

处理温度对橡胶园覆盖绿肥种子萌发的影响

杨春霞, 刘忠妹, 邓乐晔, 赵志平*

(云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100)

摘要: 为明确不同绿肥种子萌发的最佳处理温度, 以常温水为对照, 采用初始温度为 60、65、70、75、80、85、90 °C 的热水对在橡胶园具有良好适生性的 12 种覆盖绿肥种子进行处理, 以研究不同处理温度对橡胶园覆盖绿肥种子萌发的影响。结果表明: 柱花草种经常温水处理后的发芽势和发芽率均最高, 升高处理水温均能明显提高其余 11 种绿肥种子的发芽势和发芽率。毛蔓豆、圆叶决明种子的最佳发芽处理温度为 85 °C, 大叶千斤拔种子为 80 °C, 刺毛黧豆种子为 75 °C, 爪哇葛藤、钝叶决明种子为 70 °C, 铺地木蓝种子为 65 °C, 印尼乌绿豆、十一叶木蓝、长果猪屎豆、决明种子为 60 °C。

关键词: 橡胶园; 覆盖绿肥; 处理温度; 发芽

中图分类号: S351.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2017) 03-0131-05

我国橡胶种植面积达 100 万 hm^2 ^[1], 是热带地区重要的人工林生态系统。当前橡胶种植模式为 (2~3) m × (7~9) m, 林下空间资源丰富。但除了地势比较平缓, 有水源或其他特殊环境条件的胶园外, 大部分胶园可间作资源未得到开发利用。云南橡胶园绝大部分为坡度 10~25° 的丘陵和山地, 有机肥运输困难, 水土流失不容忽视; 植胶多年后, 土壤肥力明显下降。胶园豆科覆盖绿肥投资少、见效快、可就地生产就地利用; 能较好地解决橡胶生产中存在的有机肥源不足、土壤肥力下降、水土流失、林下资源利用水平低下等问题, 是一种适合云南植胶区良好的生态胶园间作模式^[2]。橡胶园绿肥覆盖的研究主要集中在绿肥的生态适应性, 对橡胶树生长、土壤肥力、生态环境的影响以及效益评价等^[3-7], 很少涉及绿肥覆盖技术研究, 尤其是种子前处理。而播种前种子处理的好坏决定着绿肥的出苗率和整齐度, 进而影响绿肥的长势、产量以及肥效的发挥, 对绿肥覆盖的推广应用具有重要意义。

许多豆科绿肥种子都存在硬实现象。虽然硬实

种子可长时间保持生活力, 对物种的生存和传播具有积极的意义, 但在橡胶园绿肥覆盖过程中, 硬实种子直播后出苗时间长、出苗率低, 易造成出苗不整齐、苗期建植困难等不良影响, 故播种前需要对硬实种子进行适当的处理。硬实种子的处理方法总体来说分为物理方法、化学方法和生物方法 3 种^[8], 热水和硫酸浸种是破除橡胶园覆盖绿肥种子硬实的重要手段^[9-12]。但硫酸处理安全性差、成本高, 对操作人员技术要求高; 而短暂的热水处理后自然冷却, 能达到快速处理种皮而不伤及胚的目的^[13], 同时其具有经济、简单、易行、效果好的特点, 在大面积播种过程中尤见优势。不同品种的绿肥由于受其遗传特性等因素影响, 硬实程度不同^[14-16], 其所需的处理温度也存在差异。然而由于缺乏橡胶园覆盖绿肥特别是野生绿肥种子精准处理温度的报道, 目前橡胶生产上大多采用 60~80 °C 的热水对绿肥种子进行处理^[17], 处理温度随意性大、效果差。

本文选取了目前橡胶园常用的以及具有良好应用前景的野生绿肥品种^[17-22], 采用不同初始温度的热水对其种子进行处理, 探讨不同绿肥种子萌发的最佳处理温度, 以提高绿肥种子的发芽率和出苗整齐度, 旨在为制定橡胶园绿肥覆盖技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选取在橡胶园具有良好适生性的 12 种豆科绿肥为供试品种, 包括: 毛蔓豆 (*Calopogonium*

收稿日期: 2016-03-18; 最后修订日期: 2016-04-15

基金项目: 云南省科研院所技术开发专项 (2006KFZX-18) 和 (2013DC013); 云南省财政专项科研基本业务费 (RF2016-2) 和 (RF2017-4); 云岭产业技术领军人才资助。

