

秃杉优树自由授粉子代测定研究

王明怀¹, 陈建新¹, 谢金铤², 梁胜耀³, 黄越茂³, 梁仕威³

(1 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2 广东省林业种苗与基地管理总站, 广东 广州 510172;

3 广东省肇庆市国有林业总场, 广东 肇庆 526020)

摘要:通过对 24 个秃杉 *Taiwania flousiana* 优树自由授粉子代、台湾杉 *T. cryptomerioides* 和香杉 *Cunninghamia konishii* 的苗期及田间造林试验, 观测分析了 3 树种场圃发芽率及高生长节律特征, 用 Marquardt 方法拟合了 Logistic 苗高生长曲线, 利用 6 年生秃杉自由授粉家系和台湾杉生长性状数据, 采用方差分析法分析树种间差异显著性, 以及秃杉自由授粉家系间差异显著性, 并估算秃杉生长性状遗传参数, 初步选择了 6 个优良的秃杉优树自由授粉家系. 结果表明: 秃杉、台湾杉和香杉 3 树种的平均场圃发芽率分别为 9.1%、11.3% 和 1.3%, 一年生平均苗高为 25.1、22.9 和 24.4 cm, 3 树种苗高生长速生期开始及结束日期依次推后; 秃杉与台湾杉的生长性状树种间差异显著, 秃杉的生长性状家系间差异显著; 秃杉自由授粉家系的胸径、树高和单株材积的遗传力分别为 0.88、0.87 和 0.91, 从 19 个家系中选择 6 个优良家系, 单株材积遗传增益为 52.6%, 现实增益为 58.1%.

关键词:秃杉; 台湾杉; 香杉; 优树自由授粉子代; 遗传力

中图分类号: S722.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2009)01-0060-04

Open-Pollination Progeny Test for Superior Tree of *Taiwania flousiana*

WANG Ming-huai¹, CHEN Jian-xin¹, XIE Jin-lian², LIANG Sheng-yao³,
HUANG Yue-mao³, LIANG Shi-wei³

(1 Guangdong Forest Research Institute, Guangzhou 510520, China; 2 General Administration Station of Forestry Seed and Seedling, Afforestation Base of Guangdong Province, Guangzhou 510172, China; 3 Zhaoqing State-Owned Forest Farm, Zhaoqing 526020, China)

Abstract: Seedling and field afforestation test for 24 open-pollination progenies of superior trees, i. e., *Taiwania flousiana*, *Taiwania cryptomerioides* and *Cunninghamia konishii*, were carried out. The research included 3 species' nursery germination rate and height rhythm, curve fitting using Logistic growth model of seedling height by the Marquardt method, significance comparison between species and among *T. flousiana* open-pollination families by variance analysis method with 6-years-old data, and an evaluation of genetic parameter of *T. flousiana* growth traits. 6 excellent *T. flousiana* open-pollination families were tentatively selected. The average nursery germination rate of the 3 species were 9.1%, 11.3% and 1.3%, respectively. The average height of 1-year-old seedling were 25.1, 22.9 and 24.4 cm. The starting and ending date of fast growing period for seedling height growth of the 3 species came later consecutively. The differences of growth traits were significant between species, and among *T. flousiana* open-pollination families. Heritabilities for DBH, height, single volume of *T. flousiana* open-pollination family were 0.88, 0.87, and 0.91, respectively, six families were selected for 19 families with genetic gain of 52.6% and realized gain of 58.1%.

