

离子注入对桉树苗期叶性状的影响

李光友, 徐建民, 白嘉雨, 陆钊华, 王伟, 陈儒香 (中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520)

摘要 [目的] 为离子注入生物工程在树木改良研究上提供新的途径。[方法] 按 10^{14} 和 $10^{15} \text{N}^+/\text{cm}^2$ 2 种剂量处理分别对 16 个桉树家系的种子进行离子注入, 观察注入后苗木的生长情况。[结果] 不同家系叶样的湿、干重均达到极显著差异, 不同处理的叶干重达到显著差异; 桉树的叶长、宽和叶面积在各家系之间达到极显著差异; 4 个叶指标(叶体积、叶内体积、叶比重和空隙率)在家系和处理间均达到极显著差异; 4 个叶生理指标除单株叶含水率 LWC 在处理间差异不明显外, 其他(RWC、RWD 和 EC)均达到极显著差异, 说明不同家系的生理状况和抗性能力有差异。[结论] 离子注入可引起桉树叶结构的变化; 通过选择和离子注入处理可获得抗性强的桉树家系/无性系。

关键词 离子注入; 桉树; 苗期生长; 叶性状

中图分类号 S718.43 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)08-03223-03

Studies on Effect of Ion Implantation on Leaf Traits of Eucalyptus during Seedling Stage

LI Guang-you et al (Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520)

Abstract [Objective] The research aimed to provide new approach for study on tree improvement through ion implantation bioengineering. [Method] The seeds of 16 families of Eucalyptus were implanted N^+ ions at two doses of 10^{14} and $10^{15} \text{N}^+/\text{cm}^2$, resp. and the growth status of the seedling were observed after ion implantation. [Result] The wet and the dry weight of leaf sample all had extremely significant differences among families and dry weight of leaf had extremely significant differences among treatments. The leaf length and the width and leaf area had extremely significant differences among families. 4 leaf indexes including the leaf volume, the inside volume, the specific gravity, the ratio of interspaces all reached extremely significant differences among families and between treatments. 4 physiological index of leaf including RWC (relative water content), RWD (relative water deficit), EC (relative electricity conductance) and LWC (leaf water content per tree) all reached extremely significant differences expect that LWC had little difference between treatments, showing that there were some difference on physiological status and resistance ability among families. [Conclusion] The ion implantation could induce the change of leaf structure and the elite families/clones can be selected through selection and ion implantation.

Key words Ion implantation; Eucalyptus; Growth in seedling stage; Leaf traits

桉树因其速生而成为我国南方短周期工业用材林主要造林树种之一。为满足速生林基地建设对木材的需求, 需要提高桉树的各种抗性, 如抗寒性、耐旱性等。利用适应性强的尾叶桉和巨桉为亲本, 研究亲本及其子代种质资源的抗性, 是提高桉树适应能力的根本途径。因此, 准确评价桉树家系及其子代以及经过离子注入处理后桉树的抗性显得十分重要。

离子注入技术已经在植物和微生物的诱变育种^[1]中得到广泛应用, 并取得了较好的经济和社会效益。研究表明^[2]: 离子束注入植物体内, 可刺激生长、提高产量、改进品质, 还可促进植物染色体变异, 为植物新品种选育提供更加丰富

的遗传资源。

植物的抗性指标大部分是通过测定叶结构和内含物而确定的^[3], 选择对逆境反应敏感的叶器官来研究, 有助于直接了解植物的生长、形态和生理特征, 为快速获得目的品种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料 离子注入共 16 个家系, 包括 15 个相同剂量和 1 个低剂量注入家系, 各家系的对照家系有 15 个。所有尾叶桉家系均采自中国林业科学院热带林业研究所授粉园内自由授粉和控制授粉的种子。参试家系、来自种源和种源原产地概况见表 1。15 号家系及其对照(30 号)为巨桉自由授

表 1 参试子代种源/家系号原产地与试验号对照
Table 1 Comparison between the tested progeny seed source/ origin places of family number and test numbers

离子注入家系 Ion implantation family	对照家系 CK Control family	种源批号 Batch number of seed source	原产地 Origin places	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔 Altitude m	
14	29	13010	Ulanu R.	IND	8°20'S	124°27'E	700
0、1	16	14532	MT. Lewotobii	IND	8°31'S	122°45'E	398
2、4	17、19	14533	Flores Island	IND	8°31'S	122°45'E	340
3、5	18、20	14534	Mt. Egon	IND	8°38'S	122°27'E	500
6-13	21-28	17568	Mt. Egon Flores	IND	8°38'S	122°27'E	450
15	30	18273	Wedding Bells SF	U.S	30°10'N	153°07'E	100

注: 0 和 1 号家系相同, 前者注入小剂量离子, 后者注入大剂量离子, 16 号为 0 和 1 号的对照家系。

Note: 0 and 1 had the same family. The former was implanted by low dose ion, and the latter by high dose ion. No. 16 was the control family of both No. 0 and No.1.