作者简介: 杨春霞 (1979-), 女, 云南省弥渡人, 硕士, 副研究员, 研究方向为热区土壤与植物营养, E-mail: chunxiayang.student@sina.com。

通讯作者: 赵志平, E-mail: zhaozhiping1008@sina.com。

mucunoides Desv.)、爪哇葛藤 (*Pueraria phaseoloides* Benth var. *javanica* Baker)、印尼乌绿豆 (*Phaseolus* spp)、大叶千斤拔 (*Flemingia macrophylla*)、圆叶决明 (*Chamaecrista rotundifolia* Pers. Greene)、铺地木蓝 (*Indigofera endecaphylla* Jacq.)、十一叶木蓝 (*Indigofera spicata* Forsk.)、长果猪屎豆 (*Crotalaria lanceolata* E. Mey.)、决明 (*Senna obtusifolia* L)、钝叶决明 (*Cassia obtusifolia* L)、刺毛黧豆 [*Mucuna pruriens* (L.) DC.]、柱花草 (*Stylosanthes guianensis*)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

2015年4~5月,以常温水为对照,同时将12种绿肥种子分别在初始温度为60、65、70、75、80、85、90℃的热水中处理,各处理加水量为300 mL,自然冷却后留少量水浸泡8 h后室温下沙培。试验共设96个处理,3次重复,每次重复随机选出100粒饱满种子。种子浸泡后统计硬实率,培养后每天观察种子发芽情况,直至没有种子发芽为止。外观变大的为吸胀种子,发芽标准为芽萌发并露出沙子外,以发芽高峰出现的日期统计发芽势,以连续5 d没有种子发芽的日期为统计发芽率的日期。

对照所用常温水温度为26℃。沙培用的盘子是深度均为2 cm的塑料盘,除印尼乌绿豆、刺毛黧豆种子用直径15 cm的大盘,其余绿肥种子用直径13 cm的小盘。盖沙厚度以种子不裸露为准,每天喷水以保持沙盘湿润。培养期间为防止种子变质发霉影响试验结果,每周喷一次800倍浓度的多菌灵(50%可湿粉剂)。培养期间用RZD-21温照度计全程监测室温,

最高温32.0℃,最低温27.2℃,平均温29.0℃。

1.2.2 统计分析方法

种子发芽结束后,参照张如莲等^[23]和罗旭辉^[11]的方法对不同绿肥种子的发芽率、发芽势和硬实率进行统计分析。公式如下:

发芽率(%) = 正常发芽种子粒数/供试种子数 × 100;

发芽势(%) = 达到高峰期时正常发芽种子粒数/供试种子数 × 100;

硬实率(%) = 预定时间内没有吸胀的种子数/供试种子数 × 100。

数据的统计与分析采用SPSS 19.0软件。

2 结果与分析

2.1 处理温度对绿肥种子硬实率的影响

不同初始温度对橡胶园覆盖绿肥种子硬实率的影响见表1。研究结果表明,随着处理水温的提高,不同绿肥的硬实率总体呈下降趋势。印尼乌绿豆、决明、柱花草3种绿肥种子,经不同温度热水处理后种子硬实率都很低,最低的处理为零。毛蔓豆、爪哇葛藤、大叶千斤拔、铺地木蓝、十一叶木蓝5种绿肥,经不同温度热水处理后种子硬实率仍然很高,种子硬实率最低为52.33%~82.67%。圆叶决明、长果猪屎豆、钝叶决明、刺毛黧豆4种绿肥,经不同温度热水处理后种子硬实率显著下降;圆叶决明从87.67%下降到10.33%,长果猪屎豆从25.00%下降到7.33%,钝叶决明从55.67%下降到8.67%,刺毛黧豆从55.00%下降到11.33%。

表1 初始温度对绿肥种子硬实率的影响

(%)