Key words: *Taiwania flousiana*; *Taiwania cryptomerioides*; *Cunninghamia konishii*; open-pollination progeny of superior tree; heritability

收稿日期: 2008-03-04

作者简介: 王明怀(1972—), 男, 副研究员, 硕士, E-mail: wmhazdm@yahoo.com.cn

基金项目: 广东省科技计划项目“濒危树木秃杉优良品种在生态公益林的应用”(2002C40108)

秃杉 *Taiwania flousiana* 为杉科台湾杉属,常绿乔木,树体高大,列入国家一级珍稀濒危保护植物.天然分布于湖北西南部利川、贵州东南部雷公山区和云南横断山脉以西怒江和澜沧江流域、福建鹭峰山脉中南段屏南、古田2县,分布在 $24^{\circ}31' \sim 30^{\circ}08' N$, $97^{\circ} \sim 109^{\circ}06' E$,呈星散或小块状分布于沟谷地带,垂直分布在海拔 $800 \sim 2\,500\text{ m}$,缅甸北部有少量分布^[1].秃杉前期生长较缓慢,李风华等^[2]报道秃杉栽植头2年内幼树生长缓慢,树高、胸径3~24年为速生期.秃杉寿命长,后期生长迅速,到54年生时材积生长仍处于旺盛阶段,还未达数量成熟,约40年后才开花结实,因此,秃杉是培育大径材,营建生态公益林潜在的优良树种.自20世纪80年代以来,全国开展了规模性秃杉引种栽培,试验证明,秃杉具有较强的适应性,生长良好,适应我国南方各省引种^[3-5].先后进行了秃杉自然分布和天然林的调查^[6],作过生态学特性、育苗、扦插繁殖^[7-8]、引种栽培试验、种源选择及栽培区划^[9-12]以及木材物理学性质等项研究^[13-14].本试验以原产地秃杉、台湾杉和香杉为对象,作苗期、幼林生长性状研究,以期选出速生树种和优良家系,推动秃杉引种和良种繁育工作.

1 材料与方法

1.1 试验材料

秃杉 *Taiwania flousiana* 优树自由授粉种子24份,其中来自云南的19份、湖北利川的4份、贵州雷山的1份,台湾杉 *Taiwania cryptomerioides* 和香杉 *Cunninghamia konishii* 种子来自中国台湾,以3种树种作种间苗期比较试验;因苗数不足,只有来自云南的16份、利川的2份、雷山的1份共19份秃杉和台湾杉参加造林试验.

1.2 试验地概况

试验地设在广东省怀集县大坑山林场,该场位于 $112^{\circ}11' E$ 、 $23^{\circ}47' N$,年均温 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降水 $1\,753.4\text{ mm}$,极端低温 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,海拔 298 m .土壤为山地黄棕壤,土层厚 1.03 m .

1.3 苗期试验

1997年春播种育苗,采用随机区组设计,每重复播种5行,面积 1 m^2 ,重复3次,即每份播种15行.播后15d开始观测,每隔3d统计1次发芽出土的株数,最后统计场圃发芽率;每小区选定平均苗木5株,从6月30日开始,每月15、30日各进行1次苗高测定,直至停止生长,统计苗高生长节律.

1.4 造林试验设计及调查

1998年春造林,田间试验采用随机完全区组设

计,4株式正方形小区,每份重复8次,株行距 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$.2004年调查每木的树高和胸径.

1.5 统计分析

应用 Logistic 模型描述秃杉等3种苗木高生长进程,继而利用 Logistic 模型的有关参数确定“S”形曲线上2个重要特征点——速生期起始点和终点的横轴值^[15],即: $t_1 = [a - \ln(S + \sqrt{S^2 - 1})]/b$, $t_2 = [a - \ln(S - \sqrt{S^2 - 1})]/b$,其中: $S = [(a + 1) + e^a(a - 1)] / (e^a - 1)$, t_1 、 t_2 分别为速生期起始点、终点的横轴值; a 、 b 为 Logistic 模型参数, a 为与初始值有关的参数, b 为最大生长速率. t_1 、 t_2 确定后,代入 Logistic 模型则可求出相应的纵轴值,依此,将整个连续性生长过程科学地划分为前慢期、速生期和后慢期3个阶段.

