

高压静电场处理对番茄陈种子萌发活力的影响

陈建中<sup>1,2</sup>,胡建芳<sup>1,2</sup>,杜慧玲<sup>2\*</sup>,王玉国<sup>2</sup>

(1. 运城农业职业技术学院,山西 运城 044000; 2. 山西农业大学 农学院,山西 太谷 030801)

**摘要:** 采用均匀设计方法,研究电场强度和处理时间对番茄陈种子萌发活力的影响,并对其活力指数进行二次回归分析建模,结合直观统计结果,筛选最佳电场处理条件。结果表明:电场强度 365.0 kV/m、处理时间 31.9 min 组合能有效促进番茄陈种子萌发和幼苗生长,种子活力指数达 2 198,比未处理种子提高 158.6%。

**关键词:** 番茄; 高压静电场; 陈种子; 活力

**中图分类号:** S641.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2015)07-0111-04

Effect of High-voltage Electrostatic Field Treatment on Germination Vigor of Old Tomato Seeds

CHEN Jianzhong<sup>1,2</sup>, HU Jianfang<sup>1,2</sup>, DU Huiling<sup>2\*</sup>, WANG Yuguo<sup>2</sup>

(1. Yuncheng Agricultural Vocational Technical College, Yuncheng 044000, China;  
2. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

**Abstract:** The effects of electrostatic field intensity and treatment time on the germination vigor of old tomato seeds were studied by uniform design, and the modeled square regression analysis of the vitality index was done, so as to screen the optimum conditions of high-voltage electrostatic field treatment. The results showed that when the electrostatic field intensity was 365.0 kV/m, and the treatment time was 31.9 min, the germination and growth of old tomato seed were improved, the seed vitality index reached the highest value with 2 198, which increased by 158.6% compared to the control.

**Key words:** tomato; high-voltage electrostatic field; old seeds; vigor

近年来,关于高压静电场处理植物种子的研究作为物理农业技术的一个热门课题,越来越受到国内外学者的重视,并在农业领域取得了一定的应用成果。已有研究表明,对农作物、蔬菜、牧草、花卉、林木等种子进行电场处理,可促进其萌发,增强呼吸强度,提高根系活力和酶活性,增强植物的抗逆性<sup>[1-8]</sup>。番茄陈种子发芽率低,幼苗长势不齐,不能满足播种要求,提高其发芽率成为蔬菜生产中亟待解决的问题。目前,高压静电场处理番茄陈种子相关研究鲜见报道。本研究采用均匀设计方法,利用高压静电场处理番茄陈种子,探讨其对种子活力指

标的影 响,并寻找最佳电场处理条件,为电场处理技术在番茄高产栽培中的应用提供理论和实践依据。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

供试番茄品种 802 的种子(2010 年生产)由运城城市种子公司提供,含水率 7.2%。BM201 电场发生器由无锡比蒙科技有限公司生产,电压(0 ~ 150 kV)连续可调。

1.2 试验设计

试验按均匀设计  $U_{12}(12^2)$  进行(表 1)。电场强

收稿日期:2015-02-10  
基金项目:山西省农业科技攻关项目(2013031101)  
作者简介:陈建中(1972-),男,山西平陆人,在读博士研究生,研究方向:作物化学调控与逆境生理。  
E-mail: cjz2023090@163.com  
\* 通讯作者:杜慧玲(1966-),女,山西太谷人,教授,博士,主要从事作物化学调控与逆境生理研究工作。  
E-mail: duhuiling66@163.com

度( $X_1$ )和处理时间( $X_2$ )2 个因素各取 12 个水平,每个水平重复 3 次。 $X_1$  分别取  $E_n = 50n, n = 1, 2, \cdots, 12$ ;  $X_2$  分别取  $t_n = 5n, n = 1, 2, \cdots, 12$ , 以未处理种子为对照(CK)。

表 1 均匀设计因素与水平组合

处理编号	$U_{12}(12^2)$ 均匀设计列号		因素	
	$X_1$	$X_2$	$X_1/(kV/m)$	$X_2/min$
1	1	5	50	25
2	2	10	100	50
3	3	2	150	10
4	4	7	200	35
5	5	12	250	60
6	6	4	300	20
7	7	9	350	45
8	8	1	400	5
9	9	6	450	30
10	10	11	500	55
11	11	3	550	15
12	12	8	600	40