品种	初始温度(℃)							
	26℃(CK)	60℃	65℃	70℃	75℃	80℃	85℃	90℃
毛蔓豆	94.67 ± 1.53a	93.00 ± 1.73a	91.00 ± 1.00ab	91.33 ± 1.15ab	87.67 ± 5.77abc	82.67 ± 7.77c	83.00 ± 1.73c	84.67 ± 2.08bc
爪哇葛藤	79.00 ± 2.65ab	78.67 ± 2.89ab	75.67 ± 4.16b	85.00 ± 2.00a	75.67 ± 6.81b	75.00 ± 3.61bc	74.00 ± 2.65bc	67.33 ± 6.81c
印尼乌绿豆	0.00 ± 0.00b	1.33 ± 2.31b	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b	15.00 ± 4.58a	0.00 ± 0.00b	0.67 ± 1.15b
大叶千斤拔	68.00 ± 6.08b	46.67 ± 14.74c	72.67 ± 5.86ab	84.33 ± 2.52a	66.67 ± 6.03b	74.33 ± 2.52ab	52.33 ± 6.11c	66.67 ± 6.43b
圆叶决明	87.67 ± 4.04a	85.00 ± 3.46a	79.67 ± 7.02ab	64.00 ± 8.54bc	46.67 ± 18.58c	26.33 ± 12.66d	10.33 ± 3.06d	18.33 ± 13.01d
铺地木蓝	77.33 ± 3.79a	71.33 ± 5.51ab	72.33 ± 4.51ab	65.33 ± 3.79bcd	58.00 ± 3.46d	60.33 ± 4.51ed	66.33 ± 4.73bc	63.00 ± 2.65cd
十一叶木蓝	79.33 ± 6.43a	75.33 ± 0.58ab	73.00 ± 1.00ab	69.67 ± 5.77ab	66.67 ± 3.79b	66.67 ± 9.61b	66.00 ± 4.00b	68.33 ± 8.14b
长果猪屎豆	25.00 ± 2.00a	14.33 ± 3.21b	7.00 ± 2.65c	8.00 ± 1.00c	10.00 ± 1.73bc	7.67 ± 1.15c	7.33 ± 3.06c	8.67 ± 4.51c
决明	9.00 ± 2.65a	7.67 ± 4.62a	11.00 ± 3.00a	6.33 ± 4.16ab	2.33 ± 3.21bc	1.33 ± 0.58bc	1.00 ± 1.41bc	0.67 ± 0.58c
钝叶决明	55.67 ± 4.73a	39.00 ± 1.00b	41.33 ± 8.14b	21.00 ± 5.29cd	29.00 ± 3.61c	13.67 ± 2.31de	9.50 ± 5.57e	8.67 ± 5.03e
刺毛黧豆	55.00 ± 4.58a	53.00 ± 3.61a	47.00 ± 12.17ab	14.67 ± 0.58d	37.00 ± 2.65bc	35.50 ± 3.54c	15.33 ± 5.86c	11.33 ± 8.50d
柱花草	6.30 ± 3.21b	3.00 ± 1.00b	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b	17.67 ± 10.60a	1.00 ± 1.00b	0.67 ± 0.58b	0.00 ± 0.00b

注:同行不同字母表示差异显著($P < 0.05$),相同字母表示差异不显著,下同。

2.2 处理温度对绿肥种子发芽势的影响

一般认为, 种子发芽势决定着出苗的整齐程度, 发芽势高, 则表示种子活力强, 发芽整齐, 出苗较一致, 增产潜力大^[24]。不同初始温度对橡胶园覆盖绿肥种子发芽势的影响见表2。研究结果表明, 柱花草经常温水处理后发芽势最高, 为51.67%, 升高处理水温均能明显提高其余11种绿肥的发芽势。毛蔓豆、圆叶决明、刺毛黧豆85

℃处理的发芽势最高, 分别为82.67%、60.67%、47.00%; 大叶千斤拔80℃处理的发芽势最高, 为40.00%; 爪哇葛藤、钝叶决明70℃处理的发芽势最高, 分别为83.33%、55.67%; 铺地木蓝65℃处理的发芽势最高, 为54.00%; 印尼乌绿豆、十一叶木蓝、长果猪屎豆、决明60℃处理的发芽势最高, 分别为78.00%、59.00%、70.67%、73.33%。

表2 初始温度对绿肥种子发芽势的影响 (%)