秃杉、台湾杉单株材积按公式 $V = 0.000\,058\,77 \times D_{\text{BH}}^{1.969\,983\,1} \times H^{0.896\,461\,57}$ 估算^[16],其中 V 、 D_{BH} 、 H 分别为单株材积、胸径、树高.采用线性模型 $Y = \mu + B_i + T_j(F_j) + M_{ij}(N_{ij}) + E_{ijk}$ 对秃杉与台湾杉树种间、秃杉自由授粉家系间进行方差分析,其中 Y 为观测值, μ 为总平均值, B_i 、 T_j 、 F_j 、 M_{ij} 、 N_{ij} 、 E_{ijk} 为区组、树种、家系、区组与树种交互、区组与家系交互、误差效应.

秃杉家系遗传力 (h_f) 估算公式^[17-18]: $h_f = k_2\sigma_f^2 / (\sigma_e^2 + k_1\sigma_{b \times f}^2 + k_2\sigma_f^2)$, k_1 和 k_2 为期望均方系数, $\sigma_{b \times f}^2$ 、 σ_f^2 、 σ_e^2 分别为区组与家系交互作用方差、家系表型方差、环境方差.秃杉家系遗传增益、现实增益估算公式分别为: $\Delta G = (s \times h_f^2 / \bar{X}) \times 100\%$ 、 $G = (s / \bar{X}) \times 100\%$,式中: ΔG 、 G 、 s 、 \bar{X} 分别为遗传增益、现实增益、选择差、总平均值.

苗高生长过程模拟、方差分析采用 SAS 软件系统^[18-19],树种及家系间方差分析数据均以单株输入.

2 结果与分析

2.1 场圃发芽率

1997年播种并开展苗期试验,秃杉平均场圃发芽率 9.1% ,台湾杉及香杉场圃发芽率分别为 11.3% 和 1.3% ,可见这3个树种场圃发芽率都不高.秃杉优树自由授粉种子的场圃发芽率在 $0 \sim 32\%$,最高是云南17,为 32.0% ,最低是利川沙片67,为 0.0% .从家系看,场圃发芽率变幅很大,原因有待研究.

2.2 苗高及生长过程

秃杉、台湾杉和香杉平均苗高为 25.1 、 22.9 和 24.4 cm .3树种苗期高生长过程曲线见图1,3树种曲

线变化规律相似,呈“S”曲线. 用 Marquardt 方法最优拟合 Logistic 曲线, 秃杉等 3 树种苗高生长曲线方程分别为: $Y_1 = 28.7642 / [1 + \exp(3.1183 - 0.0188t)]$ 、 $Y_2 = 25.6998 / [1 + \exp(3.8673 - 0.0219t)]$ 、 $Y_3 = 26.8046 / [1 + \exp(4.9913 - 0.0266t)]$, t 为播种后某阶段的时间 (d). 模拟方程参数估计的 t -检验均达极显著水平, 以上模拟方程 Y 与播种后时间 t 之间的决定系数 (r^2) 分别为 0.9909、0.9945、0.9974.

依上述公式计算的秃杉、台湾杉和香杉苗高生长特性值如表 1 所示. 3 树种速生期起点分别在播种后第 84.7、95.6、109.5 d, 即 6 月 10 日、6 月 21 日、7 月 5 日, 可见 3 树种速生期起点依次推迟; 速生期终点分别在播种后第 247.0、257.6、265.8 d, 即 11 月 19 日、11 月 30 日、12 月 8 日, 速生期结束日期亦依次推后; 速

生期分别为 162.2、162.0、156.3 d, 速生期长短相差较少, 仅 5.9 d; 前慢期、速生期和后期慢期 3 阶段相比, 速生期时间最长; 3 树种中香杉速生期最短, 但速生期苗高生长比率最大, 为 85.4%.

