

不同橡胶树品种抗炭疽病性及治理后的生理指标研究

吴春太^{1,2}, 罗立谱³, 李维国^{1,2}, 李为炳³

(1. 中国热带农业科学院 橡胶研究所, 海南 儋州 571737; 2 国家橡胶树育种中心, 海南 儋州 571737; 3 海南大学 园艺园林学院, 海南 儋州 571737)

摘要: 在胶园自然条件下, 对来自东南亚的 6 个橡胶树品系和目前的生产上大规模应用的 3 个品种抗炭疽病性能进行调查和分析, 并在炭疽病治理和植株恢复后, 对各种系 SPAD 值、光合速率及其相关的生理生态因子进行测定, 分析 9 个橡胶种系的叶绿素水平、光合速率以及各因子对光合速率的影响。结果表明: 9 个橡胶种系在胶园自然状态下, 对炭疽病的抗病性存在着一定的差异, 其中热试 7、热试 08- 1 和热试 10 的表现较好; 不同橡胶种系 SPAD 值有所不同, 但大多数叶绿素含量处于相当的水准, 种系间未出现显著的差异性; 在苗期, 参试橡胶种系叶片净光合速率的影响因子有所不同, 但气孔导度是除热试 6- 2 外 8 个种系叶片净光合速率的决定因子, 蒸气压亏缺是所有供试材料 P_n 的限制因子。

关键词: 橡胶树; 炭疽病; 抗病性; SPAD 值; 光合速率

中图分类号: S794. 101 文献标志码: A 文章编号: 1000- 2286(2010) 06- 1152- 06

Studies on Resistance of Different Cultivars of Rubber Tree against *Colletotrichum gloeosporioides* and Physiological Index after Its Control

WU Chun-tai^{1,2}, LUO Lipu³, LIW ei-guo^{1,2}, LIW erbing³

(1. Rubber Research Institute of Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Danzhou 571737, China; 2 State Center for Rubber Breeding Danzhou 5717372, China; 3 College of Horticulture and Garden of Hainan University Danzhou 5717372, China)

Abstract The resistance against *Colletotrichum gloeosporioides* of 6 rubber tree strains from southeast asia and 3 cultivars which have been extensively applied in production were investigated in natural rubber plantation and analyzed. The SPAD values and photosynthesis rates of nine varieties and their related physiological and ecological factors were measured after *Colletotrichum gloeosporioides* had been controlled and plant recovered. The chlorophyll contents, photosynthesis rates, and effects of all the factors on photosynthesis rates were analyzed. The results indicated that there are some differences in the resistance of 9 cultivars. Reshi 7, Reshi 08- 1 and Reshi 10 were better than other cultivars. Although the SPAD values of all the tested rubber tree cultivar were different, most cultivars were equivalent in chlorophyll content without significant difference. Coefficient analysis showed that the affecting factors in net photosynthetic rate were different in the nine rubber tree cultivars used in this study at the seedling stage. Stomatal conductance was the primary physiological ecological determining factor in the characteristics of photosynthesis of eight cultivars, except for Reshi 6- 2. VpD was the main ecological limiting factor in the characteristics of photosynthesis.

收稿日期: 2010- 09- 28 修回日期: 2010- 11- 08

基金项目: 海南省自然科学基金 (809031)

作者简介: 吴春太 (1972-), 男, 助理研究员, 博士, 主要从事橡胶树遗传育种研究, E-mail chuntaiwu@163.com.

Key words rubber tree; *Colletotrichum gloeosporioides*; resistance; SPAD value; photosynthesis rate

橡胶树炭疽病是一种危害上仅次于白粉病的重要叶部病害, 据报道此病的病原体来自胶孢炭疽菌 (*Colletotrichum gloeosporioides*) 和尖孢炭疽 (*Colletotrichum acutatum*), 多数情况下, 胶孢炭疽菌是橡胶树炭疽病的主要病原物^[1]。当今各级技术部门和生产单位对其危害性高度重视, 对橡胶树炭疽病的防治取得了较大的突破, 并建立综合防治体系。在目前橡胶炭疽病综合治理体系里, 利用品系抗 (避或耐) 病性防治该病是最经济、最环保的有效手段^[2]。