品种	初始温度 (℃)							
	26℃ (CK)	60℃	65℃	70℃	75℃	80℃	85℃	90℃
毛蔓豆	7.00 ± 1.73e	12.67 ± 1.53e	24.67 ± 4.62d	39.33 ± 8.08c	60.33 ± 3.21b	76.00 ± 6.00a	82.67 ± 8.14a	81.33 ± 4.04a
爪哇葛藤	34.00 ± 6.56b	70.67 ± 6.66a	81.00 ± 7.21a	83.33 ± 6.03a	79.00 ± 4.58a	76.00 ± 11.27a	70.67 ± 5.13a	72.67 ± 4.93a
印尼乌绿豆	57.67 ± 10.07bc	78.00 ± 3.61a	68.00 ± 8.89ab	62.00 ± 11.53bc	53.33 ± 7.57bc	50.67 ± 8.02c	47.33 ± 11.02c	12.67 ± 5.77d
大叶千斤拔	16.00 ± 4.00c	21.67 ± 6.11bc	23.00 ± 2.65bc	29.00 ± 4.58b	37.67 ± 5.03a	40.00 ± 3.61a	38.33 ± 3.06a	37.33 ± 2.89a
圆叶决明	3.00 ± 3.06e	3.00 ± 1.00e	6.00 ± 3.61e	20.67 ± 5.03d	38.33 ± 16.65c	56.67 ± 9.29ab	60.67 ± 0.58a	46.33 ± 7.51bc
铺地木蓝	12.67 ± 2.31d	41.67 ± 13.05ab	54.00 ± 13.89a	49.33 ± 3.06ab	43.67 ± 8.39ab	41.33 ± 1.53ab	35.67 ± 3.06bc	23.67 ± 7.37cd
十一叶木蓝	12.67 ± 2.31d	59.00 ± 13.89a	52.33 ± 7.77ab	49.67 ± 5.51ab	53.33 ± 7.77ab	44.00 ± 8.66b	39.67 ± 6.51bc	26.33 ± 4.51e
长果猪屎豆	63.00 ± 1.73a	70.67 ± 2.52a	61.67 ± 15.70a	66.67 ± 16.50a	40.33 ± 9.71b	29.33 ± 18.93b	32.33 ± 8.74b	18.67 ± 8.96b
决明	60.33 ± 14.57ab	73.33 ± 5.51a	61.33 ± 12.70ab	60.67 ± 15.82ab	53.00 ± 13.08b	1.00 ± 0.00c	1.33 ± 0.58c	0.00 ± 0.00c
钝叶决明	52.00 ± 12.17ab	54.00 ± 1.73ab	53.67 ± 0.58ab	55.67 ± 4.04a	47.00 ± 9.54ab	35.67 ± 14.19bc	26.00 ± 11.53c	22.00 ± 14.73c
刺毛黧豆	29.67 ± 13.20b	42.00 ± 6.24ab	41.67 ± 1.53a	37.67 ± 4.93ab	46.67 ± 5.03a	45.50 ± 2.12a	47.00 ± 2.83a	40.00 ± 7.07ab
柱花草	51.67 ± 11.72a	34.33 ± 8.14b	15.67 ± 4.04c	2.33 ± 2.08d	1.67 ± 0.58d	0.00 ± 0.00d	0.00 ± 0.00d	0.00 ± 0.00d

2.3 处理温度对绿肥种子发芽率的影响

不同初始温度对橡胶园覆盖绿肥种子发芽率的影响见表3。研究结果表明, 柱花草在常温水中处理的发芽率较高, 为55.67%, 升高处理水温均能明显提高其余11种绿肥的发芽率。毛蔓豆90℃处理的发芽率最高, 为85.67%; 圆叶决明85℃处理的发芽率最高, 为62.67%; 大叶千斤拔80℃处理

的发芽率最高, 为42.33%; 刺毛黧豆75℃处理的发芽率最高, 为54.00%; 爪哇葛藤、钝叶决明70℃处理的发芽率最高, 分别为86.67%、58.00%; 铺地木蓝65℃处理的发芽率最高, 为59.33%; 印尼乌绿豆、十一叶木蓝、长果猪屎豆、决明60℃处理的发芽率最高, 分别为80.67%、59.00%、73.33%、76.67%。

表3 初始温度对绿肥种子发芽率的影响 (%)