粉家系, 其他为尾叶桉自由授粉或控制授粉家系。

1.2 离子注入 离子注入在北京师范大学低能核物理研究所内进行。将桉树种子贴在金属片上, 均匀分布, 在离子注入机上进行注入。注入离子为 N^+ , 能量 30 keV, 2 种剂量, 分别为 10^{14} 和 $10^{15} \text{N}^+/\text{cm}^2$ 。试验中仅 0 号家系采用了低剂量, 1-15 号家系注入剂量相同, 均为高剂量。未注入种子为对照。

基金项目 广东省自然科学基金资助项目(05004910); “十一五”国家科技攻关项目子课题(2006BAD01A15); 中国林业科学院热带林业研究所中央级公益性科研院所基本业务费资助项目(200708)。

作者简介 李光友(1970-), 男, 重庆开县人, 在读博士生, 助理研究员, 从事热带林木培育研究。

收稿日期 2007-11-25

1.3 方法

1.3.1 播种。经离子注入后的桉树家系种子及对照,于 2005 年 10 月播种于营养盘中。

1.3.2 生长情况观察与记录。于播种后 30 d 内多次调查萌发情况;50 d 左右移入营养杯(正面宽 10 cm、侧面宽 8 cm、高 10 cm)并于 10~12 月调查生长情况,包括测定叶长和宽(苗第 2、3 对展开叶,从上往下)、样株(随机选取)叶湿干重、叶结构、电导率等。按文献[4]的方法计算各性状的损伤度。

1.3.3 叶片结构的测定。采用钟广炎改进的浮力法^[5]测定叶片相关体积包含叶体积、叶内体积和空隙率^[6]等。

1.3.4 叶面积和电导率的测定。采用拟合公式^[7]计算叶面积;采用改良李锦树方法^[8]测定活叶电导率(R)和经高温致死的叶片电导率(R₁),计算相对电导率(EC)。

1.3.5 数据处理。用 SAS 软件进行统计和方差分析^[9-10]。

2 结果与分析

2.1 离子注入对叶重量的影响 对注入及对照共 31 个家

系的叶样(第 2、3 对展开叶)和全株叶的干湿重进行方差分析,结果见表 2。试验包括 2 种种子处理方式,即离子注入与不注入(对照)。由表 2 可见,不同家系之间的叶样湿、干重均达到极显著差异;不同处理间的叶干重达到显著差异;其他性状在家系、处理和区组之间不存在差异。分析结果表明:叶样干湿重在不同家系、叶样干重在处理间存在一定分化和差异,可以通过该性状的选择获得优良家系。

对不同家系叶样干湿重进行排序,叶样干重前 3 名分别是 10、3、4 号家系,分别达 0.39、0.37、0.36 g,0 号家系最低,叶样干重达 0.20 g,前 3 名家系的叶样干重分别是 0 号家系的 195%、185%、180%;叶样湿重前 3 名为 4、3、10 号家系,分别达 1.52、1.52、1.40 g,0 号家系叶样湿重最低,达 0.87 g,前 3 名家系的叶样湿重分别是 0 号家系叶样湿重的 174%、174%、160%;单株叶湿重前 3 名为 10、3、5 号家系,分别达 6.26、5.83、5.63 g,0 号家系单株叶湿重最低,达 3.31 g,前 3 名家系的叶样湿重分别是 0 号家系叶样湿重的

表 2 不同家系叶样干湿重和全株叶干湿重性状方差分析
Table 2 Variance analysis of dry and wet weight properties of leaf sample and whole-plant leaves of different families

变异来源 Variation source	自由度 Degree of freedom	F 值 F value				概率 P 值 Probability P value			
		叶样湿重 Wet weight of leaf sample	叶样干重 Dry weight of leaf sample	株叶湿重 Wet weight of plant leaves	株叶干重 Dry weight of plant leaves	叶样湿重 Wet weight of leaf sample	叶样干重 Dry weight of leaf sample	株叶湿重 Wet weight of plant leaves	株叶干重 Dry weight of plant leaves
家系 Family	15	2.58**	3.54**	1.25	1.30	0.001 2	0.000 1	0.230 8	0.199 9
处理 Treatment	1	2.71	5.49*	0.31	0.06	0.100 5	0.019 8	0.581 0	0.812 7
区组 Block	9	0.97	0.93	1.22	1.30	0.466 8	0.503 4	0.280 3	0.238 3