病原物侵染植物后, 经常与叶绿体产生相互作用, 造成叶绿体解体, 发病严重的甚至叶绿素合成受阻^[3]。当胶孢炭疽菌侵染橡胶树稳定期叶片后, 叶片往往出现褪绿、花叶和黄化等症状, 因此, 叶绿素含量的多少通常能客观地反映炭疽病治理后的恢复情况。天然橡胶生产上常将叶片叶绿素含量作为营养状况诊断和氮素营养状况鉴定的主要参数, 植株叶片叶绿素含量的多少还决定其光能利用率高。光合作用是橡胶树生长、产胶的生理基础, 净光合速率是评价橡胶叶片光合生产能力的一项重要生理指标, 因此, 围绕橡胶新品种选育、生理生化、栽培生态领域开展净光合速率研究是至关重要的。

当前有关橡胶树叶绿素水平和光合特性方面的研究已有报道^[4-8], 而有关引育品系, 特别是从东南亚新引进的无性系和目前生产上大规模应用的自育品种在经历炭疽病的侵染、药物治疗、胶苗康复后的叶绿素含量和净光合速率的研究还未见报道。本研究利用胶园自然条件下苗期的 PR 107、热研 7-33-97 和 6 个新引进的无性系为试材, 用国外老品种 RR M 600 作对照, 对这 9 个种系抗炭疽病能力、叶绿素水平和净光合速率高低进行比较研究, 了解上述种系的抗病力、氮素营养状况和光合生理生态特性, 以期为新品种选育及不同植胶环境类型中区品种配置提供理论指导, 进而在天然橡胶生产上充分体现其价值。

1 材料与方法

表 1 供试橡胶树种系及种子类别

Tab 1 Selected 9 rubber tree varieties (strains)

品种及品系 Variety and strain	种苗类别 Type	原产地 Origin
RR M 600	次生代	马来西亚
PR 107	初生代	印度尼西亚
热研 7-33-97	三生代	中国
热试 5	不详	东南亚
热试 6-2	不详	东南亚
热试 7	不详	东南亚
热试 08-1	不详	东南亚
热试 08-2	不详	东南亚
热试 10	不详	东南亚

1.1 试验材料

本研究以高级系比试验区 9 个种系的幼苗作为调查对象。供试的橡胶种系及其来源见表 1。

1.2 试验概况

试验于 2010 年在中国热带农业科学院试验场四队的高级系比区进行, 长期作物橡胶。该基地的种苗于 2009 年 8 月定植, 小区布置采用改良对比法, 每个完全区组有 9 个橡胶树种系, 各小区有 56 个单株, 设置 3 个重复, 试验地底肥使用有机肥, 每株

15~20 kg(m(牛肥):m(磷肥)) = 15

:1), 建立试验小区 4 27 hm², 次年 6 月 27 日, 每株施尿素 0.2 kg

1.3 病害调查

施药前 (2010 年 4 月 19 日), 调查各小区的病情基数, 对各种系中全部单株进行病情基数调查。整株病情最终鉴定采用农牧渔业部农垦局“橡胶植保规程”的 6 级病情分级标准^[9]。橡胶树炭疽病整株最终病情分级标准: 0 级: 无病; 1 级: 部分叶片有少量病斑或穿孔; 2 级: 多数叶片有较多病斑或穿孔, 有少量落叶; 3 级: 整株叶片病斑累累或穿孔严重, 因病落叶约 1/3; 4 级: 因病落叶约 1/2; 5 级: 因病落叶约 3/4。根据调查记录统计其发病率, 计算发病指数, 划分各种系对炭疽病的抗病等级。

$$\text{病情指数} = \sum (\text{各级病株数} \times \text{病级数}) \times 100 / (\text{调查株数} \times \text{最高病级数}) \quad (1)$$

1.4 抗病类型分级标准

群体抗性划分标准见表 2。

1.5 SPAD 值测定

2010 年 7 月 5 日, 采用 SPAD - 502 叶绿素计 (Minolta Camem Co, Osaka Japan) 对苗期橡胶树倒 2 篷上三出复叶中间健康稳定的小叶片进行 SPAD 值的测定, 将各叶片样本靠近叶中脉中点部分夹住, 每张叶片测定 3 个部位, 从 SPAD - 502 计进行 3 次读数并求出平均值, 各种系 3 个小区所有植株平均值作为该种系的 1 次调查结果。

1.6 净光合速率的测定

2010 年 7 月 13—14 日 09:00—11:00 时, 采用 LI-6400 便携式光合作用测定系统在田间测定苗期橡胶单叶净光合速率, 测定部位选择主茎倒 2 篷上处于稳定期正常的三出复叶中间小叶片, 每种材料随机取样 5 株, 重复 3 次, 9 个种系叶片的净光合速率全部测定。光源选用红蓝光源和光强设置为 1 000 mmol/m²·s 进行测定, 整个测定过程 CO₂ 浓度、H₂O 浓度、相对湿度等环境因素基本保持一致。