品种	初始温度 (℃)							
	26℃ (CK)	60℃	65℃	70℃	75℃	80℃	85℃	90℃
毛蔓豆	8.00 ± 1.73e	16.33 ± 0.58e	27.33 ± 4.93d	43.67 ± 10.60c	65.67 ± 3.06b	78.00 ± 6.00a	85.33 ± 7.57a	85.67 ± 2.52a
爪哇葛藤	35.67 ± 7.51c	72.67 ± 6.51b	83.67 ± 7.77ab	86.67 ± 4.04a	81.33 ± 5.03ab	78.33 ± 10.41ab	73.33 ± 3.79b	75.33 ± 6.43ab
印尼乌绿豆	58.67 ± 10.07bc	80.67 ± 5.69a	69.67 ± 9.07ab	64.67 ± 12.66abc	54.33 ± 7.57bc	53.00 ± 9.54bc	49.67 ± 10.97c	13.67 ± 5.77d
大叶千斤拔	18.00 ± 3.61c	27.00 ± 5.29b	25.00 ± 3.46bc	35.00 ± 5.57a	40.33 ± 5.51a	42.33 ± 3.06a	41.00 ± 2.65a	40.00 ± 5.00a
圆叶决明	4.33 ± 1.15e	4.33 ± 1.15e	7.67 ± 4.16e	22.67 ± 5.03d	40.00 ± 16.37c	58.33 ± 9.07ab	62.67 ± 0.58a	48.00 ± 7.55bc
铺地木蓝	15.33 ± 2.52d	51.67 ± 13.05ab	59.33 ± 14.47a	58.00 ± 3.61a	47.33 ± 9.07ab	46.67 ± 1.53ab	41.33 ± 1.53bc	28.33 ± 5.86cd
十一叶木蓝	14.67 ± 3.21c	59.00 ± 13.89a	55.33 ± 5.86ab	53.33 ± 7.09ab	57.33 ± 6.51a	46.67 ± 7.57ab	42.33 ± 6.51b	27.67 ± 6.03c
长果猪屎豆	66.67 ± 3.21a	73.33 ± 2.08a	65.00 ± 14.18a	70.00 ± 16.09a	42.33 ± 10.41b	31.33 ± 18.01b	35.67 ± 8.62b	23.00 ± 10.44b
决明	65.33 ± 16.26ab	76.67 ± 6.66a	65.00 ± 11.27ab	64.67 ± 16.26ab	55.67 ± 14.47b	2.33 ± 1.53c	1.33 ± 0.58c	0.00 ± 0.00c
钝叶决明	57.67 ± 13.05a	56.33 ± 2.08a	57.33 ± 2.31a	58.00 ± 4.36a	52.00 ± 10.44a	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00b
刺毛黧豆	38.00 ± 13.00b	46.00 ± 5.57ab	45.33 ± 2.08ab	41.00 ± 3.46ab	54.00 ± 4.58a	50.33 ± 2.08ab	49.67 ± 5.51ab	40.33 ± 10.69b
柱花草	55.67 ± 8.96a	37.00 ± 7.21b	17.67 ± 5.69c	3.00 ± 2.65d	1.67 ± 0.58d	0.00 ± 0.00d	0.00 ± 0.00d	0.00 ± 0.00d

综合分析表2和表3,柱花草在常温水中处理的发芽势和发芽率均最高,且随着处理温度的升高其发芽势和发芽率均呈下降趋势,60℃后发芽势和发芽率显著下降,75℃后甚至几乎不发芽。毛蔓豆、大叶千斤拔、圆叶决明、刺毛黧豆4种绿肥,其发芽势和发芽率均随处理温度升高而增加,80℃时大叶千斤拔发芽势和发芽率均最高,85℃时圆叶决明最高。毛蔓豆的发芽势85℃处理最高,发芽率90℃处理最高,但与85℃处理差异不显著,故毛蔓豆的最佳发芽温度为85℃。刺毛黧豆发芽势85℃处理最高,但与75℃处理差异不显著,发芽率75℃处理最高,故刺毛黧豆的最佳发芽温度为75℃。爪哇葛藤、印尼乌绿豆、铺地木蓝、十一叶木蓝、长果猪屎豆、决明、钝叶决明7种绿肥,其发芽势和发芽率则随处理温度升高呈先升高后下降。印尼乌绿

豆、长果猪屎豆、决明处理75℃后发芽势和发芽率急剧下降,钝叶决明为80℃,爪哇葛藤、铺地木蓝、十一叶木蓝为85℃。爪哇葛藤、钝叶决明的最佳发芽温度为70℃,铺地木蓝为65℃,印尼乌绿豆、十一叶木蓝、长果猪屎豆、决明为60℃。

