

# 电场对油葵种子萌发影响的有效时间

杨体强<sup>1</sup> 朱海英<sup>1</sup> 袁德正<sup>2</sup> 刘瑶<sup>1</sup> 胡燕飞<sup>1</sup> 王郑<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 内蒙古大学物理科学与技术学院,内蒙古 呼和浩特 010021;<sup>2</sup> 江苏理工学院数理学院,江苏 常州 213001;

<sup>3</sup> 内蒙古大学生命科学学院,内蒙古 呼和浩特 010021)

**摘要:** 电场环境对种子的影响属于当代效应,电场处理种子的生物效应是否存在有效时间,是值得关注的问题。在  $1.0 \sim 5.5 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$  场强范围,油葵种子用不同电场条件处理,筛选产生显著性影响的处理条件。再用显著性影响条件处理油葵种子,试验研究电场对种子萌发影响的有效时间。结果表明,电场处理油葵种子显著提高种子的发芽势、发芽率及种子的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)的活性。电场对油葵种子萌发期的影响存在有效时间,有效时间为3周。在电场处理种子技术的应用中,电生物效应的有效时间应该是应该注意的问题。

**关键词:** 电场;种子;萌发;有效时间

人们用高能离子辐照<sup>[1]</sup>、化学反应<sup>[2]</sup>、太空微重力高能重粒子辐射<sup>[3]</sup>及磁化等离子处理<sup>[4]</sup>种子,以期选育新品种或促进种子的萌发和生长。自 Murr<sup>[5]</sup>与 Sidaway<sup>[6]</sup>先后研究电场对植物细胞膜透性和种子发芽率的影响后,大量试验研究表明,电磁辐射对植物种子能够产生显著的影响<sup>[7-10]</sup>,特别是人们发现了电场处理植物种子产生的抗逆作用<sup>[11-15]</sup>,这为农业生产选育新品种或促进种子的萌发和生长提供了一种技术。电场处理种子的方法,具有设备简单,操作方便、处理快速和节能环保等突出的优点。然而,电场对种子所产生的那种显著性影响,在实际应用中有时并没有表现出来,致使电场处理种子技术不能被有效应用。在开发应用过程中发现,在电场处理种子技术的应用中,被处理的种子并不能即时使其进入播种萌动生长状态。处理过的种子需经过种子公司贮存销售和农民购买播种这样一个流程,使得电场处理的种子必然存放一定时间后才进入播种环节。电场处理对种子产生的影响属于当代效应,被处理的种子到播种时,电场产生的影响是否仍然存在,即电场处理种子的生物效应是否存在有效时间的问题长期未被人们关注。本文试验测定电场对油葵(*Helianthus annuus* L.)种子萌发影响的有效时间,研究结果对推动电场处理种子的理论和

技术研究具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验材料为内葵杂一号陈种子(发芽率小于80%),由内蒙古巴彦淖尔盟农业科学研究所提供。

### 1.2 种子的电场处理

电场由2块直径60cm圆形金属平板电极产生,两极板间距5cm,试验所用电极电压波形为50Hz简谐波。种子单层置于接地电极板上,调节两极板电压控制电场强度。试验等间隔取电场强度 $E_n$ 10个,即 $E_n = 0.5 \times (n+1)$  (kV/cm),  $n=1,2,3,\dots,10$ ,处理时间 $T_i$ 为2个,即 $T_i = 5 \times i$  (min),  $i=1,2$ ,共20个电场处理条件。挑选饱满且外形差异较小的一定量种子,随机分成试验所需份数待用,每份种子为100粒。电场处理组记为ET(electric treatment),对照组(不用电场处理)记为CT(control)。

### 1.3 种子萌发的测定

将种子用0.1%浓度的高锰酸钾溶液灭菌,再用蒸馏水冲洗3次,浸泡12h吸涨后,将100粒种子排成 $10 \times 10$ 规格放入培养皿中(铺有2层滤纸),上覆盖1

收稿日期:2012-09-24 接受日期:2013-01-16

基金项目:电场对油葵种子酶蛋白构象影响与抗旱性关系的研究(30360026),电场对固沙植物种子抗旱性影响的显著性因素与生物效应的时效性(51067005)

