

文章编号:1000-582X(2006)04-0058-04

高压静电场对水稻干湿种子生物学效应的影响*

高伟娜¹,王贵学¹,吕江²,黄俊丽¹,李剑²,廖瑞金²

(重庆大学1.生物工程学院;2.高电压与电工新技术教育部重点实验室,重庆 400030)

摘要:用高压静电场分别处理干的水稻种子和30℃预浸种吸水24h的水稻种子,计算种子的活力指数、发芽指数、幼苗干重,研究电场处理对2种水稻种子活力的影响是否有差异.结果表明:水稻种子吸水24h后,种子吸胀结束,开始进入萌发阶段,经电场处理后种子的发芽指数、幼苗干重和活力指数显著高于对照.而经电场处理的水稻干种子活力与对照相比无显著差异.种子的吸水程度显著影响高压静电场对水稻种子的生物学效应.

关键词:水稻种子;高压静电场;吸水程度

中图分类号:S125

文献标识码:A

地球上的生物(人、动物、植物等)始终处于一个天然电场中,这个天然电场是由电势高达360kV的电离层和电势为零的地球产生的.地球表面附近,电场强度约为130V/m.生物在长期的进化过程中,已经适应了这一环境条件,当电场发生改变时,必定会发生各种生物效应^[1].

利用高压静电场处理植物种子,以提高种子活力,是静电生物效应研究最早、范围最广的领域,涉及植物有经济作物、大田作物、药用植物、蔬菜、水果和树木等等^[2-6].高压静电场处理种子的方法是把植物种子放置于场强大小适宜的高压静电场中,处理一定时间后再及时播种,使其发芽生长.目前经电场处理的种子多为干种子^[7-12],那么电场对吸水萌动后的种子有何影响,与干种子相比效果如何鲜有报道,值得进一步探讨.笔者用高压静电场分别处理干的水稻种子和浸种吸水24h后的水稻种子,研究电场处理对种子的发芽指数、幼苗干重和活力指数等的影响.

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试水稻种子品种为II优725,首先用水漂法选取饱满的种子,用10%次氯酸钠对种子进行表面消毒10min,清水冲洗数次,30℃晾干备用.

1.2 电场处理装置

高压静电场处理装置为2块φ40cm的圆形铁板,平行放置,间隔一定距离,种子放置在下面的铁板上

(见图1). 电场强度 = 2 板间电压(kV)/2 板间距(m).



图1 高压静电场种子处理装置示意图

1.3 试验方案

本试验按均匀设计 $U_{11}^*(11^4)$ 表^[13]进行,电场强度 x_1 和电场处理时间 x_2 每个因素都取了11个水平,另设对照(CK)处理,试验方案见表1.

表1 试验方案表

处理	因素	
	$x_1/\text{kV} \cdot \text{m}^{-1}$	x_2/min
1	100(1)	25(5)
2	150(2)	50(10)
3	200(3)	15(3)
4	250(4)	40(8)
5	300(5)	5(1)
6	350(6)	30(6)
7	400(7)	55(11)
8	450(8)	20(4)
9	500(9)	45(9)
10	550(10)	10(2)
11	600(11)	35(7)
CK	0	0

说明:括号内数字代表均匀设计水平号.

试验分 A、B 2 组进行。A 组水稻种子先在 30 ℃ 下浸种 24 h, 然后用高压静电场处理(处理方案见表 1), 处理后再浸种 24 h 催芽。B 组用高压静电场处理水稻干种子(处理方案见表 1), 处理后浸种 48 h, 发芽。将 100 粒种子放在铺有一层滤纸的 10 cm 培养皿中, 在 30 ℃ 下进行发芽试验 10 d, 每天记录发芽数, 每处理设 3 次重复。发芽结束后称量单棵幼苗干重(mg), 计算发芽指数(GI)和活力指数(VI)。