注:**表示 0.01 极显著,*表示 0.05 显著;P 表示接受零假设的概率 P 值,当概率 P<0.05 时,拒绝零假设,表示差异显著。下表同。

Note:** means significant differences at 0.01; * means significant differences at 0.05. P stands for the probability P value of null hypothesis acceptance. Null hypothesis is refused when probability P<0.05, which means significant differences. The same as follows.

189%、176%、170%;单株叶干重前 3 名为 10、5、3 号家系,分别达 1.82、1.79、1.69 g,0 号家系单株叶干重仍最低,达 0.82 g,前 3 名家系的单株叶干重是 0 号家系叶干重的 222%、218%、206%。

对不同处理叶样干湿重进行分析,离子注入家系的平均叶样干重达到 0.28 g,是对照家系平均值的 89.16%;离子注入家系的平均叶样湿重达 1.10 g,是对照家系的 91.80%;

离子注入家系平均单株叶干、湿重达到 1.38 和 4.68 g,分别是对照值的 98.12%和 96.14%;离子注入家系平均叶样干重超过对照的家系只有 0、1、11 和 15 号,其家系平均叶样干重的变异幅度分别为(0.28±0.12)、(0.36±0.23)、(0.33±0.07)和(0.27±0.09)g。以上分析说明离子注入对不同家系叶重量的影响结果不同,既有损伤作用也有促进作用。

2.2 离子注入对叶面积及叶损伤度的影响 对离子注入和

表 3 不同家系叶长、宽和叶面积性状方差分析
Table 3 Variance analysis of leaf length, leaf width and leaf area properties of different families

变异来源 Variation source	自由度 df Degree of freedom	F 值 F value			概率 P 值 Probability P value		
		叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	叶面积 Leaf area	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	叶面积 Leaf area
家系 Family	15	4.45**	3.12**	2.68**	0.000 1	0.000 1	0.000 7
处理 Treatment	1	2.51	0.25	1.00	0.114 3	0.616 3	0.319 0
区组 Block	9	1.03	1.21	1.14	0.418 5	0.287 2	0.334 6

对照家系苗期叶片测定长、宽和计算叶面积,并对数据进行方差分析和显著性检验(Duncan's 检验,下同),结果见表 3。

由表 3 可见,叶长、叶宽和叶面积在各家系之间均达到极显著差异,而在处理和区组间未达到显著水平,说明不同家系之间存在叶长和宽的性状差异,这也决定着不同家系间光合作用水平的差异;离子注入与对照间的差异不显著,表明注入对叶长和宽性状损伤度不大。

不同家系的平均叶长,以 4、5 和 2 号家系最高,分别达到 8.46、8.33 和 8.17 cm,最低的 7 号家系达 5.81 cm,前三者家系的平均叶长度分别为 7 号家系的 146%、143%和 141%。

不同家系的平均叶宽,以 4、3 和 10 号家系最高,分别达到 4.26、3.95 和 3.76 cm,最低的 15 号家系达 2.73 cm,前三者家系的平均叶宽分别为 15 号家系的 156%、145%和 138%。

不同家系的平均叶面积,以 4、3 和 10 号家系最高,分别达到 22.77、20.13 和 18.15 cm²,最低的 15 号家系达 12.10 cm²,前三者家系的平均叶面积分别为 15 号家系的 188%、166%和 150%。

比较离子注入与对照家系叶长、宽可以看出,叶长发生损伤的家系有 5、8、13、15、0 和 1 号;叶宽发生损伤的有 8、13、15、0 和 1 号。比较相同家系不同离子注入浓度下,叶长受损伤较大的为注入浓度高的 1 号家系,损伤度达到 76.86%,损伤较小的是离子注入浓度较低的 0 号家系,损伤度为 65.07%;叶宽损伤有相似的结论,1 和 0 号家系损伤度分别为 134.49%和 105.13%。离子注入 9 号与对照相比叶长在所有家系中提高最多,达 32.18%;12 号在所有家系中叶宽比对照提高最多,达 25.01%。