作者简介:杨体强(1955-),男,内蒙古呼和浩特人,本科,教授,研究方向为电场对植物的影响。Tel:0471-4992970-8121;E-mail:yangtq@imu.edu.cn

张滤纸。每天用移液枪向培养皿中加入定量纯净水,并在同一时间记录发芽数量。种子的萌发参照文献[16]进行,在23℃恒温箱中避光萌发。发芽势(germination potential)和发芽率(germination rate)分别记为GP和GR。

GP = (萌发开始4d内发芽种子数之和/供试种子数) × 100% ;

GR = (萌发10d的发芽种子数之和/供试种子数) × 100% 。

#### 1.4 SOD与POD活性的测定

SOD活性的测定参照文献[17]进行。采用氮蓝四唑法,以抑制NBT光化还原50%作为一个酶单位(unit)。酶活性以每1g的酶单位表示,单位符号:U·g<sup>-1</sup>。POD活性的测定参照文献[18]进行。采用愈创木酚法,在470nm波长下比色,每隔1min读1次吸光度。酶活性以每1g每1min吸光度变化值(OD<sub>470</sub>)表示,单位符号:(OD<sub>470</sub>·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)。

#### 1.5 生物效应有效时间的测定

种子处理后当天进行萌发测定的称之为当天组试验。从20个电场处理的当天组试验结果中,筛选2个产生显著性影响的电场处理条件,用筛选出的条件处理4份种子后,将其分别贮存D<sub>k</sub>天后再测定种子的发芽势、发芽率及SOD和POD活性,k=7,14,21,28d。贮存D<sub>k</sub>天测定的称之为贮存组,同时设对照组(不用

电场处理)。通过比较不同贮存组试验结果,检测电场生物效应的有效时间。所有试验进行3次重复。试验结果为4次试验的统计结果。

电场对种子的影响程度用相对变化量(relative variation)表示,记为RV。RV计算方法

$$RV = [(ET-CT)/CT] \times 100\%。$$

#### 1.6 试验数据处理

用SPSS软件对试验数据进行t检验,试验结果用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

## 2 结果与分析

表1给出20个电场处理条件的当天组发芽势和发芽率的试验结果。从试验结果看出,并不是任何电场处理都对种子萌发产生影响。对种子产生影响,需要选择合适的电场条件。种子对外界作用的这种响应,说明电场生物效应的非线性,意味电场处理种子存在最佳处理条件的选择问题。作为应用技术,需要寻求最佳处理条件,以实现最佳显著效应。本试验所用发芽率约为75%的油葵陈种子,在1.0~5.5kV·cm<sup>-1</sup>场强范围,电场处理可显著地提高种子的发芽势和发芽率,提高幅度分别可达22%和14%,这也为陈种子的再利用,提供了一种方法。

表1 电场处理对油葵种子发芽势和发芽率的影响

Table 1 Effects of electric treatment on germination potential and germination rate of the oil sunflower seeds

电场强度 Electric field/ (kV·cm <sup>-1</sup> )	处理时间 Treatment time/min							
	5				10			
	GP/% $\bar{x} \pm s$	RV/ %	GR/% $\bar{x} \pm s$	RV/ %	GP/% $\bar{x} \pm s$	RV/ %	GR/% $\bar{x} \pm s$	RV/ %
CK	49.6 ± 2.0	-	76.0 ± 1.0	-	49.6 ± 2.0	-	76.0 ± 1.0	-
1.0	52.3 ± 2.0	5.4	75.6 ± 0.5	-0.52	59.3 ± 2.0	19.5 *	78.6 ± 0.5	3.4
1.5	53.0 ± 2.0	6.8	77.3 ± 2.5	1.7	60.6 ± 2.0	22.1 **	85.6 ± 1.0	12.6 *
2.0	60.6 ± 2.1	22.1 **	87.0 ± 1.7	14.4 *	58.0 ± 2.1	16.9 *	86.3 ± 2.5	13.5 *
2.5	49.0 ± 2.0	-1.2	73.6 ± 2.0	-3.1	60.0 ± 2.2	20.9 *	83.3 ± 2.0	9.6
3.0	58.3 ± 2.5	17.5 *	78.0 ± 3.0	2.6	58.6 ± 2.4	18.1 *	81.0 ± 2.0	6.6
3.5	54.6 ± 2.4	8.1	75.0 ± 1.0	-1.3	54.0 ± 2.1	8.8	76.6 ± 1.5	0.7
4.0	58.1 ± 0.5	17.1 *	78.3 ± 2.2	3.0	60.3 ± 2.5	21.5 **	80.2 ± 1.5	5.5
4.5	59.3 ± 2.3	19.5 *	77.0 ± 2.3	1.3	59.1 ± 2.5	19.1 *	79.6 ± 1.5	4.7
5.0	60.5 ± 1.7	21.9 **	78.6 ± 2.0	3.4	55.0 ± 2.6	10.8 *	76.3 ± 2.8	0.3
5.5	59.3 ± 1.5	19.5 *	79.6 ± 1.1	4.7	51.6 ± 2.0	4.0	81.6 ± 2.5	7.3