$$GI = \sum GT/DT, VI = GI \times S,$$

其中:DT 为发芽日数;GT 为与 DT 相对应的每天发芽种子数;S 为幼苗干重。

1.4 种子吸水量的测定

首先测称量瓶重 M_1 ; 粗称约 5 g 种子, 放入称量瓶中, 精确称其重 M_2 ; 将种子在 30 ℃ 浸种, 间隔一定时间将种子取出, 浸种初始阶段间隔时间可以较短, 以后间隔时间可长, 用滤纸吸干种子表面水分, 放入称量瓶中称其重 M_3 ; 用高温快速烘干法(130 ± 2) ℃ 烘 60 min, 称其重 M_4 ; 计算各浸种时间种子的含水量(%), 即种子中所含水分占干物质的百分含量。

计算公式:

$$\text{种子原始含水量} = (M_2 - M_4) \times 100\% / (M_4 - M_1),$$

$$\text{种子吸水后含水量} = (M_3 - M_4) \times 100\% / (M_4 - M_1).$$

1.5 数据的统计分析

电场处理种子后获得的原始数据用平均数 ± 标准差表示, 处理平均数与对照平均数间的差异显著性用 LSD 法检验, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 电场对吸水种子的影响

电场对吸水种子的影响见表 2, 从表中可知 II 优 725 种子吸水 24 h 后, 经电场处理种子的发芽指数、幼苗干重和活力指数比对照显著提高, 干重比对照提高 7% ~ 17.42%, 发芽指数比对照提高 1% ~ 12.48%, 活力指数比对照提高 7.88% ~ 31.96%, 其中处理 7(55 min × 400 kV/m) 种子的 3 个发芽指标最高。处理 11 水稻种子发芽指数和活力指数显著低于对照, 可能是因为吸水的种子由于带有较多水分子, 被 600 kV/m 电场强度电场击穿, 使种子活力下降。

表 2 电场处理对吸水种子的影响

处理	S/mg · 株 ⁻¹	GI/株 · d ⁻¹	VI/mg · d ⁻¹
1	9.20 ± 0.23**	40.32 ± 0.81	370.89 ± 10.51**
2	9.37 ± 0.48**	39.00 ± 3.01	364.79 ± 25.60**
3	9.17 ± 0.40**	38.30 ± 3.42	350.23 ± 16.72*
4	8.48 ± 0.53	40.24 ± 0.73	341.44 ± 23.32*
5	8.93 ± 0.88*	40.92 ± 4.16	366.73 ± 61.29**
6	9.23 ± 0.53**	40.41 ± 1.42	372.61 ± 8.80**
7	9.30 ± 0.25**	41.72 ± 1.83*	387.73 ± 9.28**
8	9.10 ± 0.54**	39.99 ± 1.95	363.24 ± 7.01**
9	8.70 ± 0.41	36.41 ± 1.19	316.99 ± 23.19
10	9.30 ± 0.33**	37.14 ± 1.52	345.70 ± 25.21*
11	8.67 ± 0.26	23.15 ± 2.20**	201.00 ± 25.20**
CK	7.92 ± 0.18	37.09 ± 2.37	293.82 ± 23.05

说明: * 表示处理与对照(CK)相比达到了显著水平($P < 0.05$); ** 表示达到了极显著水平($P < 0.01$)

2.2 电场对干种子的影响

电场处理干种子由表 3 结果可以看出处理后幼苗的干重、发芽指数和活力指数与对照无显著差异, 而且大部分处理小于对照。通过对发芽指数和活力指数进行回归分析得发芽指数回归方程 $Y = 33.2514 - 0.0059x_1 + 0.0017x_2$, 方程最大值 = 32.7549, 此时 $x_1 = 100, x_2 = 55$, 处理后水稻种子最大值比对照提高 1%。活力指数回归方程 $Y = 314.3904 - 0.1753x_1 - 1.2541x_2 + 0.0002x_1^2 + 0.0218x_2^2$, 方程最大值 = 295.8299, 此时 $x_1 = 100, x_2 = 55$, 方程最大值比对照提高 2%。这说明高压静电场处理 II 优 725 水稻干种子对种子活力影响不大, 随着电场强度的增加会降低种子活力。