选取大小均匀一致的番茄种子,每个处理 100 粒,将种子均匀平铺于金属板上,按试验设计进行电场处理,电压波形为 50 Hz 半波整流。之后将种子用 10%  $H_2O_2$  消毒 10 min,用蒸馏水清洗 2~3 次,放入光照培养箱,参照 GB/T 3543.3—1995 的方法,在  $(27.5 \pm 1)^\circ C$  温度下黑暗中培养。第 3 天测定其发芽势,第 7 天测定其发芽率、根长、苗长和鲜质量,并

计算发芽指数(GI)和活力指数(VI)。 $GI = \sum (Gt/Dt)$ ,式中: $Dt$ 为发芽天数, $Gt$ 为与  $Dt$  相对应的每天发芽种子数; $VI = S \times GI$ ,式中: $S$ 为幼苗平均鲜质量。

2 结果与分析

2.1 电场处理对番茄陈种子发芽的影响

由表 2 可知,与对照相比,450 kV/m  $\times$  30 min 处理种子的发芽势(63%)、发芽率(78%)、发芽指数(80.93)、活力指数(2 180)达到最大,分别提高 117.24%、62.50%、114.21%、156.47%;550 kV/m  $\times$  15 min、350 kV/m  $\times$  45 min、200 kV/m  $\times$  35 min 处理种子的发芽势分别提高 106.90%、96.55%、65.52%,发芽率分别提高 60.42%、58.33%、50.00%,发芽指数分别提高 107.12%、104.37%、104.92%,活力指数分别提高 144.71%、140.00%、137.65%;50 kV/m  $\times$  25 min、150 kV/m  $\times$  10 min 处理种子的发芽势分别降低 3.45%、10.34%,发芽率分别降低 6.25%、12.50%,发芽指数分别降低 5.43%、8.63%,活力指数分别降低 2.35%、8.24%。

均匀试验设计选点分布均匀,试验指标结果最好的点离最佳试验点较近。由此可知,最佳试验处理点应在处理 9(450 kV/m  $\times$  30 min)点附近。

表 2 电场处理对番茄陈种子发芽指标的影响

处理编号	$X_1/(kV/m)$	$X_2/min$	发芽势/ %	比 CK $\pm$ / %	发芽率/ %	比 CK $\pm$ / %	发芽 指数	比 CK $\pm$ / %	活力 指数	比 CK $\pm$ / %
CK	0	0	29		48		37.78		850	
1	50	25	28	-3.45	45	-6.25	35.73	-5.43	830	-2.35
2	100	50	42	44.83	64	33.33	61.24	62.10	1 520	78.82
3	150	10	26	-10.34	42	-12.50	34.52	-8.63	780	-8.24
4	200	35	48	65.52	72	50.00	77.42	104.92	2 020	137.65
5	250	60	48	65.52	72	50.00	73.35	94.15	1 810	112.94
6	300	20	48	65.52	68	41.67	71.63	89.60	1 870	120.00
7	350	45	57	96.55	76	58.33	77.21	104.37	2 040	140.00
8	400	5	34	17.24	56	16.67	58.11	53.81	1 440	69.41
9	450	30	63	117.24	78	62.50	80.93	114.21	2 180	156.47
10	500	55	33	13.79	52	8.33	44.20	16.99	1 090	28.24
11	550	15	60	106.90	77	60.42	78.25	107.12	2 080	144.71
12	600	40	40	37.93	62	29.17	50.67	34.12	1 250	47.06

2.2 电场处理对番茄陈种子幼苗生长发育的影响

由表 3 可知,与对照相比,450 kV/m  $\times$  30 min 处理的幼苗根长(9.16 cm)、茎高(4.75 cm)、鲜质量(26.94 mg)均达到最大,分别提高 22.95%、12.56%、19.73%;550 kV/m  $\times$  15 min、350 kV/m  $\times$  45 min、200 kV/m  $\times$  35 min 处理的根长、茎高、鲜质量也有明显提高,根长分别提高 17.99%、18.26%、13.42%,茎高分别提高 9.95%、12.56%、9.24%,

鲜质量分别提高 18.13%、17.42%、15.96%;50 kV/m  $\times$  25 min、150 kV/m  $\times$  10 min 处理的根长、茎高略微降低,根长分别降低 5.37%、6.71%,茎高分别降低 0.24%、4.27%,鲜质量提高 3.24%、0.44%;400 kV/m  $\times$  5 min 处理的根长略低,茎高无差别,鲜质量提高 10.13%;100 kV/m  $\times$  50 min、250 kV/m  $\times$  60 min、300 kV/m  $\times$  20 min、500 kV/m  $\times$  55 min、600 kV/m  $\times$  40 min 处理的根长、茎高、鲜质