注: GP和GR分别表示发芽势和发芽率,RV表示相对变化量。与对照组比较,\*表示P<0.05,\*\*表示P<0.01。下同。

Note: Germination potential and germination rate represented by GP and GR respectively, relative variation represented by RV. Compared with control, symbol \* mean P<0.05, \*\*mean P<0.01. The Same as below.

表 2 电场处理油葵种子在贮存时间内发芽势、发芽率、SOD 和 POD 活性的变化  
Table 2 Changes for germination potential, germination rate, SOD and POD activity of oil sunflower seeds treated with electric field in storage period

贮存时间 Storage time/d		处理时间 Treatment time/min							
		5				10			
		GP/% $\bar{x} \pm s$	GR/% $\bar{x} \pm s$	SOD/ ( $U \cdot g^{-1}$ )	POD/ ( $OD_{470} \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ )	GP/% $\bar{x} \pm s$	GR/% $\bar{x} \pm s$	SOD/ ( $U \cdot g^{-1}$ )	POD/ ( $OD_{470} \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$ )
7	CT	53.6 ± 3.6	74.6 ± 2.1	327 ± 6	4.8 ± 0.1	53.6 ± 3.6	74.6 ± 2.1	327 ± 6	4.8 ± 0.1
	ET	65.3 ± 2.3	83.6 ± 2.1	390 ± 5	5.6 ± 0.2	64.0 ± 3.3	84.6 ± 2.5	383 ± 5	5.7 ± 0.2
	RV (%)	21.8**	12.0*	19.2**	16.6**	19.4**	13.4*	17.1**	18.7**
14	CT	55.3 ± 3.7	75.0 ± 2.7	341 ± 3	4.9 ± 0.2	55.3 ± 3.7	75.0 ± 2.7	341 ± 3	4.9 ± 0.2
	ET	63.0 ± 3.3	83.3 ± 2.5	387 ± 6	5.5 ± 0.2	63.6 ± 3.5	84.00 ± 2.2	378 ± 6	5.4 ± 0.2
	RV (%)	13.9*	11.0*	13.4**	12.2**	15.0*	12.0*	10.8**	10.2**
21	CT	52.6 ± 2.0	74.3 ± 2.5	313 ± 7	4.8 ± 0.2	52.6 ± 2.0	74.3 ± 2.5	313 ± 7	4.8 ± 0.2
	ET	59.3 ± 2.5	82.3 ± 2.5	350 ± 5	5.2 ± 0.2	58.0 ± 2.7	82.6 ± 2.1	322 ± 5	5.2 ± 0.2
	RV (%)	12.7*	10.7*	11.8*	8.3*	10.2*	11.1*	8.1*	9.3*
22	CT	52.3 ± 2.5	75.0 ± 2.6	311 ± 6	5.0 ± 0.1	52.3 ± 2.5	75.0 ± 2.6	311 ± 6	5.0 ± 0.1
	ET	51.6 ± 2.5	77.3 ± 3.0	314 ± 5	5.1 ± 0.2	52.6 ± 3.5	80.6 ± 3.2	321 ± 5	5.2 ± 0.2
	RV (%)	-1.3	3.0	0.9	2.0	0.5	7.4	3.2	4.0

注: CT 表示对照组, ET 表示电场处理组, RV 表示相对变化量。

Note: Control represented by CT and electric treatment by ET, relative variation represented by RV.

