

静电场对植物生长的生物效应研究

康敏 余登苑
(南京农业大学)

柳学平
(江苏省农科院)

陈平
(江苏省太仓市静电设备厂)

摘要 为了研究静电场对植物生长的影响以及更好地利用静电生物效应,设计了新型植物静电促长装置进行试验。结果显示,适宜静电场处理的小青菜和番茄,从出苗到成熟、收获的整个生育期,生物效应是显著的,经 10 kV 的正静电场处理,番茄出苗数增加了 30%,产量增加了 91.9%;小青菜出苗数增加 33.4%,产量增加 18.3%。并从能量观点探讨了静电生物效应的机理。
关键词 静电 生物效应 促长装置

应用静电场处理农业生物体,以期获得生物效应属边缘科学农业物理的研究范畴之一。研究表明^[1,2],对番茄生长点施以 18 kV 的静电场,离子的浓度为 14×10^6 个/cm³ 时,植株高度增加 12%,结果数增加 1.49 倍,产量增加 1.85 倍,结果期提前 5 天;应用适宜静电场处理不同作物种子,能促进种子萌发,增强种子活力 40% 左右,作物增产 5%~20%。可见静电场的生物效应是显著的,但是由于静电场对生物体作用的机理十分复杂,国内外至今尚未阐明,加之各研究者所用的处理方法不同,试验条件不一致,因此得出的最佳参数也难统一,致使该技术难以大面积推广应用。为探讨静电场促进作物生长的机理,更好地利用静电生物效应,本文给出了一种植物静电促长装置,并进行了试验。

1 试验设备及结果

1.1 试验设备

本装置的原理是通过静电场激活植物体内的生物能,改善同外界环境的物质交换来促进植物生长。如图 1 所示,植物的顶部安有一金属网电极,该电极与高压电源的正极输出端相连且与支架绝缘,地面构成另一电极,在地面与金属网间形成分布较为均匀的静电场,植物生长在该静电场中。在支架上装有升降调节杆,随植物的生长发育不同阶段,可调节金属网电极的高度,其上升高度连续可调。高压电源系一直流高压静电发生器,其输出电压在 0~+100 kV 或 0~-100 kV 的范围内连续可调,以适应不同植物。

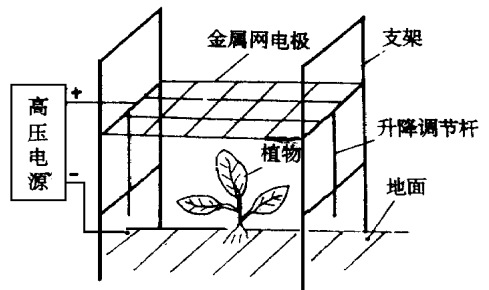


图 1 结构示意图

1.2 试验结果及分析

试验材料: 小青菜和番茄; **试验在江苏省农科院原子能所进行;** 试验苗床面积正静电场(上面金属网电极为正,地面为负,下同) 2 m², 负静电场(即上面金属网电极为负,地面为正,下同) 1.4 m²。播种后,每天通电 7 h,即上午 8:00~11:30,下午 14:00~17:30。4 月 14 日播种,小青菜 4 月 9 日出苗,番茄 4 月 22 日萌芽,4 月 25 日出苗。结果见表 1 和表 2。

收稿日期: 1998-03-16

康敏, 讲师, 南京市浦镇 南京农业大学农业工程学院 96 信箱, 210032



表 1 正负静电场处理小青菜生物效应比较 (品种: 中寰白)

测试项目	正静电场 (10 kV)	ck	与 ck 比增减 /%	负静电场 (3 kV)	ck	与 ck 比增减 /%
出苗数/个·m ⁻²	1567.5	1175.0	33.4	1700	1417.5	19.9
苗高/cm	16.7	12.7	31.4	11.3	12.7	-11.0
鲜重/kg·m ⁻²	4.92	4.33	13.6	2.83	4.46	-36.5
产重/kg·m ⁻²	8.33	7.04	18.3	4.67	4.79	-2.5

表 2 正负静电场处理番茄生物效应比较 (品种: 东农 704)

测试项目	日期 (月/日)	正静电场 (10 kV)	ck	与 ck 比增减 /%	负静电场 (3 kV)	ck	与 ck 比增减 /%
出苗/个·m ⁻²	5/6	1592.5	1225	30.0	1242.5	1067.5	16.4
株高/cm	5/6	10.0	7.7	29.8	8.7	9.7	-10.3
	5/17	20.1	17.5	14.8	18.1	18.1	0.0
	6/20	88.25	80.5	9.6	78.5	76.7	2.3
叶宽/cm	6/6	6.21	5.39	15.2	5.65	5.54	1.9
鲜重/kg·m ⁻²	6/10	2.29	1.63	40.4	1.13	1.88	-39.9
单株果数/个	7/13	12.6	6.83	84.4	9.25	7.42	24.6
单株产量/g	7/13	679.2	353.8	91.9	477.1	364.6	30.8