1.7 统计分析

试验数据运用 Excel SAS8 Q SPSS13.0 软件进行统计分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 胶园不同橡胶树种系对炭疽病的抗性水平分析

对 9 个橡胶树种系的胶园发病率进行调查和统计分析, 结果表明, 不同橡胶种系间发病率无显著差异, 可发病程度存在着一定的差异。参试的不同橡胶种系对同一个炭疽病原具有类似的抗性, 个别差异显著。由表 3 可知, 胶孢炭疽菌对其中 6 个种系的致病力差异显著, 热试 5 与热研 7-33-97 热试 6-2 热试 7 热试 08-1 热试 10 种系的病情指数达显著差异, 推断胶孢炭疽菌对该种系的致病性明显强于上述种系, 在抗性水平上表现为高感; 热试 7 热试 08-1 热试 10 和热研 7-33-97 的病情指数低于其它种系, 除热试 5 外, 差异不显著, 抗性水平表现为感, 其余种系均表现为高感。

表 3 不同橡胶树种系在胶园发病率和病情指数

Tab 3 Incidence and index of the disease in different rubber tree cultivars (strains) stand in rubber plantation

品种及品系 Variety and strain	发病率 % Incidence of disease				差异显著性 Significant level	病情指数 Disease index	表现型 Phenotype
	I	II	III	平均 Mean			
RRM 600	94.48	100.00	97.75	97.41	a	41.05 ABabc	HS
PR 107	97.96	96.59	96.15	96.90	a	43.63 ABab	HS
热研 7-33-97	100.00	94.23	100.00	98.08	a	38.63 ABbc	S
热试 5	100.00	91.57	97.39	96.32	a	45.24 Aa	HS
热试 6-2	97.25	92.16	97.67	95.69	a	38.95 ABbc	S
热试 7	92.75	98.15	96.23	95.71	a	36.57 Bc	S
热试 08-1	94.64	100.00	95.24	96.63	a	36.64 Bc	S
热试 08-2	100.00	98.11	91.67	96.59	a	40.79 ABabc	HS
热试 10	98.11	98.08	90.20	95.46	a	36.76 Bc	S

同一列内数据后的不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。

表 2 橡胶品种对炭疽病群体抗性划分标准

Tab 2 The division standard of rubber tree plant resistance to anthracnose with different varieties

抗性评价 Evaluation of resistance	病情指数 Disease index	
	平均 Mean	最高 Highest
高抗 (HR)	< 5	< 10
抗病 (R)	5.1~20	< 25
中感 (MS)	20.1~30	< 35
感病 (S)	30.1~40	< 50
高感 (HS)	> 40.1	> 50

2.2 SPAD 值的测定与分析

用 SPAD-502 叶绿素计测定橡胶树苗期的 SPAD 值, 不同的橡胶树种系, 其 SPAD 值也有所不同。据表 4 显示, PR 107 的 SPAD 值最高, 热研 7-33-97 的 SPAD 值最低, 前者高出后者 2.6%。各种系 SPAD 值变化幅度不大。F 检验表明, 除 PR 107 与热研 7-33-97 之间的 SPAD 值差异达到显著水平外, 其余种系间的 SPAD 值之间差异均不显著。结果表明, 尽管大多数巴西橡胶树在种内 SPAD 值有所不同, 但相互之间并没有表现出明显的优势。

表 4 不同橡胶树种系 SPAD 值的比较

Tab 4 SPAD value of the leaves of different rubber tree strains

种系 Variety and strain	SPAD 值 SPAD value			平均 Average	差异显著性 Significant level
	I	II	III		
RR M 600	50.57	50.45	48.87	49.96	ab
PR 107	51.33	52.02	51.39	51.58	a
热研 7-33-97	49.22	47.69	49.77	48.89	b
热试 5	48.93	49.77	51.81	50.17	ab
热试 6-2	50.10	47.13	51.45	49.56	ab
热试 7	51.01	50.48	50.66	50.72	ab
热试 08-1	51.75	50.67	50.24	50.89	ab
热试 08-2	49.50	51.41	48.78	49.90	ab
热试 10	48.94	51.79	50.53	50.42	ab

同栏不同字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$ F 检验)。

Values followed by different letters within one column are significantly different at $P < 0.05$ according to F test