根据当天组的试验结果,选择电场强度为  $2.0kV \cdot cm^{-1}$  的条件,作为有效时间测定所用电场处理条件,表 2 给出贮存组与对照组的试验结果。从试验结果看出,电场处理油葵种子可显著提高种子的发芽势、发芽率、SOD 和 POD 活性。但被处理的种子,随着贮存时间延长,电场处理对种子所产生的影响逐渐消减,贮存 2 周时消减变化幅度最大。贮存第 1 到第 3 周,电场对种子的产生的影响仍然存在,在第 4 周完全消失,即电场对油葵种子产生的影响存在时效性,有效时间为 3 周。

### 3 讨论

电场对植物种子影响的微观机制,人们从不同角度进行了探讨,但目前还不十分清楚。种子内部生理生化反应是在特定酶催化下进行的,由于各种酶活力的增强,加快了各种生化反应速度,促进了代谢和发育。所以在一定范围内种子酶活性的提高是加速种子萌发的生理生化的基础。电场处理种子过程,是电场与种子系统相互作用的过程。试验表明,只有在某些电场处理条件下才能够体现电场对种子产生影响,这说明电场的作用涉及的层次应该是分子水平,因为在有限外界作用范围,宏观物质对外界的响应一般是线

性连续的。本文试验发现,电场处理能够显著提高种子的萌发能力和 SOD、POD 活性,但由于贮存过程,减弱了电场已经产生的作用。由此推断,电场处理种子的过程,使种子中呈电极性的酶蛋白分子发生极化,引起电荷分布和分子构象改变,从而导致酶活性的变化。已有研究表明,电场处理可使酶活性发生改变<sup>[19]</sup>,电场处理过的酶放置一定时间后,电场使酶活性增加效应趋于消失<sup>[20]</sup>。电场的处理使微观尺度的代谢酶和保护酶 SOD 和 POD 活性的提高,可能是提高宏观尺度种子的萌发能力的重要原因之一。蛋白质二级结构单元中  $\alpha$ -螺旋和  $\beta$ -折叠结构中存在较多的氢键,导致规则二级结构具有一定的刚性; $\beta$ -转角以及无规卷曲中不存在氢键或其他的作用,使肽段中的各个残基间有更大的自由度,没有刚性,从而表现出极大的柔性。已有研究表明,电场处理可使酶蛋白分子二级结构单元发生转变<sup>[21-23]</sup>,使原有维系其螺旋结构的稳定性的氢键取向发生改变。电场使种子中极性酶蛋白分子发生取向极化,一般取向极化往往处于亚稳态。因此可以认为,由于宏观物质具有的固有分子热运动,随着贮存时间的延长,在分子热运动的作用下,酶蛋白分子的取向极化会逐渐瓦解消失,酶蛋白还原为原有生物态势,导致电场对种子萌发产生的影响消失,表现为电场生物效应具有时效性。

从应用研究角度看,电场处理种子生物效应的有效时间愈长愈好,在试验上需要寻求使取向极化稳定较长时间的电场处理条件。电场生物效应有效时间的确定,对于电场处理植物种子技术的应用具有十分重要的意义。