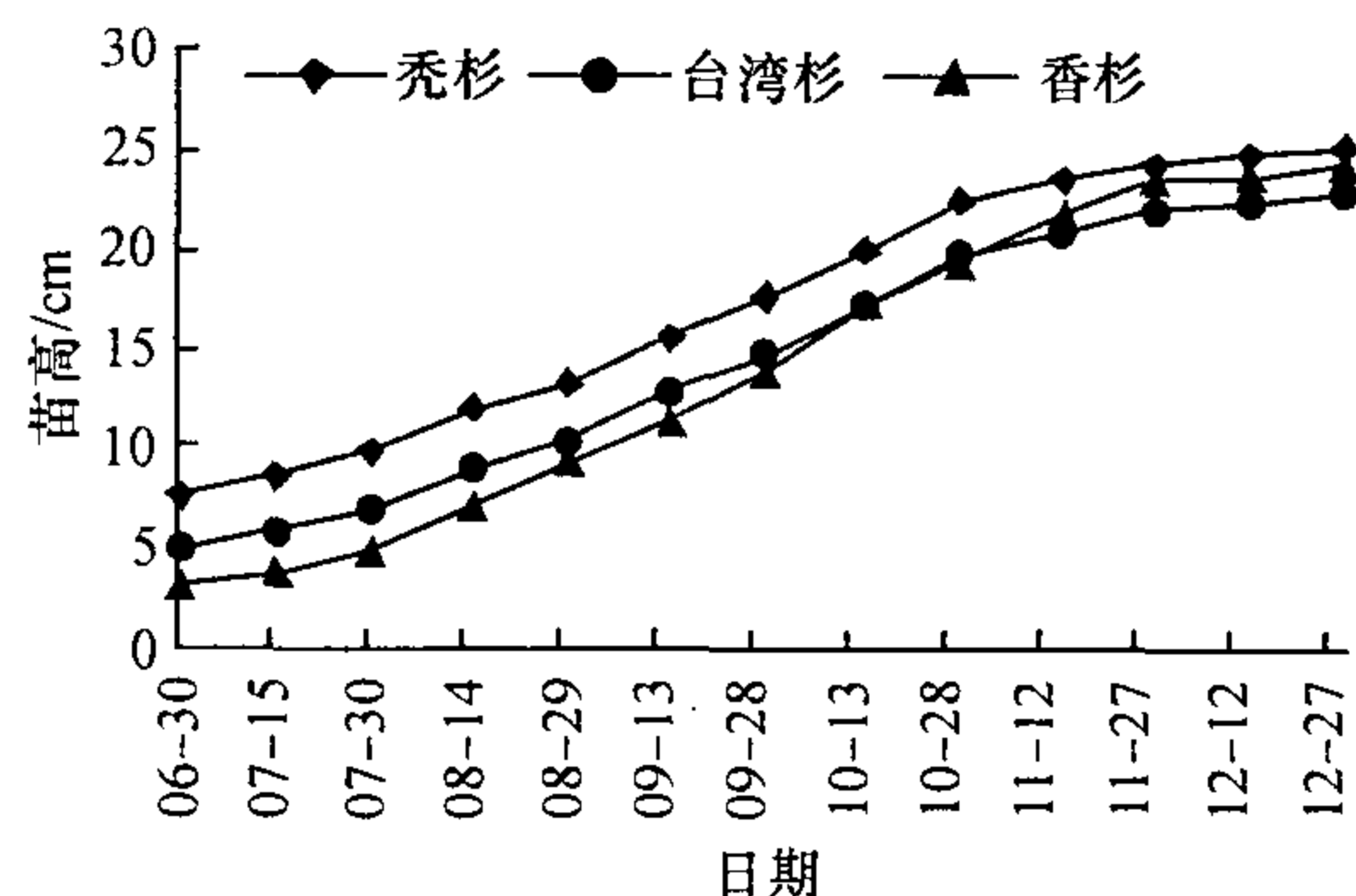


图 1 3 树种的苗高生长过程曲线

Fig. 1 The growth curve for seedling height of 3 species

表 1 3 树种的苗高生长特性值

Tab. 1 Growth characteristic for seedling height of 3 species

树种	速生期起点		速生期终点		速生期中点		速生期生长量/cm	$t_{\text{速生期}}/d$	各期生长所占比率/%		
	t/d	苗高/cm	t/d	苗高/cm	t/d	苗高/cm			前慢期	速生期	后慢期
秃杉	84.7	5.1	247.0	23.6	165.9	14.4	18.5	162.2	20.4	73.6	6.0
台湾杉	95.6	3.7	257.6	22.0	176.6	12.9	18.3	162.0	16.3	79.7	4.0
香杉	109.5	3.0	265.8	23.8	187.6	13.4	20.8	156.3	12.2	85.4	2.4

2.3 幼林生长性状方差分析

2.3.1 树种间差异分析 2004 年秃杉与台湾杉生长性状方差分析 (表 2) 表明, 平均胸径、树高与单株材积树种间差异显著, 秃杉、台湾杉平均胸径分别为 7.41、9.49 cm, 平均树高分别为 6.72、7.70 m, 平均单株材积分别为 1.95×10^{-2} 、 $3.51 \times 10^{-2} m^3$, 台湾杉平均单株材积比秃杉高 80.0%.

2.3.2 秃杉家系间差异分析 2004 年秃杉家系间生长性状方差分析 (表 3) 显示, 平均胸径、树高、单株材积的家系间差异显著, 因此开展秃杉优良家系选择是有效的. 19 个家系的平均单株材积为 $1.12 \times$

$10^{-2} \sim 4.05 \times 10^{-2} m^3$, 秃杉平均单株材积 $1.95 \times 10^{-2} m^3$ (表 4), 最优家系是贵州雷山, 最差家系是云南 31, 相差 2.6 倍.

