

研究简报

高压静电场促进植物吸收离子机理的初步探讨*

温尚斌 马福荣 许守民 王锡录 赵晓亮

(东北师范大学分析测试中心, 长春 130024)

摘要 高压静电场下盆栽水萝卜、使用含 ^{32}P 培养液和由8种无机离子组成的培养液, 测试 ^{32}P 的放射强度分布和8种无机元素的分布, 结果在土壤和培养液上层 ^{32}P 的放射强度分别比对照高15.19%和63.73%, 下层分别比对照低18.39%和29.05%。静电场下生长在含 ^{32}P 土壤中的水萝卜叶片中 ^{32}P 放射强度比对照高66.57%, 而根部较对照低8.27%。在静电场作用下, 培养液中无机离子向电场的正极方向移动(上层), 而对照呈相反的分布趋势。这说明静电场促进植物对离子的吸收是与静电场作用下的离子移动有关。

关键词 静电场, 离子, 分布

静电场能刺激植物生长, 增强代谢活性^[1,5~8]并能促进根部对离子的吸收^[2,7]。曾有人提出静电场可提高根部的呼吸活性, 使根际的 HCO_3^- 的生成量增多, 因而对根系吸收溶解在土壤中的离子起促进作用^[7,9]。但静电场为何能促进植物对离子的吸收至今无圆满解释。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 种植于盆($\Phi 25\text{ cm}$)中的水萝卜(*Radish* L.), 4叶期时用作实验材料。

1.1.2 配制 1.0 mCi/L 的 $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ 水溶液, 用长针管插入水萝卜一侧 3 cm 处的土壤中, 距离土表 20 cm 处向上每隔 3 cm 注入 2 ml $\text{NaH}_2^{32}\text{PO}_4$ 溶液, 注射3个点, 做为含有 ^{32}P 的土壤; 未种水萝卜的盆土也做同样处理, 做对照。

1.1.3 将上述 ^{32}P 水溶液稀释2倍, 盛于深烧杯中, 待用。

1.1.4 配制含 $\text{K } 3\text{ mg/L}$ 、 $\text{Na } 9\text{ mg/L}$ 、 $\text{Ca } 1.5\text{ mg/L}$ 、 $\text{Mg } 0.25\text{ mg/L}$ 、 $\text{Zn } 3.5\text{ mg/L}$ 、 $\text{Fe } 0.05\text{ mg/L}$ 、 $\text{Cu } 1.0\text{ mg/L}$ 和 $\text{P } 1.0\text{ mg/L}$ 的培养液, 分两组盛于烧杯中。

上述各组分处理组和对照组, 每组2至3个重复。

1.2 正高压静电场处理

处理组所施加的电场强度都为 75 kV/m , 每天处理 4 h , 共处理 7 d 。对照组不加电场, 其它条件均与处理组相同。

1.3 无机元素分布及放射性强度测定

1.3.1 无机元素的分布测定: 取上层(距水表面 5 cm)和下层(距水表面 15 cm)的水溶液, 经定量稀释后, 用美国 P-E 公司的 P-E 3030 原子吸收分光光度计测定各元素的含量。

1.3.2 ^{32}P 放射强度的测定: 取水 and 土壤上下层(分别距表面 5 cm 和 15 cm)的样品, 土壤样品要经水溶解后过滤定容, 分别取其中 0.1 ml 于闪烁瓶中加入 5 ml 闪烁液(二甲苯: $\text{PPO} : \text{POPOP} : \text{Triton X-100} = 1000\text{ ml} : 5\text{ g} : 0.2\text{ g} : 300\text{ ml}$), 于美国 PACKARD 公司的 TRI-CARB 2000CA 型液体闪烁分析仪上测定 ^{32}P 的 cpm 值。

1.3.3 植物组织中 ^{32}P 的测定: 取第4新叶 0.25 g , 装入闪烁瓶中, 加适量高氯酸及 H_2O_2

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1994-08-09, 修回日期: 1994-11-09