2.4 绿肥种子硬实率与发芽情况的相关分析

对绿肥种子不同处理温度下的硬实率与发芽势、发芽率、萌发开始和持续时间进行相关分析,结果见表4。绿肥硬实率与绿肥开始萌发时间、萌发持续时间呈极显著正相关,相关系数分别为0.480、0.517;绿肥开始萌发时间与萌发持续时间呈极显著正相关,相关系数为0.538;绿肥萌发持续时间与发芽势、发芽率呈显著、极显著正相关,相关系数分别为0.245、0.328。绿肥发芽率与发芽势呈极显著正相关,相关系数为0.973。

表4 不同覆盖绿肥种子硬实率与发芽情况相关性分析

	硬实率	开始萌发时间	萌发持续时间	发芽势	发芽率
硬实率	1				
开始萌发时间	0.480 **	1			
萌发持续时间	0.517 **	0.538 **	1		
发芽势	0.086	-0.041	0.245 *	1	
发芽率	0.137	0.042	0.328 **	0.973 **	1

注:*、**分别表示0.05和0.01水平时差异显著、极显著。

3 讨论与结论

高温烫种可以软化种皮,去掉种皮表层的蜡质和油脂,提高透性和浸出种子内发芽抑制成分,是最常用的一种种子处理方法^[25]。随着处理水温的提高,不同绿肥种子的硬实率总体呈下降趋势。柱花草在常温水中处理的发芽势和发芽率均最高。毛蔓豆、圆叶决明发芽势和发芽率最高的均是85℃处理,与罗旭辉等^[12]的研究结果基本一致。大叶千斤拔为80℃处理,刺毛黧豆为75℃处理,爪哇葛藤、钝叶决明为70℃处理,铺地木蓝为65℃处理,印尼乌绿豆、十一叶木蓝、长果猪屎豆、决明为60℃处理。

柱花草的处理温度从常温升到60℃,其发芽势和发芽率由最高值显著下降,而且最高发芽率仅为55.67%,故今后的研究在常温和60℃之间应增设不同温度处理。而大叶千斤拔、刺毛黧豆2种绿肥随处理温度变化不大,发芽势和发芽率均未达理想水平,仅为42.33%~54.00%,故应考虑其他处

理方式,如化学处理或生物处理^[26]。本试验盖沙厚度以种子不裸露为准,每天喷水以保持沙盘湿润,但不同的盖沙厚度和沙子的含水量是否对绿肥种子的萌发有影响,影响程度如何,均需进一步的试验研究。

绿肥硬实率与开始萌发时间、持续萌发时间呈显著正相关,表明硬实率越高的绿肥种子出苗越慢且越不整齐,这与田间育苗观察结果一致。硬实率低的绿肥种子发芽快、出苗整齐,故对绿肥种子进行播种前处理时应尽量降低它的硬实率,如可将第一次处理仍未吸胀的种子挑拣出来,进行再次处理,以促进绿肥提早出苗,提高其出苗整齐度。

参考文献:

- [1] 王启方,黄茂芳,余和平. 2010年天然橡胶生产国协会会员国生产概况[J]. 中国橡胶, 2011, 27(6): 22-25.
- [2] 杨春霞,赵志平,杨丽萍,等. 不同覆盖绿肥养分特性及其对橡胶园土壤理化性质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 467-474.
- [3] 曹建华,蒋菊生,梁玉斯. 胶-农复合生态系统生态效益