表 2 秃杉、台湾杉 6 年生长性状方差分析 (F)

Tab. 2 Variance analysis of growth trait for 6-year *Taiwania flousiana* and *T. Cryptomeriodes*

变异来源	ν	胸径	树高	单株材积
区组	7	2.54*	8.01**	4.40**
树种	1	29.81**	14.28**	31.16**
区组 × 树种	7	0.84	1.06	1.56
误差	585			

表 3 秃杉自由授粉家系 6 年生长性状方差分析

Tab. 3 Variance analysis of growth traits for 6-years-old open-pollination family of *Taiwania flousiana*

变异来源	ν	期望均方 ¹⁾	胸径		树高		单株材积	
			F	方差分量	F	方差分量	F	方差分量
区组	7	$\sigma_e^2 + k_1\sigma_{b \times f}^2 + k_2\sigma_f^2 + k_3\sigma_b^2$	15.53**	0.3021	34.03**	0.5253	15.29**	1.746
家系	18	$\sigma_e^2 + k_1\sigma_{b \times f}^2 + k_2\sigma_f^2$	25.77**	1.3522	13.85**	0.4503	25.96**	7.513
区组 × 家系	126	$\sigma_e^2 + k_1\sigma_{b \times f}^2$	3.01**	0.9426	1.74**	0.2196	2.46**	3.685
误差	419	σ_e^2		1.7601		1.1101		9.477

1) $k_1 = 3.8154, k_2 = 0.0591, k_3 = 71.3630$

表4 秃杉自由授粉家系生长性状平均值及多重比较¹⁾
Tab.4 The means of growth traits and multiple comparison for open-pollination family of *T. flousiana*