量都有所提高。

表 3 电场处理和 处理时间对番茄陈种子幼苗生长发育的影响

处理编号	$X_1$ / (kV/m)	$X_2$ / min	根长 / cm	比 CK ± / %	茎高 / cm	比 CK ± / %	鲜质量 / mg	比 CK ± / %
CK	0	0	7.45		4.22		22.50	
1	50	25	7.05	-5.37	4.21	-0.24	23.23	3.24
2	100	50	8.12	8.99	4.48	6.16	24.82	10.31
3	150	10	6.95	-6.71	4.04	-4.27	22.60	0.44
4	200	35	8.45	13.42	4.61	9.24	26.09	15.96
5	250	60	8.25	10.74	4.55	7.82	24.68	9.69
6	300	20	8.14	9.26	4.52	7.11	26.11	16.04
7	350	45	8.81	18.26	4.75	12.56	26.42	17.42
8	400	5	7.43	-0.27	4.22	0	24.78	10.13
9	450	30	9.16	22.95	4.75	12.56	26.94	19.73
10	500	55	7.50	0.67	4.23	0.24	24.66	9.60
11	550	15	8.79	17.99	4.64	9.95	26.58	18.13
12	600	40	7.87	5.64	4.46	5.69	24.67	9.64

2.3 活力指数回归分析

活力指数是种子发芽速率和生长量的综合表现。本试验利用 SAS 数据处理软件,对活力指数进行二次多项式逐步回归分析,得到了活力指数 ( $Y$ ) 与电场强度和处理时间二因素间的回归方程:  $Y = -1.598\ 92 + 0.011\ 77X_1 + 0.104\ 24X_2 - 0.000\ 01X_1X_1 - 0.000\ 98X_2X_2 - 0.000\ 12X_1X_2$ ,  $r$  为 0.977 8,  $F$  值为 26.147 4,  $F > F_{0.01}(5,6) = 8.75$ , 说明该模型回归检验极显著,拟合度好。系数的显著性检验见表 4,模型中各变量对指标的影响均显著,影响大小顺序为  $X_1 > X_2 > X_1X_2 > X_1X_1 > X_2X_2$ 。因此,该方程拟合度较好,可用于电场处理番茄陈种子活力指数的预测。

表 4 活力指数回归方程系数的显著性检验

统计量	偏相关	$t$ 值	$P$ 值
$r(Y, X_1)$	0.972 0	10.128 1	0.000 1
$r(Y, X_2)$	0.958 7	8.257 6	0.000 1
$r(Y, X_1X_1)$	-0.940 0	6.747 8	0.000 3
$r(Y, X_2X_2)$	-0.924 2	5.929 8	0.000 6
$r(Y, X_1X_2)$	-0.946 0	7.147 9	0.000 2

回归模型分析表明,当种子活力指数达到最大 (2 212) 时,二因素组合为:电场强度 365.0 kV/m、处理时间 31.9 min。

2.4 验证试验

选取大小均匀一致的番茄陈种子 300 粒,分成 3 组,按照最佳电场处理条件即电场强度 365.0 kV/m、处理时间 31.9 min 进行发芽试验。在此条件下,其发芽势 (64%)、发芽率 (79%)、根长 (9.31 cm)、茎高 (4.80 cm)、鲜质量 (27.19 mg)、发芽指数 (81.35) 比对照分别提高 120.69%、64.58%、24.83%、13.74%、20.84%、115.33%,并计算得到活力指数为 2 198,

比对照高出 158.6%,试验结果与模型理论值 (2 212) 基本符合,说明最佳电场处理条件的选取合理可行。

3 结论与讨论

种子活力主要取决于其遗传基因,同时又受外界环境因素的影响,外界环境条件决定了种子活力表达的可能性<sup>[9]</sup>。休眠种子在高压静电场作用下,会激活各种酶系活性,促进贮藏物质的转化、分解和蛋白质合成,加快呼吸速率等,从而提高种子的萌发速率<sup>[10]</sup>。