表 3 电场处理对干种子的影响

处理	S/mg · 株 ⁻¹	GI/株 · d ⁻¹	VI/mg · d ⁻¹
1	8.43 ± 0.88	33.21 ± 2.66	281.52 ± 50.67
2	8.53 ± 0.32	32.40 ± 3.40	277.15 ± 38.86
3	8.73 ± 0.10	31.76 ± 0.95	277.37 ± 8.86
4	8.38 ± 0.63	32.10 ± 0.68	269.13 ± 20.96
5	8.80 ± 0.25	31.01 ± 0.88	272.75 ± 2.27
6	8.28 ± 0.26	31.04 ± 1.77	256.84 ± 6.52
7	8.70 ± 1.00	31.39 ± 3.77	275.59 ± 66.21
8	8.08 ± 0.29	30.90 ± 0.36	249.85 ± 11.37
9	8.63 ± 0.33	29.30 ± 1.53	253.32 ± 22.67
10	8.50 ± 0.35	30.49 ± 1.01	258.92 ± 4.30
11	8.68 ± 0.21	30.17 ± 1.04	262.08 ± 14.97
CK	8.97 ± 0.36	32.40 ± 1.72	290.90 ± 26.75

2.3 种子含水量

种子在萌发时的吸水曲线为 S 型, 即吸胀迅速吸水期、吸水的滞缓期(萌动阶段)、萌发幼苗生理快速吸水期^[14], 浸种初期种子吸水量迅速增加, 即为种子吸胀迅速吸水期; 水稻种子浸种 24 h, 此时种子吸胀基本完成, 开始进入萌动阶段即吸水的滞缓期, 种子含水

量约为40% (见表4)。

表4 水稻种子浸种不同时间的含水量

吸水时间/h	含水量/%	吸水时间/h	含水量/%
0	11.78 ± 1.06	4	27.11 ± 1.54
0.25	17.16 ± 0.80	8	31.60 ± 1.09
0.5	18.61 ± 1.33	11	34.68 ± 0.79
1	20.91 ± 1.24	17	37.28 ± 1.15
1.5	22.54 ± 1.35	23	39.89 ± 1.37
2	23.71 ± 1.43		

2.4 A、B 2 组结果比较

发芽过程中种子的萌发速度和幼苗的健壮程度是种子活力的重要表现,种子活力指数不仅能反映种子的萌发速率,而且还能反映幼苗的健壮程度,是反映种子活力的综合性指标。在表2、表3中虽然干、湿2组对照种子的幼苗干重和发芽指数有差异,但种子活力指数差异不大,说明2组对照种子活力相同。以种子的活力指数为例分析高压电场对干、湿2种水稻种子活力影响的差异(见图2)。由图中可以看出吸湿种子经静电场处理后除处理11外种子的活力指数都高于对照,电场对湿种子的活力指数有显著的影响;而图2中干的水稻种子的活力指数曲线比较平缓,而且大多数处理后的种子活力指数低于对照,可见高压静电场对干的水稻种子的活力影响程度比对湿种子的影响程度小。

