应该考虑多方面的因素,如膜电位的改变,膜结构的修复等。

### 3.3 高压静电处理对黄瓜种子过氧化氢酶和过氧化物酶活性的影响

经高压静电场处理后,“极早”和“名人”黄瓜绝大多数种子的过氧化氢酶活性比对照组高,但这 2 个品种中同时有些组合的 CAT 活性比对照低。可能是处理时间和电场强度的不适宜造成的,说明激发过氧化氢酶活性需要适宜的电场强度及作用时间。不适合的强度及处理时间可能对酶分子的构象产生影响,使酶活力下降。

由于强电场不仅能够起到改变种子体内生物膜电位的作用,而且可引起细胞内如蛋白质、脂类、糖类等极性分子和金属离子的定向排列,引起含铁、镁、铜、锌、锰等金属酶的构相发生变化<sup>[17]</sup>,从而促使像 POD、CAT 等由代谢酶构相变成激活构相<sup>[13]</sup>,促进了种子内贮藏物质的转化、分解和蛋白质的合成。可能是经过强电场处理后的黄瓜种子的发芽势、POD、CAT 的活性增加的原因之一。并且过氧化氢酶能催化过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)分解成氧和水,防止由 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱发单线态氧和某些自由基的产生,起到避免生物大分子损伤如 DNA、蛋白质、膜结构等,减少 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的毒害,并且还可起到防止生物膜的过氧化作用<sup>[6]</sup>。

高压静电场对种子萌发具有一定激活作用,有利于种子的发芽整齐度。经电场处理的种子绝大多数种的

子发芽率、POD 和 CAT 的活性都有所提高。经 SPSS 分析,相对电导率与发芽率呈负相关,POD、CAT 活性与发芽率呈正相关。

高压静电场对作用于生物体的机理有多种解释。有学者认为,静电处理能诱导或启动种子生物体内携带的某种信息,促进一定的反应发生而激活种子内部潜力,加速种子细胞动力学过程,加快种子的萌发<sup>[1,18-19]</sup>。也有研究表明,高压静电能引起黄瓜种子的 DNA 变化,能促进黄瓜达到优质、高产目标<sup>[19-20]</sup>。该试验是否由于高压静电引起黄瓜种子的 DNA 变化导致表达产物的变化,还有待进一步研究。

该研究中黄瓜种子经高压静电场处理后,无论是发芽势、发芽率、活力指数,还是 POD 和 CAT 活性均比对照组显著提高,这与电场强度  $E < 10 \text{ kV/cm}$  处理作物种子的结果相似<sup>[18,21-22]</sup>。但是有些组合并不符合这一规律,表明高压静电处理对黄瓜种子萌发具有时间和电场强度的效应,这对电场农业应用技术的开发具有重要意义。适当的高压静电场处理能显著提高黄瓜陈种子活力,对其发芽后生长有明显促进作用。该试验仅对黄瓜种子进行了 60~210 s 不同时间和 5~30 kV/cm 不同场强的静电场处理,未来将扩大试验内容和范围。用高压静电场处理黄瓜陈种子的方法具有简便、经济、实用的优点,有极大的推广应用前景。进一步全面深入的研究高压静电场场强和时间效应的作用规律具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] 王清元,卢贵忠,段继文,等. 高压静电处理水稻种子的试验研究[J]. 农机化研究,2004(3):157-158,176.
- [2] 李一,叶家明. 高压静电场对水稻陈种子生物效应的研究[J]. 湖南农业大学学报,1996,22(5):421-426.
- [3] 汤楚宙,张桂花,谢方平,等. 电磁处理对杂交水稻种子发芽特性的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(5):465-468.
- [4] 郭克婷,蔡兴旺,龙腾芳. 高压静电场处理香葱种子对发芽的影响

- [J]. 江苏农业科学,2004(5):73.
- [5] 朱诚,房正浓,曾广文. 高压静电场处理对老化黄瓜种子脂质过氧化的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2000,26(2):127-130.
- [6] 邓红梅,韩寒冰,熊建平. 高压静电场对黄瓜种子萌发期生理指标的影响[J]. 武汉植物学研究,2006,24(1):87-89.
- [7] 王爱国,罗广华,邵从本,等. 植物的氧代谢及活性氧对细胞的伤害[C]//中国科学院华南植物研究所. 中国科学院华南植物研究所集刊(第五集). 北京:科学出版社,1989.
- [8] Scandalions J G. Oxygen stress and superoxide dismutase[J]. Plant Physiology,1993,101:7-9.
- [9] 谢菊芳,汪爱真,张菁,等. 静电场中植物细胞畸变与分析[J]. 湖北大学学报(自然科学版),2000,22(3):253-256.
- [10] 阎立,李小玲. 静电处理提高种子活力[J]. 种子通讯,1988(4):17-18.
- [11] 康珏,陈信,熊建平. 寻找最佳种子处理途径的实验研究[J]. 种子科技,2010(10):29-32.
- [12] 中山包. 发芽生理学[M]. 马云彬,译. 北京:农业出版社,1988:264-265.
- [13] 怀特 A,汉德勒 P,史密斯 E L. 生物化学原理(上册)[M]. 北京:科学出版社,1978:149-195.
- [14] 梁章章. 静电场对甜菜种子自由基的影响[J]. 高电压技术,1995,21(2):18-19.
- [15] 白希尧. 静电处理种子的生理生化实验[M]//包重光. 现代静电技术. 北京:北京万国学术出版社,1988:469-473.
- [16] 陈良碧,周广治. 水稻种子发芽率与膜透性的相关性[J]. 植物生理学通讯,1990(5):36-38.
- [17] 李晓光,任露泉,佟金,等. 静电场绿豆种子综合生物性状的影响及机理探讨[J]. 吉林工业大学自然科学学报,2001,31(2):40-44.
- [18] 王莘,李肃华,闵伟红,等. 高压静电对月见草种子萌发期的生物学效应[J]. 生物物理学报,1997,13(4):665-670.
- [19] 康敏,余登苑,柳学平,等. 静电场对植物生长的生物效应研究[J]. 农业工程学报,1998,14(4):252.
- [20] 熊建平,朱久远,马坚扬,等. 黄瓜高压静电育种的研究[J]. 生物磁学,2004(4):13-16.
- [21] 曹永军,习岗,杨初平,等. 同电场对大豆种子萌发的影响[J]. 应用与生物环境学报,2004,10(6):691-694.
- [22] 于爱珍,蔡兴旺,李明,等. 高压静电场分离水稻、油菜及芝麻种子对萌发期生物效应的影响[J]. 生物物理学报,1996,12(2):310-314.

## Effect of High Voltage Electrostatic Field (HVEF) on the Biochemical Indexes of Cucumber Seed During Germination Period

ZHANG Shuang, LI Jing-fu, JIANG Jing-bin, ZHANG He, CHEN Xiu-ling, XU Xiang-yang  
(College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract:** Taking 'Jizao' and 'Mingren' cucumber aged seeds as materials, and treated by high-voltage electrostatic field (HVEF), biochemical seed vigour indexes of germination cucumber seeds were detected and analyzed after different intensities of HVEF and durations treated. The results showed that the intensity of HVEF and processing duration had a significant effect on the percentage of seed germination, 'Mingren' cucumber's germination rate reached 81% under 25 kV/cm, 150 s and 30 kV/cm, 210 s. Through biochemical test, the relative conductivity was negatively related to the percentage of germination, and activity of POD and CAT were positive related to the percentage of germination.

**Key words:** HVEF; aged seed; germination period; biochemical indexes