

γ 射线对叶组织电阻变化的影响及动态分析

罗时石 王泽港 冯 敏 马 飞 葛才林

(扬州大学农学院 扬州 225009)

摘要 测试了水稻和烟草两种叶片经不同剂量的 ^{60}Co γ 射线辐照处理后, 组织电阻及离子外渗的动态变化情况。研究表明: 当超过一定的剂量阈值后, 随着辐照剂量的增加, 两种植物的叶组织电阻均呈现先上升、后下降的变化规律; 叶组织电阻的改变与离子外渗的变化趋势并不一致; 用测量叶组织电阻的方法可以较灵敏地体现出植物对 γ 射线的动态反应情况。运用电生理学的基础理论对上述生理现象的产生原因从机理上进行了分析与探讨。

关键词 γ 射线, 叶组织电阻, 离子外渗, 生物膜

中图分类号 S 124

外界不良因素常引起植物不同程度的伤害, 各种逆境引起的植物伤害, 需要有早期诊断和定量的方法, 各种植物对逆境抗性的强弱也需要有一种衡量的标准。在逆境条件下, 叶组织电阻的变化很早就引起了众多研究者的注意, 先后在植物的低温伤害、抗寒性、病害和抗病性、对二氧化硫的反应和抗性以及在植物的热害等方面进行了研究^[1-4]。

电离辐射目前已广泛地应用于工、农、医等各个领域。电离辐射作用于生物体可能会造成组织或器官的损伤, 因而表现出各种各样的生物学效应。电离辐射对植物体的影响以及植物对电离辐射的抗性方面均需要有一种能灵敏、早期、及时诊断的方法。与其它方法相比, 测量植物组织电阻的方法具有指标灵敏、快速、非破坏性等特点, 但目前却尚少见国内、外有关研究电离辐射与植物组织电阻这方面的报道。为了探索上述规律, 我们在 γ 射线对叶组织电阻变化的影响方面进行了初步的研究, 并与离子外渗测定结果进行了比较。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用水稻 (*Oryza sativa* L.) (镇稻二号) 和烟草 (*Nicotiana tabacum* L.) (革新) 两种植物。叶片的选择均采用倒数第二张叶片, 对每一种植物叶片的测试均按离体和活体两种方法进行。

1.1.1 离体叶片 对取下的叶片进行剪切, 水稻叶片截成 8 cm, 烟草叶片剪取其中部侧脉之间 1 cm 宽、8 cm 长的组织, 放置于有机玻璃盒中 (我们选

用计算机 3.5" 软盘的外包装盒), 盒内预先平铺两层吸水纸, 并加入蒸馏水, 以保证叶片的新鲜度, 对选用的材料及时进行辐照处理。

1.1.2 活体测定 选用直径 20cm、高 20cm 的塑料盆钵, 每钵种植水稻两穴或烟草一株, 处理时将盆钵移入辐照室内, 辐照后直接在选取的植株叶片上进行测量。

1.2 试验方法

1.2.1 辐照处理 辐照在扬州大学农学院钴辐照中心进行, 钴辐照室装源容量为 2.96 PBq, 本试验样品处理剂量率为 30 Gy/min。为尽可能减少电离辐射产生的臭氧对植物细胞膜的功能产生影响, 在辐照处理时, 全程进行辐照室内的空气更新。

1.2.2 组织电阻的测定 组织电阻的测定采用张宪政等^[5]的方法进行: 将两枝内阻接近的甘汞电极与 M890D 数字式万用电表连用进行测定。测量时, 两电极下端的中心相距 10mm, 用甘汞电极直接测定时, 为防止 KCl 液渗出的干扰和保证电极与叶片接触良好, 将滤纸剪成 3mm×3mm 的小方块放入盛有蒸馏水的培养皿中, 测定时把叶片放在泡沫塑料块上, 用镊子夹取两片湿滤纸块平行主脉放在叶片主脉一侧, 将两电极平稳地接触在湿滤纸块上。在和万用表连用测定时, 由于测量值有一稳定过程, 所以统一准确读取一分钟时的测量值。