### 参考文献:

- [ 1 ] 葛维亚,杨树华,陈林,赵滢,王甜甜,葛红. 辐照对地被菊种子的生长效应[J]. 核农学报,2011,25(1):67-70
- [ 2 ] 张远兵,刘爱荣,孟祥辉,张惠玲,蔡锦,张敬敬. 铅胁迫对19个品种草坪草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 核农学报,2009,23(3):506-512
- [ 3 ] 李明军,王凤娟,张晓丽,张楠,李翔,邓丽,孙瑞斌. 航天搭载的怀地黄种子无菌萌发及试管苗快繁[J]. 核农学报,2009,23(2):274-278
- [ 4 ] 尹美强,郭平毅,温银元,王计平,赵娟. 磁化等离子体处理大豆种子的生物学效应[J]. 核农学报,2010,24(3):470-475
- [ 5 ] Murr LE. Mechanism of plant cell damage in an electrostatic field [J]. Nature,1964,4926:1305-1306
- [ 6 ] Sidaway GH. Influence of electrostatic field on seed germination [J]. Nature,1966,5045:303-305
- [ 7 ] Katarzyna D, Petr D, Valentina P, António AV, Lars W, Christine F, Federico GG. Effect of pulsed electric field on the germination of barley seeds [J]. LWT - Food Science and Technology, 2012,47(1):161-166
- [ 8 ] Christian JE, Simone B, Michael P, Holger P, Wolfgang F. Effects of nanosecond pulsed electric field exposure on Arabidopsis thaliana [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2009,16(5):1322-1328
- [ 9 ] Radu C, Victor D, Mona P, Bogdan C. The biological effect of the electrical field treatment on the potato seed: agronomic evaluation [J]. Journal of Electrostatics, 2005,63:837-846
- [ 10 ] Bera AK, Maity U. Enhancing yield potential in rice by pre-sowing electric current treatment of rice grains [J]. Plant Archives, 2004,4(1):17-24
- [ 11 ] 赵剑,马福荣,杨文杰,温尚斌. 高压静电场(HVEF)预处理种子对大豆幼苗抗冷害的影响[J]. 生物物理学报,1997,13(3):489-494
- [ 12 ] 杨体强,梁运章,李梦莲,郭维生. 电场作用油葵种子后苗期生长抗干旱性的试验[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,1998,29(2):286-287
- [ 13 ] 杨体强,侯建华,苏恩光,那日,郭维生. 电场对油葵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
- [ 14 ] 吕剑刚,杨体强,苏恩光,邓一兵,那日. 电场处理小麦种子对幼苗生长抗盐性的影响[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2001,32(6):707-710
- [ 15 ] 陈花,吴俊林,李晓军,鲁百佐. 电场处理荞麦种子对其幼苗抗旱性的影响[J]. 陕西师范大学学报:自然科学版,2009,37(1):78-82
- [ 16 ] GB/T 3543. 2 农作物种子检验规程 发芽试验[S], 国家质检总局,1996-06-01
- [ 17 ] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导(第3版) [M]. 北京:高等教育出版社,2003:268-269
- [ 18 ] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:中国农业出版社,1992:208-216
- [ 19 ] Giner J, Bailo E, Gorinstein S, Martin O. New kinetic approach to the evolution of polygalacturonase (EC 3.2.1.15) activity in a commercial enzyme preparation under pulsed electric Fields [J]. Journal of Food Science,2006,71(6):262-269
- [ 20 ] 姚占全,田晓,杨体强. 电场对淀粉酶活性影响及存留时间的研究[J]. 内蒙古师范大学学报:自然科学汉文版,2007,36(1):58-60
- [ 21 ] 张若兵,罗炜,程伦,王黎明,关志成. 脉冲电场对脂肪氧化酶活性及构象的影响[J]. 高电压技术,2007,33(2):94-96
- [ 22 ] 杨体强,许强,敖敦格日勒,姚占全. 应用圆二色光谱研究电场对超氧化物歧化酶二级结构的影响[J]. 光子学报,2007,36(6):1147-1151
- [ 23 ] 钟葵,胡小松,吴继红,陈芳,廖小军. 高压脉冲电场对脂肪氧化酶二级和三级构象的影响效果[J]. 光谱学与光谱分析,2009,29(3):765-768

## Effective Time of the Effect of Electric Field on Germination of Oil Sunflower Seeds

YANG Ti-qiang<sup>1</sup> ZHU Hai-ying<sup>1</sup>, YUAN De-zheng<sup>2</sup> LIU Yao<sup>1</sup> HU Yan-fei<sup>1</sup> WANG Zheng<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010021; <sup>2</sup> School of Mathematics and Physics, Jiangsu University of Technology, Changzhou, Jiangsu 213001; <sup>3</sup> School of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010021)

**Abstract:** The effect of electric field on the seeds is only a current effect. It is worthy of attention if there is an effective time for biological effects of electric treatment on seeds. When the oil sunflower seeds were treated with electric field from 1.0 to 5.5 kV·cm<sup>-1</sup>, the optimal conditions for accelerating germination were selected. After the seeds were treated with the optimal conditions, the effective time of the electric biological effect is tested by comparing with those of the treated seed under different period of storage. Results showed that the germination, SOD and POD activity of the treated seeds were significantly accelerated compared with that of the untreated seed. However, there is an effective time for the effect of electric treatment on oil sunflower seeds. The effective time lasts for three weeks. The effective time for effect of electric field on the seeds should be taken into consideration during the application of the technology of electric treatment seeds.

**Key words:** Electric field; Seeds; Germination; Effective time