氧化一昼夜, 然后加入闪烁液, 同上法测定 ^{32}P cpm 值。

2 结果与分析

2.1 静电场下 ^{32}P 在植物体中的分布

在适宜的静电场作用下, 植物对土壤中的 ^{32}P 离子的吸收比对照明显增高, 主要表现在地上部分 ^{32}P 的积累明显高于对照, 而植物地下部分的 ^{32}P 含量却比对照有所减少 (表1)。

表1 高压静电场 (75 kV/m) 下 ^{32}P 在植物体内的分布

cpm · g ⁻¹ · FW			
	处理组	对照组	增长率/%
叶片	5.73 × 10 ⁴	3.44 × 10 ⁴	66.57
根	5.55 × 10 ³	6.05 × 10 ³	-8.27

上述结果表明, 静电场确实促进了植物地上部分对离子的吸收。为了揭示促进作用的机理, 我们做了以下实验。

2.2 静电场下离子在培养液中的分布

由静电场处理过的培养液, 8种主要离子在上下水层的分布与对照的分布状态恰好相反; 在对照中, 离水面5 cm的上层水中和离水面15 cm的下层水中8种离子均表现上层含量少而下层含量多的趋势; 而处理组却呈现出上层多而下层少的趋势 (表2)。这说明在静电场作用下, 水溶液中的离子趋于向电场的正极移动。

表2 高压静电场 (75 kV/m) 下离子在培养液中的分布

		mg/L							
		K	Na	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	P
对照	上层	0.960	4.380	0.433	0.064	1.490	0.026	0.403	0.502
	下层	1.510	4.670	0.960	0.117	1.920	0.030	0.547	0.468
处理	上层	1.510	4.830	0.990	0.268	1.790	0.031	1.070	0.597
	下层	1.340	3.900	0.618	0.115	1.650	0.021	0.730	0.501

2.3 静电场下 ^{32}P 在水溶液中的分布

为了更确切地揭示静电场中离子的分布趋势, 我们用 ^{32}P 做为离子源溶入溶液中, 在静电

场处理后, 分别测定溶液上层和下层 ^{32}P 的cpm值, 同样条件下无电场处理的做为对照, 结果列于表3。

表3 高压静电场 (75 kV/m) 下水溶液中 ^{32}P 的分布

cpm			
	处 理	对 照	增长率/%
上层	44085	26956	63.73
下层	46996	66239	-29.05

从上表可看出, 静电场中上层水溶液中的 ^{32}P 比对照组高63.73%, 而下层水溶液中 ^{32}P 比对照组低29.05%。这说明静电场确能使溶液中的离子向电场的正极移动。

2.4 静电场下 ^{32}P 在土壤中的分布

水溶液中各种离子及 ^{32}P 基本上是以离子状态存在, 因而静电场对离子的影响较少受其它因素的干扰, 但离子在土壤中的存在状态较复杂, 土壤胶粒对离子也有吸附等作用, 故了解静电场下离子在土壤中的分布对了解静电场对离子分布影响的程度是有意义的。表4表明, 静电场下土壤中的 ^{32}P 分布与水溶液中的 ^{32}P 分布相似, 也是上层的比对照高 (56.19%), 下层的比对照低 (18.39%), 这说明, 土壤环境虽在一定程度上有阻碍离子上移的作用, 但静电场的促进作用仍是十分强烈的。

表4 高压静电场 (75 kV/m) 下 ^{32}P 在土壤中的分布

cpm · g ⁻¹ · DW			
	处 理	对 照	增长率/%
上层	1.89 × 10 ³	1.21 × 10 ³	56.19
下层	0.87 × 10 ³	1.03 × 10 ³	-18.39

总之, 静电场可使土壤中的离子向上移动, 促使植物更有效地吸收离子, 因而能促进植物生长并增产。

3 讨 论

无机离子在植物体内的作用是很重要的, 其中P、K、Mg等是光合作用中酶的调节和激

活剂, Mg 和 Fe 则是色素分子合成必不可少的元素, Mn 是光合作用光反应所必需的. 因而, 静电场促进植物吸收离子对促进植物生长尤为重要.