从表 1 可看出, 试验作物小青菜, 从出苗数、苗高、鲜重直至产量, 正静电处理不仅优于对照, 而且也优于负静电场, 生物效应和增产效果均达到极显著水平。表 2 说明, 番茄在正静电场条件下生长, 从出苗到产量优于对照达极显著水平, 极富应用前景。同时还可看出无论是小青菜还是番茄, 虽均有增产效应, 但整个生育期中正静电场也极显著优于负静电场。

2 静电促长机理的探讨

植物生长中, 比较长的时间处于静电场的影响下, 产生生物效应和增产效应的可能原因是:

1) 静电场能诱导 ATP 的形成 任何生物体的生长发育都离不开能量, 其生命活动过程中的初级能源是 ATP。研究表明^[1], 驱动植物体内初级能源 ATP 合成的动力 U , 除了光照下形成的质子梯度 ΔH_{hr} 和光照下所形成的膜内外电位差 ΔE_{hr} 外, 还有外加静电场所诱导的膜内外电位差的增加值 ΔE_{EF} , 即

$$U = \Delta H_{hr} + \Delta E_{EF} + \Delta E_{hr} \quad (1)$$

说明外加静电场能提高 ATP 合成的动力。

设生物膜厚为 δ , 细胞的半径为 a , 外加电场强度为 E_0 , 膜内与 E_0 方向成 θ 角处的电场强度为 $E(\theta)$, 则^[3]

$$E(\theta) = \frac{3}{2} \left(\frac{a}{\delta} \right) E_0 \cos \theta \quad (2)$$

这说明膜内的电场强度 $E(\theta)$ 是外电场强度的 $\frac{3}{2} \left(\frac{a}{\delta} \right) \cos \theta$ 倍。一个典型细胞的 a 值约为 3×10^{-4} cm, 而 δ 约为 30×10^{-8} cm, a/δ 约为 1000, 所以膜内电场的典型值, 要比外电场大 1000 倍。膜内外强大的电位差, 为 ATP 的合成提供了推动力。

由于静电场诱导了 ATP 的形成, 从而为酶的活化提供了能量基础, 加速酶的活化, 促进了植物的生长发育, 产生生物效应和增产效应。

2) 静电场能改善膜内外的通透性 细胞膜内外 i 物质的交换量可用扩散通量表示。如用势能梯度来近似描述, 促进 i 物质扩散通量的力, 在细胞膜内外液体压力梯度为零的情况下, i 不仅取决于膜两侧物质的浓度梯度 ($\frac{dC_i}{dx}$) 也取决于膜两侧的电位梯度 ($\frac{d\varphi}{dx}$)。鉴于生物膜具有选择吸收的功能, 考虑到主动传输过程的“泵运通量” J_p , 则膜两侧物质交换总的通量为^[3]

$$J_{\text{总}} = J_p - D_i \left(\frac{dC_i}{dx} + \frac{eZ_i}{K_B T} C_i \frac{d\varphi}{dx} \right)$$

式中 D_i —— i 物质的扩散常数; C_i —— i 物质的浓度, $\text{mol}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$; Z_i —— i 物质的离子价数; φ ——细胞膜两侧的电位差, V; e ——基本电量, $1.6022 \times 10^{-19} \text{C}$; K_B ——Boltzmann 常数, $1.3806 \times 10^{-23} \text{J/K}$; T ——绝对温度, K; x ——在 i 物质扩散方向轴上的坐标值, m。

从上式可看出, 由静电场产生的电位梯度所形成的电场力, 能提高扩散通量, 促进膜内外包括水、肥吸收, 气体交换在内的物质交换。另外, 泵运通量 J_p 的动力来自 ATP, 静电场所诱导的 ATP 含量增加有利于主动传输过程, 泵运通量 J_p 的增加使生物体新陈代谢旺盛, 有利于吸水吸肥种子早发, 提高生命活力, 故能增产。

如何解释正静电场生物效应优于负静电场, 电生理学说明当生物神经纤维处于去极化状态时, 会引起兴奋而产生动作电位, 处于超极化状态时则兴奋性降低甚至不产生兴奋, 并服从“全或无定律”。

3 结 论

1) 外加静电场可诱导植物体内 ATP 的形成, 为触发各种酶的“活化”及主动传输过程泵运通量的增加提供能量基础, 有利于作物同外界环境的物质交换, 新陈代谢旺盛, 故能促进作物的生长发育提高产量。

2) 利用静电场处理农业生物体, 不仅为静电在农业上的应用开拓了新领域, 亦为农业增产提供了新途径。本文所设计的植物静电处长装置结构简单、实施简易、成本低, 既适合于小面积试验研究, 又适合于塑料大棚或温室内大面积植物种植。

参 考 文 献

- 1 白希尧, 马文田, 刘慎言等 静电技术在农业中的应用 自然杂志, 1984, 7(12): 902~ 906
- 2 白希尧, 马安成, 阎文等 静电处理作物种子的生理生化研究 辽宁农业科学, 1987(5): 24~ 29
- 3 孙一源, 余登苑 农业生物力学及农业生物电磁学 北京: 中国农业出版社, 1996 50~ 473