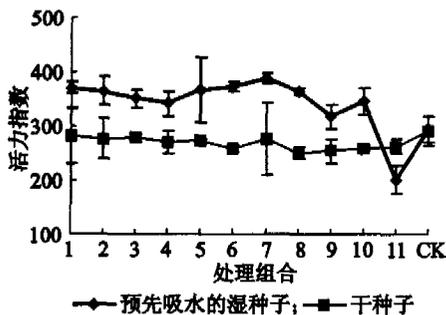


图2 电场对吸水不同的2组种子活力指数的影响

3 讨论

高压静电场对种子的生物学效应是静电生物学领域研究的最早的一个方面,目前为止多数是用外源电场处理植物干种子,例如朱冬雪用1.3、5 kV/cm 电场处理水稻干种子30 min;李一用剂量为1 000 min·kV/m 的高压电场处理干的水稻陈种子,武秀荣用300 kV/m 静电场处理干的玉米陈种子6~12 min;蔡兴旺用200~1 000 kV/m 电场处理干的黄瓜,胡萝卜种子3~7.5 min;Seichiro Isobe 用500 kV/m 脉冲电场处理干的牵牛花种子60 min^[7-12]。本实验中用相同的高压静电场处理干的水稻种子和吸水24 h的种子,分析种子吸水程度对电场生物学效应的影响,目前在这一方面

的研究较少。实验结果表明种子是否吸水对电场生物学效应影响很大。毕世春认为电场处理使细胞内水的结构、状态发生变化,这种变化又促使生物的生理特性发生变化^[1]。水是生物化学反应的介质,并且水本身是具有一定分子团(Cluster)结构的液体,水分子与水分子之间总是处于一种不停地缔合为大分子团和解缔为小分子团的动态平衡之中,外加静电场极有可能打破原有的这种平衡状态,使水分子结构发生变化,这样利用水分子活化过程来催化反应的酶分子,其活性和反应速率势必受到影响,当然这种影响是正反两方面的。华东师范大学陈家森等人做了大量实验证明电场可使水中出现过量的超氧阴离子自由基^[15]。白亚乡等用电子顺磁共振波谱仪分析了经高压静电场处理的甜菜,大麦种子,结果发现种子中自由基含量比对照增加50%、35%^[16-17]。本试验中浸种24 h的种子含水量达到40%,静电场处理可能作用于种子机体内的水分子和生物大分子,使之产生超氧阴离子自由基,根据白亚乡的结论^[16]一方面这些自由基能够促使生物膜透性增加,加速水、氧、氮、无机离子渗入种子,打破了种子休眠,使种子提早萌发;另一方面,它又激活与生物膜相结合的腺苷酸环化酶,导致基因活化,使负责酶合成的基因解除抑制,从而引起各种酶合成加速,物质代谢加快,早期生长速度更快,并导致了未来产质量的提高。

本实验中种子浸种吸水24 h后,种子吸胀基本完成,开始进入萌动阶段即吸水的滞缓期,种子含水量约40%。在吸胀过程,种胚活细胞内的蛋白质、酶、细胞器、植物激素等陆续发生水合活化,膜逐渐修复,一系列生理生化变化迅速由弱转强。种子吸胀后,胚部细胞开始分裂、伸长,胚的体积增大,胚根胚芽向外生长达一定程度就会突破种皮,即种子萌发,俗称“露白”,这就是种子吸水的第二个阶段,此期种子内部生理生化开始变的异常旺盛,对外界环境条件特别敏感。此时对种子施加适宜的外加高压静电场,使水分子结构发生变化,这样利用水分子活化过程来催化反应的酶分子,可能促进种子内部的生理生化反应,促进酶活性提高,细胞膜修复,使种子内部的贮藏物质如淀粉快速水解,为胚的发育提供更多的原材料。

笔者用电场处理干的水稻种子对种子活力影响甚微,甚至有活力下降的趋势。这与朱冬雪、李一等人^[7-8]的实验结果不同。同样是用高压静电场处理水稻干种子,产生与前人实验结果不同,处理的材料和品种是其中一个原因。不同的材料对外加电场的敏感程度不同,Seichiro Isobe 用电场处理紫花苜蓿、莴苣、萝卜、胡萝卜和牵牛花种子,只有牵牛花种子对电场敏