本试验用高压静电场预处理萌发力不高的番茄陈种子,结果表明:经过不同高压静电场和不同时间处理后,其发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数有了不同程度的提高。说明适宜高压静电场处理能引发种子内部的响应机制,显著促进番茄陈种子萌发的整齐度和活力。高压静电场处理种子高效低耗、操作方便、无污染,易于推广应用。但高压静电场剂量 (电场强度 × 处理时间),生物种类、含水量以及周围环境中的温度、湿度等都会影响高压静电场的效应<sup>[11-13]</sup>。本试验采用均匀设计进行大范围筛选,得到了拟合优度较高的活力指数回归模型及最佳剂量,在最佳剂量 365.0 kV/m × 31.9 min 时,发芽活力指数达到 2 198,与对照相比,提高了 158.6%,并且该活力指数与拟合值 2 212 基本一致。

电场处理番茄陈种子对番茄幼苗生长也有一定的影响。根长、茎高、鲜质量等反映幼苗生长的形态指标,经适宜静电场处理后,与对照相比,其均主要表现为增加的趋势。

高压静电场处理种子能诱发其体内产生一系列

的生理生化反应。一般认为,在高压静电场下,分子会发生极化,从而刺激种子中活性物质,使其产生相应的反应。同时高压非均匀静电场电晕线放电,会产生臭氧和氮氧化物,生成的酸性物质能破坏种子外壳,又能刺激体内休眠状态的胚芽,产生的臭氧还起到杀菌的作用<sup>[14-16]</sup>。也有学者认为,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发种子内部潜力,加速种子细胞动力学过程,或者通过引起种子的 DNA 转录和翻译表达变化,来促进种子的萌发<sup>[17-20]</sup>。而关于番茄最佳电场条件处理后种子内部生理生化指标的变化情况及高压静电场刺激下种子产生响应的信号传导机制,有待进一步探讨和研究。

#### 参考文献:

- [1] 陈花,王建军. 高压静电场对荞麦幼苗抗旱能力后效性的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(4):40-42.
- [2] 许月英,征荣,杨体强,等. 电场处理无芒雀麦种子对其幼苗酶活性的影响[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2004,35(3):308-311.
- [3] 邓鸿模,虞锦岚,周艾民. 高压静电场促进植物生长技术的研究[J]. 物理,2000,29(9):550-552.
- [4] 张振球. 静电生物效应[M]. 北京:万国学术出版社,1989:1-10.
- [5] 曹永军,习岗,杨初平,等. 不同电场对大豆种子萌发的影响[J]. 应用与环境生物学报,2004,10(6):691-694.
- [6] 吴旭红. 高压静电场对甜瓜种子萌发及膜脂过氧化的影响[J]. 种子,2005,24(1):26-29.
- [7] 宋占梅. 静电场处理作物种子对其活力的影响及机理初探[J]. 种子,1993,12(1):43-46.
- [8] 杨体强,侯建华,苏恩光,等. 电场对油菜种子苗期干旱胁迫后生长的影响[J]. 生物物理学报,2000,16(4):780-784.
- [9] 马娟,王铁固,余宁安,等. 种子活力遗传和 QTL 定位研究进展[J]. 河南农业科学,2010(8):156-159.
- [10] 蔡兴旺,王斌. 青椒种子高压电场的生物学效应[J]. 种子,2001,20(6):14-15.
- [11] 张俐,申勋业,杨方. 高压静电场对生物效应影响的研究进展[J]. 东北农业大学学报,2000,31(3):307-312.
- [12] 阎立辉,付国蔚,张春艳. 静电处理甜菜种子试验[J]. 中国甜菜糖业,2003(1):35-37.
- [13] 杨体强,李金梅,陈燕,等. 作物种子的电生物效应与电场强度关系的研究[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,1997,28(6):778-780.
- [14] 黎先栋,王淑惠. 高压静电场对微生物和作物的影响及其在农业中的应用[J]. 生物化学与生物物理进展,1986(3):36-39.
- [15] 胡玉才,袁泉,陈奎孚. 农业生物的电磁环境效应研究综述[J]. 农业工程学报,1999,15(2):15-20.
- [16] 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):252-256.
- [17] 高雪红,吴俊林. 高压静电场在农业中的应用及其作用机理的物理微观解析[J]. 现代生物医学进展,2008,8(3):567-570.
- [18] 熊建平,朱久远,马坚扬,等. 黄瓜高压静电育种机理的研究[J]. 生物磁学,2004,4(4):13-16.
- [19] 王莘,李肃华,闵伟红,等. 高压静电场对月见草种子萌发期的生物学效应[J]. 生物物理学报,1997,12(4):310-314.
- [20] 张宇,徐晓峰,莫蓓蓓. 种子萌发的抑制调控机制[J]. 生命科学,2012,24(2):118-122.