由于叶片横截面积对叶片组织电阻的测量结果影响较大, 试验时考虑到供试材料叶片的厚薄不一, 横截面积难以确定, 为消除由于上述因素给试验带

第一作者: 罗时石, 男, 1949 年出生, 1982 年毕业于江苏农学院, 生物物理专业, 教授

收稿日期: 2002-11-12, 修回日期: 2003-04-23

来的误差，试验时对每一重复的电阻测定均选择在叶片的相近部位进行。测量结果采用相对值表示，相对值即同一材料经处理后叶片组织电阻值占初始值的百分比。

1.2.3 叶片离子外渗电导值的测定 离子外渗的测定根据《植物生理实验手册》中的有关方法^[6]，测量仪器为 DDS-11A 电导率仪。

2 结果与分析

2.1 温度对测量结果的影响试验

将条状湿滤纸置于泡沫塑料块上，两支甘汞电

极平稳地接触在湿滤纸上，并置于数控式烘箱中，电极通过引线与烘箱外的万用电表相连。在烘箱加温的过程中，记录下阻值的变化情况。测量结果见表 1。

从表 1 中可以看出，随着温度的升高，测量电阻值呈现逐步下降的趋势，在试验范围内当温度从 25℃上升至 50℃时，测量电阻值已下降至原有电阻值的 70%左右。为了避免温度对测量结果带来较大的误差，在测量时必须对测量温度加以控制。在本试验中对所有的叶片组织电阻的测量工作均控制在同一的室温条件下。

表 1 不同温度对电阻值测量结果的影响

Table 1 The effect of temperature on electrical resistance

试验温度 Temperature / °C	25	30	35	40	45	50	55
电阻值 Resistance / kΩ	3.83±0.07	3.70±0.11	3.57±0.05	3.33±0.10	3.03±0.03	2.78±0.08	2.44±0.12

2.2 叶组织电阻对辐照剂量的动态响应

将供试材料放入辐照室内进行不同剂量的辐照处理，待达到所需剂量时立即进行叶组织电阻的测量，测量结果见表 2。

从表 2 可以看出在处理叶组织电阻的动态变化规律：在初始阶段，随着辐照剂量的升高，叶组织的电阻逐步增大，并达到最大值；然后随着辐

照剂量的增加，叶组织电阻反而呈下降的趋势。水稻叶片的叶组织电阻在辐照剂量为 0.7 kGy 时达到最大值，辐照剂量为 3 kGy 时，水稻叶组织电阻已低于正常值。用烟草叶片进行类似的试验，叶组织电阻的变化趋势与水稻相同，但最大电阻值出现时的辐照剂量有所不同。从表 2 也可以看出，对同一种植物，活体材料与离体叶片的测量数据之间无显著差异。

表 2 不同辐照剂量处理后叶组织电阻动态变化率

Table 2 Dynamic change rate of resistance of leaf tissue for different radiation dose

(%)

辐照剂量 Radiation dose / kGy	水稻 Rice		烟草 Tobacco	
	活体叶片 Live leaf	离体叶片 Separated leaf	活体叶片 Live leaf	离体叶片 Separated leaf
对照组 Control	100	100	100	100
0.1	136	136	140	142
0.4	163	162	156	150
0.7	177	176	143	146
1.0	156	155	118	114
1.3	139	140	102	108
1.6	120	118	95	92
1.9	110	108	87	89
2.2	103	110	80	77
2.6	97	93	73	71
3.0	85	87	62	66
4.0	70	66	53	51
5.0	65	62	47	44