自由授粉家系	D_{BH}/cm	H/m	V/m^3
贵州雷山	10.03 a	8.03 ab	0.040 5 a
云南1	9.60 ab	8.18 a	0.035 9 ab
利川毛坝41	9.15 b	7.54 bc	0.032 9 b
云南2	8.38 c	7.63 abc	0.027 3 c
利川毛坝22	8.31 c	6.64 def	0.024 4 c
云南4	8.15 cd	7.18 cd	0.023 3 cd
云南15	7.48 de	6.89 de	0.018 9 de
云南3	7.43 e	6.91 de	0.018 2 def
云南34	7.13 ef	6.85 de	0.017 8 efg
云南35	6.76 efg	6.46 efg	0.015 2 efg
云南24	6.97 efg	6.33 efg	0.015 1 efg
云南29	6.99 efg	6.12 fgh	0.015 1 efg
云南27	6.40 fgh	6.53 efg	0.013 2 fgh
云南7	6.66 fgh	6.09 fgh	0.013 1 fgh
云南22	6.34 gh	6.16 fgh	0.012 2 gh
云南23	6.36 fgh	6.06 fgh	0.011 9 h
云南25	6.27 gh	6.10 fgh	0.011 7 h
云南5	5.89 h	5.97 gh	0.011 2 h
云南31	6.28 gh	5.86 h	0.011 2 h

1) 同列数据后字母相同者表示经 Duncan 多重极差比较, 在 0.05 水平上差异不显著, 否则表示差异显著

3 讨论与结论

秃杉、台湾杉和香杉平均场圃发芽率分别为 9.1%、11.3% 和 1.3%。秃杉优树自由授粉种子平均场圃发芽率在 0~32%, 表明秃杉种子场圃发芽率不高, 与相关学者研究结果相似, 这可能与秃杉种子细小、具活力种子含量低等种子自身特性有关, 据杨大应^[20]报道, 秃杉室内发芽率 18%, 吴玉斌等^[21]报道, 秃杉种子千粒质量 1.3 g, 室内发芽率 8%~10%, 孙光钦等^[22]报道, 秃杉千粒质量 1.08 g, 室内发芽率 16.3%; 王挺良^[1]报道, 秃杉种子千粒质量一般在 1.06~1.60 g, 场圃发芽率多数为 28%~35%。因此, 秃杉播种育苗要尽可能细致, 注意播种时覆土要薄, 覆土 0.3~0.5 cm, 以刚盖住种子为宜, 苗床整地平整细致, 淋水时应避免急速喷洒, 要用花洒雾状喷洒, 可以提高秃杉的场圃发芽率。

秃杉、台湾杉和香杉一年生平均苗高为 25.1、22.9 和 24.4 cm, 用 Marquardt 方法最优拟合 3 树种 Logistic 苗高生长曲线方程, 确定 3 树种速生期起点、终点, 划分前慢期、速生期和后慢期 3 个苗高生长阶

段, 并计算各阶段生长量所占全年生长量比率。秃杉在进入速生期前, 苗高仅达 5.1 cm, 因此, 前慢期秃杉苗木弱小, 为防止低温或雨水冲刷、太阳曝晒, 苗床要搭荫棚。由于秃杉苗木前慢期和后慢期生长较慢, 且分别处于生根与木质化阶段, 因此以施复合肥为宜, 苗木速生期生长较快, 需要大量氮肥, 以施尿素为宜。

6年生时, 秃杉、台湾杉平均胸径、树高和单株材积种间差异显著, 平均单株材积分别为 1.95×10^{-2} 、 $3.51 \times 10^{-2} \text{ m}^3$, 台湾杉平均单株材积比秃杉高 80.0%, 如栽培在大坑山的台湾杉比秃杉高产, 但秃杉最优家系雷山却比台湾杉材积增加 15%, 表明在秃杉中选择优良种源和家系有可能取得比台湾杉更好的产量。本试验秃杉包含了秃杉主要分布区的多个家系, 而台湾杉来源仅有一个地点, 因此, 仅凭本次试验难以准确反应秃杉与台湾杉在幼林时期速生性的实际情况, 有待于进一步研究。