感^[12]。但是 Seichiro Isobe 用电场处理干的牵牛花种子使种子发芽率降低了 50%, 通过用¹H - NMR 分析种子细胞中水的物理状态发现, 电场处理种子中更多的水被限制了在细胞中的流动, 由于电场限制了水分子的流动, 使种子中淀粉的降解受到抑制, 种子新陈代谢活动减慢。本实验中干的水稻种子含水量为 11.78%, 电场处理虽然没有显著降低种子活力, 但有些处理种子的活力指数小于对照, 可能是电场限制了种子中水分子的流动, 使种子代谢减慢。

参考文献:

- [1] 毕世春, 张慧. 电磁场在农业技术方面的应用[J]. 山东农业大学学报, 1995, 26(6): 246 - 248.
- [2] 于爱真, 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.
- [3] 胡希远, 雷天富. 高压静电场对谷子幼苗生长和穗部性状的影响[J]. 陕西农业科学, 1996, (2): 28 - 29.
- [4] 侯建华, 杨体强, 那日, 等. 电场处理油菜种子在于早胁迫下萌发及酶活性的变化[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(1): 40 - 44.
- [5] 蔡兴旺, 林昌华. 高压静电场处理对黄瓜种子发芽的影响[J]. 种子, 2002, (6): 16 - 17.
- [6] 李里特, 赵朝辉, 方胜. 高压静电场下黄瓜和豇豆的保鲜试验研究[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(6): 107 - 110.
- [7] 朱冬雪, 窦家本, 刘平. 不同静电场对水稻种子萌发吸水 and 幼苗根系活力的影响[J]. 贵州农业科学, 1997, 25(3): 38 - 40.
- [8] 李一, 叶家明. 高压静电场对水稻陈种生物学效应的研究[J]. 湖南农业大学学报, 1996, 22(5): 421 - 426.
- [9] 王斌, 蔡兴旺. 胡萝卜种子高压静电场生物效应试验研究[J]. 农机化研究, 2002, (4): 219 - 220.
- [10] MORAR R, MUNTEANU R, SIMION E, et al. Electrostatic Treatment of Bean Seeds[A]. Conference Record of the 1995 IEEE Industry Applications 30th IAS Annual Meeting[C]. Orlando: IEEE, 1995, 2: 1 335 - 1 337.
- [11] MOON J, CHUNG H. Acceleration of Germination of Tomato Seed by Applying AC Electric and Magnetic Fields[J]. Journal of Electrostatics, 2000, 48(1): 103 - 114.
- [12] SEIICHIRO I, NOBUAKI I, MIKA K, et al. Effect of Electric on Physical States of Cell-associated Water in Germinating Morning Glory Seeds Observed by ¹H - NMR[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 1999, 1 426(1): 17 - 31.
- [13] 方开泰. 均匀设计及均匀设计表[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [14] 高荣歧, 张春庆. 作物种子学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997.
- [15] 陈家森, 叶士景, 陈树德. 电场对水结构的影响[J]. 物理, 1995, (7): 424.
- [16] 白亚乡, 胡玉才. 高压静电场对农作物种子生物学效应原发机制的探讨[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 49 - 51.
- [17] 梁运章. 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.

Biological Effect of HVEF on the Dry and the Wet Rice Seeds

GAO Wei-na¹, WANG Gui-xue¹, LV Jiang², HUANG Jun-li¹, LI Jian², LIAO Rui-jin²

(1. College of Bioengineering;

2. Key Laboratory of High Voltage Engineering and Electrical New Technology Under the State Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The effect of the high electrostatic field (HVEF) on rice seeds was studied. The seeds included the dry seeds and the wet seeds which were sopped for 24 hours at 30°C before the HVEF treatment. The results show that the seeds finished imbibition and germinated after being sopped for 24 hours. The germination velocity, vigor index of wet seeds and the dry weight of seedlings are significantly increased after appropriate treatments. But HVEF slightly affect the seed vigor of the dry seeds, instead, the vigor of dry seeds decrease after treatment. The moisture content of the seeds highly affect the biological effects of HVEF on rice seeds.

Key words: rice seeds; high voltage electrostatic field; moisture content