2.3 离子注入对叶体积相关性状的影响 对离子注入和对照家系进行叶片结构的测定,并对数据进行方差分析和显著性检验,结果见表4。

由表4可以看出:4个指标除叶体积在处理间未达到

极显著差异外,叶体积、叶内体积、叶比重和空隙率在家系和处理间均达到极显著差异,说明不同家系的叶片结构差异较大,反映出不同家系可能对环境适应能力有所不同,可在不同家系间选择出适应能力强的家系;离子注入对叶片

表4 不同家系叶片体积、比重及叶空隙度方差分析
Table 4 Variance analysis of leaf volume, proportion and leaf voidage of different families

变异来源 Variation source	自由度 df Degree of freedom	F 值 F value				概率 P 值 Probability P value			
		V _叶 V _{leaf}	V _{叶内} V _{inner-leaf}	叶比重 Leaf proportion	空隙率 Voidage	V _叶 V _{leaf}	V _{叶内} V _{inner-leaf}	叶比重 Leaf proportion	空隙率 Voidage
家系 Family	15	2.22**	4.30**	12.21**	8.80**	0.005 9	0.000 1	0.000 1	0.000 1
处理 Treatment	1	0.19	26.65**	64.10**	77.56**	0.665 2	0.000 1	0.000 1	0.000 1
区组 Block	9	1.23	1.55	0.79	1.13	0.278 7	0.128 5	0.623 5	0.338 2

结构的影响较大,也说明注入可引起叶结构的变化并通过选择获得需要的目的家系。

比较不同家系叶体积,以4、3和1号家系最大,达到1.046、0.982和0.840 mm³,分别是最小平均叶体积的15号家系的174%、164%和140%;比较不同家系的叶内体积差异,以1、4和0号家系最大,达到0.260、0.244和0.203 mm³,分别是平均叶内体积最小的7号家系的378%、354%和295%;比较不同家系叶比重差异,以10、7和14号家系最大,达到0.830 7、0.826 6和0.823 5 mg/mm³,0号家系叶比重最小,为0.622 9 mg/mm³;比较不同家系叶空隙率差异,

以1、0和12号家系最大,达29.55%、27.16%和23.54%,它们分别是最小的7号家系的266%、244%和212%。

比较不同处理叶体积、叶内体积和空隙度差异,均以离子注入家系平均值高于对照,3个性状值分别提高了2.34%、54.48%和51.84%;而叶比重表现为对照值高于离子注入家系平均值,前者是后者的110.01%。

2.4 离子注入对叶生理性状的影响 对所有家系苗期叶片进行相对含水量(Relative water content, RWC)、相对水分亏缺(Relative water deficit, RWD)、相对电导率(Electric conductivity, EC)和单株叶含水率(LWC)测定,数据的方差分析和显著

表5 不同家系相对含水量、相对水分饱和和亏缺及相对电导率方差分析

Table 5 Variance analysis of relative water content, relative water saturation deficit and relative electrical conductivity of different families

变异来源 Variation source	自由度 df Degree of freedom	F 值 F value				概率 P 值 Probability P value			
		RWC	RWD	EC	LWC	RWC	RWD	EC	LWC
家系 Family	15	9.16**	9.16**	8.40**	4.01**	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.000 1
处理 Treatment	1	78.34**	78.34**	165.30**	0.36	0.000 1	0.000 1	0.000 1	0.548 7
区组 Block	9	0.91	0.91	1.97*	0.71	0.515 0	0.515 0	0.042 9	0.698 7

性检验结果见表5。

由表5可以看出:4个指标除LWC在处理间未达到极显著差异外,RWC、RWD和EC在家系和处理间、LWC在家系间均达到极显著差异,说明不同家系的生理状况和抗性能力有差异,试验家系有可能通过选择获得抗性强的家系/无性系。

比较不同家系RWC(与RWD相对)差异,以7、10和14号家系最大,达到84.57%、83.99%和82.05%,它们分别是最小1号家系的136%、135%和132%;比较不同家系EC差异,以9、7和12号家系排列最小,达到9.29%、10.20%和10.31%,它们分别是最大5号家系的63.25%、69.48%和70.23%;比较不同家系LWC差异,以0、13和1号家系最大,达到76.22%、73.62%和73.06%,它们分别是最小7号家系的113.3%、109.4%和108.6%。比较3个性状在不同离子注入浓度下的值,RWC和LWC均为0号高于1号家系,EC为0号小于1号,说明在低浓度离子注入条件下可以提高桉树的抗性能力。