2.3 不同橡胶树种系 P_n 、 T_r 、 WUE 及 LUE 比较

从表 5 可看出, 热试 08-2 的 WUE 值均高于其它 8 个橡胶树种系, 与 PR 107、热试 5 分别存在极显著和显著性差异, 其 P_n 、 LUE 仅低于 RRM 600, 同时 T_r 值低于其余供试种系, 与 PR 107 差异达显著水平, 而 PR 107 的 P_n 、 WUE 、 LUE 值为最低, 其 T_r 值最高, 因此, 9 个供试种系中, 热试 08-2 属于高光合速率、高水分利用效率、高光能利用效率、低蒸腾的品系, 而 PR 107 则属于低光合速率、低水分利用率、低光能利用效率、高蒸腾的品种。按水分利用效率的大小对 9 个橡胶种系进行排序, 由大到小依次为: 热试 08-2、热研 7-33-97、热试 7、热试 6-2、RRM 600、热试 08-1、热试 10、热试 5、PR 107。

表 5 不同橡胶树种系 P_n 、 T_r 、 WUE 和 LUE 均值比较

Tab 5 Comparison of P_n , T_r , WUE and LUE of nine different rubber tree strains

种系 Variety and strain	净光合速率 / ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) P_n	蒸腾速率 / ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) T_r	水分利用效率 / ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) WUE	光能利用效率 / ($\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) LUE
RRM 600	13.24 a	7.66 ab	1.78 ABabc	0.0132 a
PR 107	11.50 a	7.84 a	1.54 Bc	0.0115 a
热研 7-33-97	12.30 a	6.94 ab	1.86 ABab	0.0123 a
热试 5	12.36 a	7.59 ab	1.65 ABbc	0.0124 a
热试 6-2	12.80 a	7.27 ab	1.81 ABabc	0.0128 a
热试 7	12.79 a	6.89 ab	1.86 ABab	0.0128 a
热试 08-1	11.88 a	6.88 ab	1.75 ABabc	0.0119 a
热试 08-2	12.99 a	6.61 b	1.98 Aa	0.0130 a
热试 10	11.88 a	7.07 ab	1.75 ABabc	0.0119 a

同一列内标以不同小写字母的值在 0.05 水平上差异显著 (数据为平均值, $n = 3$), 大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。

Values within the same column followed by a different small letter indicate significant difference at 0.05 probability level

(data are mean, $n = 3$), and capital letters indicates significant difference at 0.01 probability level

2 4 橡胶树种系净光合速率与生理生态因子的相关性分析

对橡胶树苗期叶片的净光合速率与其影响因子进行了相关分析,数据列于表 6。结果表明,9个橡胶树种系的 P_n 值与 V_{pdL} 都呈极显著或显著负相关,与 C_s 都呈正相关,其中 8 个种系达极显著水平,热试 6-2 相关性不显著; Chl 与 RRM 60Q 热研 7-33-97 热试 5 热试 6-2 热试 08-15 个种系的 P_n 极显著正相关,与 PR 107 极显著负相关; Tl 与 9 个橡胶树种系 P_n 呈负相关,除 RRM 60Q、PR 107、热试 08-2 外,与其余 6 个种系的 P_n 呈显著或极显著相关; C_i 与除热试 08-1 外的 8 个种系呈正相关,其中,与 RRM 60Q 热研 7-33-97 热试 7 热试 08-2 热试 10 共 6 个种系的 P_n 显著或极显著相关; Ta 与 9 个橡胶树种系 P_n 呈负相关,与热研 7-33-97 热试 5 热试 6-2 热试 08-1 显著或极显著相关; L_s 与 RRM 60Q 热试 7 热试 08-2 热试 10 4 个种系的 P_n 呈显著或极显著负相关; Ca 与 RRM 60Q 热试 5 热试 6-2 热试 10 的 P_n 呈显著或极显著负相关,与 PR 107 的 P_n 呈极显著正相关; Tr 与热试 7 热试 08-2 热试 10 的 P_n 呈极显著正相关; WUE 与热试 5 热试 6-2 热试 08-1 的 P_n 呈显著或极显著正相关,与热试 08-2 显著性负相关。从上述分析可知,9 个橡胶树种系的 P_n 主要受 C_s 和 V_{pdL} 的影响。

表 6 不同橡胶树种系净光合速率与生理生态因子的相关系数

Tab 6 Correlative coefficients between leaf net photosynthetic rate of different rubber tree strains and physiological and environmental factor