静电生物工作者已在以下几方面进行了较深入研究: 静电场增加酶的活性^[1,5], 促进种子及幼苗活力^[3,4], 提高活性蛋白含量及光合活性^[1], 影响生物自由基的活动^[5]及呼吸^[9]等. 除此之外, 我们还注意到了正高压静电场促进了植物对无机离子的吸收^[2]. 本文通过测定静电场下放射性同位素³²P 和其它 8 种无机离子在植物体与生长环境中的分布, 证明了静电场确能促进植物对离子的吸收, 并为静电场的作用机理提供了佐证.

静电场促进植物吸收离子的机理可从以下几方面加以解释:

a. 由于静电场的作用, 使植物根呼吸速率增大, 根部放出 CO₂ 增多, CO₂ 和 H₂O 结合而产生 H⁺ 和 HCO₃⁻, 由于 H⁺ 浓度的增加, 使 H⁺ 与土壤中的阳离子交换的速率增大, 因此, 植物吸收离子的量增加^[2].

b. 在静电库仑力的作用下, 溶液中游离的阳离子容易与阴离子结合成电偶极子, 电偶极子在高压静电场作用下向电场的正极方向移动, 结果使靠近土壤表面部分的阳离子浓度增加, 因而水萝卜根部吸收阳离子增多. 同样的道理, 在高压静电场作用下, 使得植物维管组织内阳离子与阴离子构成的电偶极子向高压静电场的正极方向移动, 结果导致植物地上部分吸收和积累了更多的阳离子.

c. 静电场刺激了水萝卜根的活性, 促使其对离子吸收增强.

我们认为, 以上 3 个方面是静电场促进植物吸收阳离子的主要原因. 关于阴离子在植物体内和在土壤或溶液上层的增多可能与阴离子向电场的正极移动有关, 这一问题有待进一步研究.

参 考 文 献

1 马福荣, 许守民, 温尚斌等. 东北师范大学学报 (自然科

学版), 1991; (4): 53

- 2 马福荣, 温尚斌, 许守民等. 生物物理学报, 1993; (1): 174
- 3 白希尧, 马文田, 李晓玲等. 自然杂志, 1984; (12): 902
- 4 贝时章. 大自然探索, 1984; (4): 13
- 5 阎立. 1988 年北京国际静电会议论文集: 481
- 6 島山英雄. 野外植物の生体電位. 静電気学会, 1982; 6 (5): 276
- 7 重光司. 電界の植物への効果. 静電気学会, 1987; 11 (6): 431
- 8 Krueger A P, Sturbbe A E, Yolt M G *et al.* J Biometeor, 1978; (22): 210
- 9 Sidaway G H, Aspry A E. Int J Biometeor, 1968; (12): 321

The Mechanism of Ion Absorption Stimulated by the High Voltage Electrostatic Field. Wen Shangbin, Ma Furong, Xu Shoumin, Wang Xilu, Zhao Xiaoliang (*The Center of Analysis and Testing, Northeast Normal University, Changchun 130024, China*).

Abstract Under the high voltage electrostatic field (HVEF), radishes were planted in the cultural solution containing ³²P and eight kinds of inorganic ions. The analytic results of the distribution of ³²P and ions showed that the radiation intensities of ³²P in the upper layer of soil and cultural solution were 15.19% and 63.13% higher than that of the control group, but in the lower layer were 18.39% and 29.05% lower than that of control group respectively. The ³²P intensity in radish leaf was 66.57% higher than that in control leaf, but in root it was 8.27% less than that in control one. Also, the cations in the cultural solution under HVEF tended to move to upper layer of the solution, while those in control one tended to distribute to lower layer. Results indicate that the promoting effects of HVEF on ion absorption of the plant (up ground parts) are related to the upward movement of cations under the HVEF.

Key words electrostatic field, cation, distribution