2.3 叶片组织电阻与组织离子渗出液测定结果之间的相互比较

叶片组织电阻与组织离子渗出液测定结果如图1、图2所示。从图1中可以看出,无论是水稻还是烟草的叶片,其组织电阻在电离辐射的作用下均呈现出先上升、后下降的动态变化趋势,但不同植物的反应存在着差异。从图2中可以看出叶片离子外渗透随辐照剂量增加而变化的情况,在剂量较低的情况下电导率变化不大,只有当剂量超过某一较高值时电导率才开始迅速升高。电阻法与电导法的理论基础是同源的,都是建立在测定细胞原生质膜透性变化的基础上的,文献[3]将上述两种方法统称为电解法。但两者相比离子外渗的变化显然落后于膜电阻的变化。

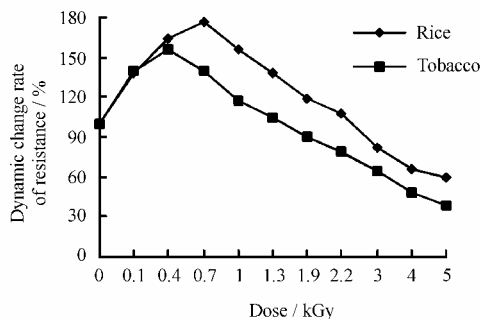


图1 不同辐照剂量对水稻和烟草叶片电阻的影响

Fig.1 Effect of radiation dose on electrical resistance of rice and tobacco leaf tissue

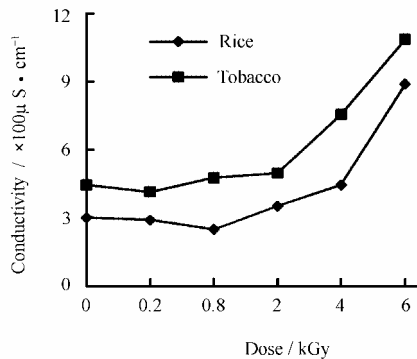


图2 不同辐照剂量对水稻叶片电导率的影响

Fig.2 Effect of radiation dose on conductivity of rice leaves

2.4 叶片组织电阻动态变化的机理分析

植物器官或组织是由许多形状不一、大小不等的细胞组成的,细胞的外周膜(质膜)和内膜系统统称为“生物膜”。质膜是细胞与外界的分界面,它保障着细胞内部成分的稳定,抵制着外界不相干物

质的侵入,质膜能有选择地允许某些离子(如 K^+)的进入与排出,它还能够利用代谢中释放的能量抗浓度梯度做功(离子泵与胞吞现象),把某些物质(其中有电解质和有机溶质)主动地吸收进来和累积在细胞内部,或是将内部产物主动地分泌或排泄到外界去。在正常情况下,植物细胞内部累积的离子浓度可比外界高几十倍,其中主要是 K^+ ,质膜内外具有 K^+ 的浓度差。

细胞与细胞之间则靠大量纤细的胞间连丝来进行必要的联络,胞间连丝是细胞间离子转移与电流的有效通道。

植物组织的电学性质可用图3所示的等效回路来表示^[4]。图3中 r_0 表示质外体电阻; r_i 表示胞内电阻; r_m 表示膜电阻; r_{pd} 表示胞间连丝电阻。

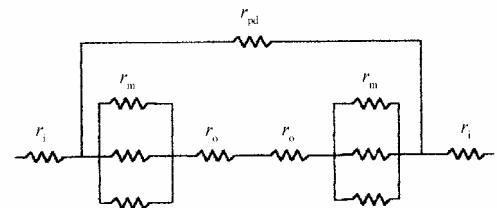


图3 植物组织的等效电阻电路图

Fig.3 The equivalent resistance circuit diagram of plant tissue

由图3可知:决定植物组织电阻的因素有质外体电阻、胞内电阻、膜电阻和胞间连丝电阻。平时膜电阻、膜电容、膜电位以及胞内电阻是处在动态平衡中,一旦细胞的正常活动受到干扰与阻碍,首当其冲的就是胞膜的选择透性,常表现为膜电阻的变化、电解质的外渗与膜电位的降低。