比较不同处理RWC、EC和LWC差异,均以离子注入低于对照值,3个性状离子注入分别是对照的75.55%、99.53%和87.79%。说明通过选择可以获得抗性强(抗旱)的家系/无性系。

3 小结与讨论

(1)不同家系之间的叶样湿、干重均达到极显著差异;不同处理间的叶干重达到显著差异;叶样干湿重在不同家系、叶样干重在处理间存在一定分化和差异,说明叶样干湿

重可以作为优良家系选择的重要指标性状。相同家系不同离子注入浓度,以低剂量注入的0号家系叶样干湿重为低,说明该浓度范围离子注入对叶有促进生长的作用。离子注入家系平均叶样干重超过对照的有4个,表明注入对不同家系叶重量,既有损伤也有促进作用。

(2)叶长、叶宽和叶面积在各家系之间均达到极显著差异,说明不同家系之间存在叶长和宽的性状差异,这也决定着不同家系间光合作用水分的差异;离子注入与对照间的差异不显著,表明注入对叶长和宽性状损伤度不大;注入家系叶长和叶宽产生损伤度的共有5个家系,其他家系未受影响或促进,表明注入对不同家系叶长宽性状,既有损伤也有促进作用。

(3)4个叶指标包括叶体积、叶内体积、叶比重和空隙率在家系和处理间均达到极显著差异,说明不同家系的叶片结构差异较大,反映出家系可能对环境适应能力的不同,可在不同家系间选择出适应能力强的家系;离子注入对叶片结构的影响较大,也说明注入可引起叶结构的变化并通过选择获得需要的目的家系。

(4)4个叶生理指标除LWC在处理间未达到极显著差异外,其他指标均达到极显著差异,说明不同家系的生理状况和抗性能力有差异,表明试验家系的抗性差异和有可能通过选择获得抗性强的家系/无性系;相同家系不同剂量条件下,低浓度可以提高桉树的抗性能力。研究表明:叶片RWC值越高则耐旱性越强^[9],而EC低的植株耐旱性强^[12-13],比较

(下转第3261页)

表 1 拮抗菌对病原菌的抑制作用
Table 1 Inhibitory effect of antagonistic fungus to pathogen

拮抗菌株 Antagonistic fungus	R 值 R value		
	立枯丝核菌 R.solani	瓜类腐皮镰孢菌 F.solani	瓜果腐霉 P. aphanidermatum
T ₁	0.507 5 b	0.640 2 bc	9.825 0 b
T ₂	0.446 9 b	0.658 0 b	9.375 0 b
T ₃	0.347 3 c	0.515 1 d	14.150 0 a
T ₄	0.315 1 c	0.676 3 b	9.025 0 b
T ₅	0.277 0 c	0.582 7 c	9.825 0 b
CK	1.000 0 a	1.000 0 a	0 c

注:①R 值=病原菌向拮抗菌方向生长的长度(mm)/对照病原菌生长的半径(mm)。②同一列数字中相同小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著。下表同。

Note: ①R value=Length of pathogen grown towards antagonistic fungus (mm) / Radius of pathogen CK (mm). ② The same lowercase in a row means no significant difference at 0.05 level. The same as follows.

值为 0.515 1~0.676 3, 病菌与拮抗菌相遇后停止生长, 培养 3 d 后, 拮抗菌将病菌包围, 7 d 后拮抗菌长满培养皿; 瓜果腐霉抑菌 R 值为 9.025 0~14.150 0, 培养 2 d 后可见透明的

表 2 拮抗真菌对 3 种茎基腐病菌的防治效果
Table 2 Control efficacy of antagonistic fungus against root-stem rotten disease

处理 Treatment	立枯丝核菌 <i>Rhizoctonia solani</i>		瓜果腐霉 <i>Pythium aphanidermatum</i>		瓜类腐皮镰孢菌 <i>Fusarium solani</i>	
	病指 Disease index	防效 Control efficacy %	病指 Disease index	防效 Control efficacy %	病指 Disease index	防效 Control efficacy %
T ₁	26.92	65.35 b	40.00	46.30 a	37.50	46.88 c
T ₂	19.24	75.23 a	65.00	12.65 b	40.00	43.34 c
T ₃	15.19	80.45 a	38.00	48.89 a	4.20	94.59 a
T ₄	26.92	65.35 b	41.40	44.36 a	16.80	76.20 b
T ₅	16.45	77.21 a	36.55	50.90 a	27.60	75.07 b
CK	77.67	-	74.40	-	70.60	-
50%腐霉利 WP 50% procymidone	51.50	33.69 c	35.55	52.21 a	39.51	44.03 c