6年生时, 秃杉家系间平均胸径、树高、单株材积的差异显著, 表明进行秃杉优良家系选择是有潜力的。在 19 个秃杉家系中选择单株材积大于平均值 ($1.95 \times 10^{-2} \text{ m}^3$) 的 6 个家系为优良家系 (31.6% 入选率), 其分别是贵州雷山、云南 1、利川毛坝 41、云南 2、利川毛坝 22 和云南 4, 优良家系的单株材积遗传增益为 52.6%, 现实增益为 58.1%, 在秃杉引种推广种植中选择优良家系可以显著提高生长量。

参考文献:

- [1] 王挺良. 秃杉[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 4-8.
- [2] 李风华, 于曙明. 秃杉在我国的自然分布与生长[J]. 亚热带林业科技, 1987, 15(3): 215-221.
- [3] 黄海伸, 王自龙, 兰向宏, 等. 秃杉引种效果调查初报[J]. 广西林业科学, 1998, 27(1): 16-19.
- [4] 王明怀, 陈建新, 殷祚云, 等. 广东省引种秃杉与杉木、柳杉对比试验[J]. 广东林业科技, 2003, 19(1): 18-21.
- [5] 李晓储, 黄利斌, 周玉山, 等. 秃杉引种潜力与生态适应性研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(3): 256-263.
- [6] 侯伯鑫, 肖国华, 程政红, 等. 屠杉自然分布区的研究[J]. 湖南林业科技, 1996, 2(3): 7-15.
- [7] 洪菊生, 潘志刚, 施行博. 秃杉的引种与栽培研究[J]. 林业科技通讯, 1997(1): 7-14.
- [8] 王殿遵, 章尊三, 李秋莲. 运用全息胚原理扦插繁殖秃杉试验[J]. 林业科技开发, 1995(2): 5-6.
- [9] 王明怀, 陈建新, 梁胜耀, 等. 秃杉优良种源选择及种源区划[J]. 广东林业科技, 2007, 23(1): 7-13.
- [10] 全国秃杉种源试验协作组. 秃杉种源苗期变异与选择的研究[J]. 林业科技通讯, 1996(6): 9-13.

(下转第 68 页)

蛋白在昆虫细胞感染的晚期能大量复制的能力,它们的启动子能驱动外源基因的高水平表达^[15]. 因而 *p10* 基因的强启动子在构建杆状病毒表达载体,外源、昂贵、稀有蛋白表达和生产及杆状病毒杀虫剂的改造方面有广泛的应用,日益受到人们的重视.

参考文献:

- [1] MURPHY F A, FAUQUET C M, BISHOP D H, et al. Virus taxonomy: Six report of the international committee on taxonomy of viruses[J]. Arch Virol, 1995, 144(Suppl 10): 2065-2070.
- [2] TOISTER-ACHITUV M, FAKTOR O. Transcriptional analysis and promoter activity of the *Spodoptera littoralis* multicapsid nucleopolyhedrovirus ecdysteroid UDP-glucosyltransferase gene[J]. J Gen Virol, 1997, 78(2): 487-491.
- [3] LAUZON H A M, LUCAROTTI C J, KRELL P J, et al. Sequence and organization of the *Neodiprion lecontei* nucleopolyhedrovirus genome [J]. J Virol, 2004, 78(13): 7023-7035.
- [4] FEDERICI B A. The Baculoviruses [M]. New York: Plenum Press, 1997: 33-60.
- [5] MILLER L K. Baculoviruses: high-level expression in insect cells[J]. Current Opinion in Genetics and Development, 1993, 3(1): 97-101.
- [6] ZHANG Yao-zhou, WU Xiang-fu, LI Zai-ping. *p10* genes of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus and *Autographa californica* multiple nuclear polyhedrosis virus [J]. Science in China: Ser B, 1995, 38(1): 50-59.
- [7] KUZIO J, ROHEL D Z., CURRY C J. Nucleotide sequence of the *p10* polypeptide gene of *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus [J]. Virology, 1984, 139(2): 414-418.
- [8] ZUIDEMA D, VAN OERS M M, VAN STRIJEN E A, et al. Nucleotide sequence and transcriptional analysis of the *p10* gene of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus [J]. J Gen Virol, 1993, 74(6): 1017-1024.
- [9] VAN OERS M M, HU Z, ARIF B M, et al. The single-nucleocapsid of nucleopolyhedrovirus of *Buzura suppressaria* encodes a P10 protein [J]. J Gen Virol, 1998, 79(6): 1553-1562.
- [10] HONG H K, WOO S D, CHOI J Y, et al. Characterization of four isolates of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus [J]. Arch Virol, 2000, 145(11): 2351-2361.
- [11] 萨姆布鲁克 J, 弗里奇 E F, 曼尼阿蒂斯 T. 分子克隆实验指南 [M]. 金冬雁, 译. 2 版. 北京: 科学出版社, 2002.
- [12] WEI Yong-jie, LONG Qi-xin, CHEN Shang-wu. Nucleotide sequence and characterization of the *p10* gene of *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis virus [J]. Acta Biochimica et Biophysica Sinica, 1998, 30(6): 550-555.
- [13] WILSON J A, HILL J E, KUZIO J, et al. Characterization of the baculovirus *Choristoneura fumiferana* multicapsid nuclear polyhedrosis virus *p10* gene indicates that the polypeptide contains a coiled-coil domain [J]. J Gen Virol, 1995, 76(12): 2923-2932.
- [14] 姜丽华, 钟万芳, 蔡平钟, 等. 家蚕核型多角体病毒埃及株 *p10* 基因的克隆及结构特征分析 [J]. 农业生物技术学报, 2003, 11(5): 483-487.
- [15] SCHEPER G C, VRIES R G, BROERE M, et al. Translational properties of the untranslated regions of the *p10* messenger RNA of *Autographa californica* multicapsid nucleopolyhedrovirus [J]. J Gen Virol, 1997, 78(3): 687-696.

【责任编辑 柴 焰】

(上接第 63 页)

- [11] 陶国祥. 云南省秃杉气候区划的研究 [J]. 林业调查规划, 2001, 26(4): 9-15.
- [12] 陈建新, 王明怀, 殷祚云, 等. 广东省秃杉引种栽培效果及栽培区划分研究 [J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 399-405.
- [13] 罗良才, 徐莲芳. 秃杉木材物理力学性质的研究 [J]. 云南林业科技, 1982(10): 5-20.
- [14] 林金国, 陈瑞英, 彭彪, 等. 福建秃杉木材物理力学性质的研究 [J]. 福建林学院学报, 1997, 17(3): 223-226.
- [15] 张连翔, 梅秀艳, 姜镇荣. 小叶杨生长规律的研究 [J]. 防护林科技, 2001(2): 10-12.
- [16] 全国杉木种源试验协作组. 杉木种源早期选择研究 [J]. 林业科学研究, 1994, 7(专刊): 93-100.
- [17] 全国马尾松种子园课题协作组. 马尾松种子园建立技术论文集 [M]. 北京: 学术书刊出版社, 1990: 1-7.
- [18] 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: 36-196, 214-233.
- [19] 美国 SAS 软件研究所. SAS 系统 SAS/STAT 软件使用手册 [M]. 高惠璇等编译. 北京: 中国统计出版社, 1997: 1-706.
- [20] 杨大应. 秃杉扩大栽培与苗期试验 [J]. 贵州林业科技, 1996, 24(4): 52-54.
- [21] 吴玉斌, 睦国荣, 华自忠, 等. 秃杉播种育苗试验初报 [J]. 江苏林业科技, 1989(1): 22, 35.
- [22] 孙光钦, 周绪平, 卢清, 等. 秃杉播种育苗试验研究 [J]. 山东林业科技, 1994(4): 14-16.

【责任编辑 李晓卉】