按照现代放射生物学的观点,脱氧核糖核酸(DNA)和生物膜是射线作用的靶,是引起细胞一系列生理生化变化的关键。射线能量的吸收和传递可导致生物分子的激发和电离,使膜结构的有序性、方向性和协调性等遭到破坏,从而对上述的生理功能产生深刻的影响。

应用上述理论对本试验结果进行分析后可以认为,当 γ 射线作用于植物叶片时,首先引起膜的结构变化,在初始阶段,叶组织的电阻受激增高,造成叶组织电阻升高的原因有膜的去极化、致密化和原生质连丝的收缩^[4]。

随着辐照剂量的增加,叶组织电阻呈下降趋势,离子外渗液增加,这主要是由于在射线的作用下导致膜结构的破坏,使膜电阻转而下降,同时又因差别透性的破坏而使离子大量外渗,造成细胞壁及间隙液局部离子浓度增加,降低了质外体电阻。膜电阻的下降与质外体电阻的下降是平行发生的。

3 结论

两种植物的叶片经不同剂量的 ^{60}Co γ 射线辐照处理后, 组织电阻均呈现先上升、后下降的单峰变化规律; 这种变化规律在其它一些逆境条件下也有类似的现象^[1-3], 组织电阻在低剂量照射时的这种上升现象可能是植物对逆境条件的一种适应性反应。

从水稻和烟草叶片组织电阻的测定数据中可以看出, 不同植物对 γ 辐射的动态响应存在着差异, 这可能与植物的细胞结构组成以及生理生化等因素有关。

离子外渗的测定结果表明, 在低剂量照射时, 电导率无明显变化, 只有在剂量较高时才有显著变化, 说明电导率对电离辐射的反应比较滞后, 而组织电阻则能较早地对电离辐射作出反应。

参考文献

- 1 余叔文, 谭常, 杨惠东, 等. 植物生理学报, 1979, (5): 403—409
YU Shuwen, TAN Chang, YANG Huidong, *et al.* Acta
- 2 余叔文, 谭常, 杨惠东, 等. 植物学报, 1984, 26(4): 397—404
YU Shuwen, TAN Chang, YANG Huidong, *et al.* Acta Botanica Sinica, 1984, 26(4): 397—404
- 3 成明昊, 李恩生, 朱丹. 园艺学报, 1982, 9(4): 11—18
CHENG Minghao, LI Ensheng, ZHU Dan. Acta Horticulturae Sinica, 1982, 9(4): 11—18
- 4 祝宗岭, 何建刚, 姜成后. 植物生理学通讯, 1982, (1): 54—58
ZHU Zongling, HE Jiangang, LOU Chenghou. Plant Physiology Communications, 1982, (1): 54—58
- 5 张宪政, 吴畏, 杨家书, 等. 植物生理学通讯, 1986, (6): 57—58
ZHANG Xianzheng, WU Wei, YANG Jiashu, *et al.* Plant Physiology Communications, 1986, (6): 57—58
- 6 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 67—70
Shanghai Plant Physiology Academy. The guide of plant physiology experiment. Shanghai: Shanghai Science and Technique Press, 1985. 67—70

Influence of γ -ray on leaf tissue electrical resistance and its dynamic analysis

LUO Shishi WANG Zegang FENG Min MA Fei GE Cailin

(Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009)

Abstract Leaves of rice and tobacco were irradiated by γ -ray, and the dynamic change of electrical resistance and ion leakage of leaf tissue was studied. It is shown that, with the radiation dose rising, the leaf tissue electrical resistance for both plants rises firstly, and when the radiation dose exceeds a certain value, the resistance declines. But this change rule is different from the rule for ion leakage. And the method of measuring electrical resistance of leaf tissue can reveal the γ -ray's influence on plant more sensitively.

Key words γ -ray, Leaf tissue electrical resistance, Ion leakage, Biomembrane

CLC S124