品系 Strains	叶绿素 <i>Chl</i>	气孔导度 <i>C_s</i>	蒸腾速率 <i>T_r</i>	水分 利用效率 <i>WUE</i>	叶面饱和 蒸气压亏缺 <i>V_{pdL}</i>	叶片温度 <i>Tl</i>	胞间 CO ₂ 浓度 <i>C_i</i>	气孔限制值 <i>L_s</i>	大气温度 <i>Ta</i>	大气 CO ₂ 浓度 <i>Ca</i>
RRM 600	0.925*	0.964*	0.511	0.304	-0.731**	-0.432	0.642**	-0.583*	-0.276	0.580
PR 107	-0.684**	0.725**	0.401	0.059	-0.634	-0.329	0.045	-0.111	-0.108	-0.694**
热研 7-33-97	0.869**	0.791**	0.036	0.407	-0.831**	-0.651**	0.624	-0.443	-0.581*	0.462
热试 5	0.739**	0.686**	0.212	0.610	-0.695**	-0.602*	0.168	-0.035	-0.525*	0.677**
热试 6-2	0.776**	0.474	-0.035	0.696*	-0.803**	-0.840**	0.065	0.235	-0.744**	0.775**
热试 7	-0.318	0.955**	0.946**	0.005	-0.900**	-0.763**	0.741**	-0.737**	-0.452	0.320
热试 08-1	0.939**	0.660**	**0.486	0.668**	-0.624	-0.778**	-0.135	0.135	-0.604	-0.094
热试 08-2	-0.443	0.938**	0.963**	-0.534	-0.704**	-0.449	0.732**	-0.734**	-0.044	0.490
热试 10	0.195	0.873**	0.642**	-0.023	-0.785**	-0.559*	0.731**	-0.675**	-0.292	0.578

$R_{0.05} = 0.514, R_{0.01} = 0.641$ * 代表在 0.05 水平显著; ** 代表在 0.01 水平显著。

$R_{0.05} = 0.514, R_{0.01} = 0.641$ * indicate significant at 0.05 levels; ** indicate significant at 0.01 levels

2 5 抗炭疽病性与净光合速率等生理指标的相关分析

对参试橡胶树种系抗炭疽病性与叶绿素相对含量、净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率及光能利用效率生理指标间的相关性进行了研究,分析表明:不同感病橡胶种系叶片净光合速率、水分利用效率与病情指数成负相关,相关系数分别为 -0.758*、-0.758*, 均达显著水平。由于病情指数低说明抗病力强,从而反映不同感病橡胶种系对炭疽病的抗性净光合速率和水分利用效率呈正相关性。与叶绿素相对含量、蒸腾速率和光能利用效率的相关性未达显著性水平。

3 讨论与小结

通过对胶孢炭疽菌在胶园自然状态下侵染胶树后的发病率以及病情指数分析,9 个橡胶种系对炭疽病抗性存在着显著差异,如热研 7-33-97、热试 6-2、热试 7、热试 08-1 和热试 10 属于感病种系,尤其后 3 个品系感病性最轻;其余均为高感种系。进入该高级系比区的 6 个品系除热试 5 外抗炭疽病性能均高于对照品种 RRM 600 和大规模推广级品种 PR 107,而且热试 7、热试 08-1 和热试 10 抗炭疽病能力均高于目前海南的当家品种热研 7-33-97、热试 6-2 也与其相当。

在水稻、小麦、玉米和棉花等作物上根据 SPAD 域值进行施肥,采用这种方法施肥提高了肥料利用率,同时发现同一物种不同品种的最佳域值不同^[10-13]。但有关此法在橡胶上应用的研究较少,特别是对于高比区无性系的叶片叶绿素含量与净光合速率、炭疽病恢复能力的关系研究还未见报道。胶园炭疽病发生后,于 4 月中下旬治理采用配制的 28% 灭菌灵,稀释 400 倍用作工作液的方法对叶蓬进行喷射。该配方效果明显,病害基本得到控制,待植株完全恢复后,对上述种系的叶绿素进行测定,研究表

明,除 PR 107与热研 7-33-97二者间外,各种系间的 SPAD 值之间均无显著差异,由此可见,参试的 9 个无性系正常状态下的叶绿素水平差异不大,炭疽病治理后的恢复能力也相当。