- 比较研究 [J]. 热带农业科学, 2007, 27 (6): 1-4.
- [4] Philip A, Punnoose K I, George E S. Effect of phosphorus on the growth and nutritional status of three leguminous cover crops in rubber plantations [J]. Indian Journal of Natural Rubber Research, 2001, 14 (1): 43-47.
- [5] Philip A, George E S, Punnoose K I. Comparative evaluation of dry matter production and nutrient accumulation in the shoots of *Pueraria phaseoloides* Benth and *Mucuna bracteata* D. C. grown as cover crops in an immature rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation [J]. Natural Rubber Research, 2005, 18 (1): 87-92.
- [6] 梁玉斯. 橡胶园农林复合生态系统评价研究 [D]. 海南: 华南热带农业大学, 2007.
- [7] Singh R P, Deka H K, Chaudhuri D. Comparative efficiency of two cover crops on soil enrichment, accumulation of nutrients, microbial population and growth of *Hevea Brasiliensis* in Meghalaya [J]. Natural Rubber Research, 2007, 20 (1&2): 66-73.
- [8] 陈海魁, 任贤, 贝盖临, 等. 植物种子的硬实现象及其处理方法研究综述 [J]. 甘肃农业, 2008, (2): 80-81.
- [9] 中国热带农业科学院, 华南热带农业大学. 中国热带作物栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 91-96.
- [10] 文亦芾, 张发兵, 曹国军. 几种处理对银合欢种子活力的影响研究 [J]. 草业与畜牧, 2007, 137 (4): 9-14.
- [11] 罗旭辉, 詹杰, 陈义萍, 等. 浸种处理对闽羽羽叶决明种子萌发的影响 [J]. 草原与草坪, 2010, 30 (2): 47-49.
- [12] 罗旭辉, 詹杰, 陈瑞金, 等. 浸种处理对圆叶决明种子萌发的影响 [J]. 草业科学, 2011, 28 (8): 1451-1455.
- [13] 李耀龙. 硬实种子萌发处理方法探究 [J]. 园艺与种苗, 2011, (6): 99-102.
- [14] 叶常丰, 戴心维. 种子学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 162-196.
- [15] Bhattacharya A, Saha P K. Ultrastructure of seed coat and water uptake pattern of seeds during germination in *Cassia* sp [J]. Seed Sci. Technol., 1990, 18: 97-103.
- [16] Baskin C C, Baskin J M. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination [M]. San Diego: Academic Press, 1998. 239-330.
- [17] 何康, 黄宗道. 热带北缘橡胶树栽培 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1987. 152-155.
- [18] 杨春霞, 赵志平, 杨丽萍. 不同覆盖绿肥在云南开割胶园的生态适应性研究 [J]. 热带作物学报, 2011, 32 (11): 1-7.
- [19] 邓锡武. 胶园葛藤覆盖应用效果 [J]. 中国热带农业, 2010, (2): 40-42.
- [20] 蒋菊生, 谢贵水, 林位夫, 等. 胶园间种植花草的生态适宜性及间作效益评价 [J]. 热带作物学报, 1999, 20 (1): 13-18.
- [21] 庞家平, 陈明勇, 唐建维. 橡胶-大叶千斤拔复合生态系统中的植物生长与土壤水分养分动态 [J]. 山地学报, 2009, 27 (4): 433-441.
- [22] 杨春霞, 赵志平, 李春丽, 等. 云南胶园耐荫豆科绿肥资源调查与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11 (2): 157-161.
- [23] 张如莲, 龙开意. 不同温度处理对臀形草种子发芽速率的影响 [J]. 四川草原, 2005, (7): 27-28.
- [24] 卢杰, 郑维列, 张建新. 温度对长鞭红景天种子发芽的影响 [J]. 西北林学院学报, 2010, 25 (3): 101-106.
- [25] 杨期和, 尹小娟, 叶万辉. 硬实种子休眠的机制和解除方法 [J]. 植物学通报, 2006, 23 (1): 108-118.
- [26] 赵茜. 大叶千斤拔-云南热区优良牧草种质资源 [J]. 四川草原, 2002, (4): 31-42.

Effects of different initial temperatures on the seed germination of mulch green manure in rubber plantation

YANG Chun-xia, LIU Zhong-mei, DENG Yue-ye, ZHAO Zhi-ping * (Yunnan Institute of Tropical Crop, Jinghong Yunnan 666100)

Abstract: This experiment was conducted to determine the optimum temperature for seed germination of green manure. In room temperature, 12 kinds of leguminous green manure seeds were treated by hot water with the initial temperature of 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 °C, respectively. And the water under room temperature was designed as control (CK). The results showed that seed germination energy and rates of *Stylosanthes guianensis* was the highest in room temperature. But the other 11 kinds of green manure seed germination energy and germination rates were significantly improved as the temperatures of hot water rose. The optimum germination temperatures to treat different green manure were as follows: 85 °C for *Calopogonium mucunoides* and *Chamaecrista rotundifolia*, 80 °C for *Flemingia macrophylla*, 75 °C for *Mucuna pruriens*, 70 °C for *Pueraria phaseoloides* and *Cassia obtusifolia*, 65 °C for *Indigofera endecaphylla*, 60 °C for *Phaseolus* spp, *Indigofera spicata*, *Crotalaria lanceolata* and *Senna obtusifolia*.

Key words: rubber plantation; mulch green manure; treated temperature; seed germination