适应农田生态环境、迅速形成优势种群有密切关系。木霉菌的抑菌作用包含多种机制, 一般认为有竞争作用、产生抗菌素及重寄生作用^[6]。该试验中, 笔者观察到康氏木霉对立枯丝核菌的抑制作用除营养竞争外, 还产生拮抗线(分泌出抗生素类物质), 用显微镜观察靠近拮抗线的病原菌, 发现菌丝变形, 细胞质浓缩, 说明康氏木霉对立枯丝核菌生长的抑制作用至少包括营养竞争和分泌出抗生素 2 种机制, 另外还观察到康氏木霉对瓜类腐皮镰孢菌的抑制作用不产生拮抗线, 菌丝不发生变形, 说明同一拮抗真菌对不同病原菌生长

(上接第 3225 页)

不同处理 RWC、EC 和 LWC 差异, 均以离子注入低于对照值, 说明通过选择和离子注入处理可以获得抗性(抗旱)强的家系/无性系。

参考文献

- [1] 余增亮, 霍裕平. 离子注入生物学研究述评[J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(3): 221-225.
- [2] 代西梅, 黄群策, 黄延伟. 低能氮离子束注入马齿苋的生物学效应[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 29-31.
- [3] 北京林学院. 植物生理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989: 268-300.
- [4] 周立人, 范军, 程备久, 等. 不同能量的氮离子注入棉花种子的诱变效应研究[J]. 安徽农业大学学报, 1998, 25(4): 371-374.
- [5] 钟广炎, 陈力耕. 柑桔种质资源抗寒性与叶片结构的关系[J]. 中国柑桔, 1994, 23(2): 16-17.

的抑制机制有所差异。

2.3 室内防治效果 用室内盆栽的方法测定拮抗菌对供试病原菌引起的植物病害的防治效果见表 2。由表 2 可见, 筛选出的拮抗菌对 3 种植物病原菌都有一定的防治效果, 其中防治由立枯丝核菌引起的茎基腐病效果最好, 均在 60% 以上; 在 5 种拮抗菌中, 康氏木霉防治瓜类腐皮镰孢菌的效果达 94.59%; 5 种拮抗菌对由瓜果腐霉引起的茎基腐病的防效略低于药剂 50% 腐霉利 WP。

3 小结与讨论

该试验筛选出的长枝木霉、橘绿木霉、康氏木霉、哈慈木霉和绿色木霉对瓜果腐霉、瓜类腐皮镰孢菌、立枯丝核菌均有较强的拮抗作用。在人工接种下, 已鉴定的 5 种拮抗菌对上述 3 种病菌引起的病害也有一定的防效。生防菌对植物土传病害的防治效果不但与其拮抗活性有关, 还与能否

的抑制机制有所差异。

参考文献

- [1] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 493-500.
- [2] 文成敬, 陶家凤, 陈文瑞. 中国西南地区木霉属分类研究[J]. 真菌学报, 1993, 12(2): 118-130.
- [3] 孔健. 枯草芽孢杆菌 B-903 菌株抗菌物质对植物病原真菌的抑制作用[J]. 植物病理学报, 1995, 25(1): 69-72.
- [4] 张中文, 冷怀琼, 张志铭. 植物病原真菌学[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1988: 384-385.
- [6] 钟广炎. 浮力法测定植物器官体积方法的改进[J]. 植物生理学通讯, 1990(5): 58-61.
- [7] 卢美英, 潘介春. 枇杷叶面积测定方法的研究[J]. 福建果树, 2003(1): 1-3.
- [8] 李锦树, 王洪春, 王文英, 等. 干旱对玉米叶片细胞膜透性及膜脂的影响[J]. 植物生理学报, 1983(9): 223-229.
- [9] SAS Institute Inc. SAS/STAT User's guide [M]. 4ed. Cary NC: SAS Institute Inc, 1990: 891-996, 1661-1673.
- [10] 黄少伟, 谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001: 178-181.
- [11] SCHONFELD M A. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators[J]. Crop Science, 1998, 28(3): 526-531.
- [12] 陈少裕, 刘杰. 水分胁迫对甘蔗叶片线粒体膜流动性的影响及其与膜脂过氧化物的关系[J]. 植物生理学报, 1991, 17(3): 285-289.
- [13] 陈颖, 沈惠娟. 3 个南方造林树种幼苗耐旱性比较[J]. 江苏林业科技, 1997, 24(4): 11-14.