P_n 是衡量植物光合作用强弱的直接指标,而 T_r 则反映植物对水分利用的快慢。研究结果表明,RRM 600 的 P_n 为最高,热试 08-2 次之,但其 WUE 、 LUE 值均高于其它种系,且其 T_r 值最低。综合 P_n 、 WUE 、 LUE 、 T_r 的分析推断,热试 08-2 为高光合、高水分利用率、高光能利用效率和低蒸腾的橡胶品系。其在保障光合速率正常的前提下,采取降低蒸腾速率的方法,这是植物适应干旱胁迫的一条重要途径^[14-15]。9 个橡胶种系中,可认为热试 08-2 是适应干旱能力强的品系,而 PR 107 适应干旱的能力较弱。

在苗期,参试橡胶种系叶片净光合速率的影响因子有所不同。但气孔导度是除热试 6-2 外,8 个种系叶片净光合速率的决定因子,蒸气压亏缺是所有供试材料 P_n 的限制因子。叶绿素含量、水分利用效率、空气中 CO_2 浓度为热试 6-2 P_n 的决定因子。

光合特性研究表明,叶片净光合速率、水分利用效率的高低与橡胶种系抗性强弱呈正相关,水分利用率高,叶片光合作用加强,同化产物增多,积聚的能量升高,为植株的抗病性提供了生理基础,从而增强橡胶抵御病害的能力。因此,在天然橡胶生产上光合速率可作为品种抗炭疽病能力的参考生理指标之一。

虽然上述不同的橡胶种系对胶孢炭疽菌的抗性、净光合速率存在一定的差别,但是总体水平还是一致的。通过抗性鉴定可以评价橡胶种系的抗病力强弱,从而把抗病品系从供试材料中筛选出来;通过光合作用测定,筛选出来抗旱品系,完善橡胶树无性系系统鉴定的内容,为橡胶品种审定提供基础资料,也为育种工作者选择抗逆育种亲本提供参考依据,更为橡胶树生理育种迈进了重要一步。

参考文献:

- [1]张春霞,何明霞,李加智,等.云南西双版纳地区橡胶炭疽病病原鉴定[J].植物保护,2008,34(1):103-106
- [2]余卓桐,李学忠,罗大全,等.橡胶树病害综合治理体系研究[J].试验研究,2006(1):27-30
- [3]欧志远.叶绿素含量与植物抗病性的关系[J].安徽农学通报,2007,13(6):134-135
- [4]周琚,林位夫,王军,等.低 N 胁迫下巴西橡胶实生苗叶片 SPAD 值、N 素营养及农艺性状的变化[J].亚热带植物科学,2010,39(1):29-33
- [5]姚庆群,张振文,谢贵水.橡胶净光合速率及其影响因子日变化研究[J].热带农业科学,2006,26(5):1-4
- [6]陈军文,曹坤芳.三叶橡胶光合作用能力和抗氧化系统以及单萜类物质对茉莉酸的响应[J].植物研究,2008,28(1):47-53
- [7]周文君,沙丽清,沈守良,等.西双版纳橡胶林土壤呼吸季节变化及其影响因子[J].山地学报,2008,26(3):317-325
- [8]刘子凡,王军,林位夫.超高产橡胶芽接树的光合特性[J].福建农林大学学报:自然科学版,2009,38(4):376-379
- [9]农牧渔业部.橡胶树植物保护技术规程[M].北京:农牧渔业部,1982:14-32
- [10]Huang J L, He F, Cui K H, et al. Determination of optimal nitrogen rate for rice varieties using a chlorophyll meter[J]. Field Crops Research, 2008, 105(1-2):70-80
- [11]Nakano H, Morita S, Kusuda O. Effect of nitrogen application rate and timing on grain yield and protein content of the bread wheat cultivar 'Minanokaori' in southwestern Japan[J]. Plant Production Science, 2008, 11(1):151-157
- [12]Zhang J, Blackmer A M, Ellsworth J W, et al. Sensitivity of chlorophyll meters for diagnosing nitrogen deficiencies of corn in production agriculture[J]. Agronomy Journal, 2008, 100:543-550
- [13]Conaty W C, Tan D K Y, Constable G A, et al. Genetic variation for abscisic acid tolerance in cotton[J]. The Journal of Cotton Science, 2008, 12:53-61
- [14]Lu J Y, Shan L, Gao J F. Unsufficient irrigation and its physiological bases[J]. Acta Botanica Boreali-Occident Sinica, 2002, 22(6):1512-1517
- [15]Liu F, Andersen M N, Jacobsen S E, et al. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L. Merr.) during progressive soil drying[J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 54:33-40