

文章编号: 1001-1498(2000)06-0659-08

# 杉木种子发育生理、涩籽成因及降低 败育措施的研究\*

高智慧<sup>1</sup>, 史忠礼<sup>1</sup>, 许月明<sup>1</sup>, 朱治平<sup>2</sup>, 沈瑞娟<sup>2</sup>, 唐锡华<sup>2</sup>

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 中国科学院 上海植物生理研究所, 上海 200032)

**摘要:** 对杉木种子发育生理及涩籽形成原因的研究结果表明: 随着胚的分化发育, 雌配子体(胚乳)和胚的干质量、体积及生物大分子(总核酸、蛋白质和类脂)含量均不断增加, 一直持续到种子成熟。败育的杉木涩籽中存在着凝集素类物质, 它的存在与败育无关, 而在贮藏蛋白的形成中有作用。败育的杉木涩籽中只积累较多的脱落酸, 说明了败育涩籽的衰败和失活。根据研究结果提出了减少杉木种子败育的措施。

**关键词:** 杉木; 种子; 发育生理; 涩籽; 凝集素

**中图分类号:** S722.1<sup>+</sup>1      **文献标识码:** A

杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 是我国特有的优良用材树种。在杉木种子发育过程中, 败育形成涩籽现象十分严重, 一般杉木涩籽率达 50%~60%, 通常种子园的杉木种子涩籽率也达 30% 左右。对杉木开花结实、胚胎发育过程的形态变化等已有所研究<sup>[1~4]</sup>, 其涩籽的成因和地域变异特点的研究也取得了很大进展<sup>[5~8]</sup>。本文在已有研究的基础上, 侧重研究杉木种子雌配子体与后胚发育过程中核酸(DNA、RNA)、蛋白质和类脂的消长, 内源激素的变化, 种子生理特性与地理变异等内外因与杉木种子败育的关系, 同时根据研究结果提出了减少杉木种子败育的措施。现将主要研究结果阐述如下。

## 1 材料与方法

1989~1990年, 于杉木“胚胎选择期”至“胚成熟期”的7~11月, 每月从浙江省林科院杭州午潮山林区经嫁接已结实的杉木上采集不同方位和部位的新鲜球果, 取出种子后剥去种皮, 并分别剥取雌配子体和胚, 测定鲜质量、干质量, 测量长度和宽度。然后分别测定雌配子体和胚的总核酸、DNA、RNA、蛋白质和类脂含量。雌配子体每组 40 粒, 胚每组 50 个, 均重复 3 次。

样品的处理、总核酸和类脂的测定均按朱治平等<sup>[9]</sup>方法进行。蛋白质按 Lowry 等<sup>[10]</sup>方法测定, 先分别测定沉淀和溶液部分的含量, 再相加得总量。DNA 按 Burton<sup>[11]</sup>方法测定。RNA 是从总核酸中减去 DNA 而得出。

收稿日期: 2000-03-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“杉木种子发育生理及涩籽形成原因的研究”(3880061)

作者简介: 高智慧(1960), 男, 浙江绍兴人, 副研究员。

\* 浙江省林科院洪昌端、何晓玲、陆军, 中国科学院上海植物生理研究所潘国桢、潘政参加部分工作。

凝集素的凝血活性测定按孙册等<sup>[12]</sup>方法测定。未授粉前取新鲜胚珠 1 g, 加生理盐水 70 mL 匀浆于 4 °C 过夜, 于 15 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 10 min 取上清液测定; 以后从 7~10 月每月分别取雌配子体和胚各 50 个按上法测定。为增加凝血反应的灵敏度, 新鲜兔红血球先用胰蛋白酶 (Gordon 等<sup>[13]</sup>) 在微量 V 型血凝板中观察凝血活性。

按杉木种子不同发育过程, 用高效液相色谱法测定种子内源激素变化。分析氨基酸时, 手工剥去种皮后, 用甲醇研磨, 于 5 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 20 min, 取上清液在空气中自然干燥, 沉淀溶于 2 mL 0.2 mol·L<sup>-1</sup> 柠檬酸缓冲液 (pH 2.8), 再离心 (5 000 r·min<sup>-1</sup>, 20 min) 取种仁上清液在 LKB4101 氨基酸自动分析仪作游离氨基酸分析。每组 50 粒, 2 次重复。单宁含量采用磷钼酸-钨酸钠比色法, 分有胚种子及涩籽测定, 重复 2 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 杉木种子的发育生理

2.1.1 杉木雌配子体和胚的质量及形态变化 杉木在浙江杭州地区 3 月底至 4 月初雄果散粉后, 一般在 6 月左右受精。杉木在胚胎发育过程中, 具有多胚现象, 一个胚珠内可有几个到十几个胚。胚胎发育亦有“胚胎选择期”, 最后仅有一个发育优势胚保留下来。雌果的种子外部形态和大小到 7 月下旬就基本定型, 此时内部胚正处于分化发育旺期。7 月至 8 月每个雌配子体干质量增加最快, 增加近 3 倍, 而后增加平缓, 其形态大小变化也不显著。胚的干质量从分化期开始不断增加, 到成熟时增加 2 倍; 胚的形态及大小变化亦显著。胚胎选择期至器官分化期 (7 月至 8 月) 平均胚长增加 7.4 倍, 说明优势胚在竞争后生长迅速 (表 1)。

表 1 杉木雌配子体和胚的长度、宽度及鲜质量、干质量的变化 (1989 年)

测定日期 (月·日)	雌配子体				胚			
	长度/mm	宽度/mm	鲜质量/mg	干质量/mg	长度/mm	宽度/mm	鲜质量/mg	干质量/mg
07-27	4.43	1.27	3.53	0.54	0.33	0.31	0.14	—
08-24	4.47	2.24	3.91	1.82	2.86	0.78	0.15	0.33
09-22	4.58	2.67	3.20	2.36	3.08	0.87	0.89	0.76
10-22	4.66	2.76	3.34	3.35	3.38	0.95	1.13	1.00
11-15	4.66	2.76	3.28	3.13	3.43	1.00	1.13	1.00

2.1.2 杉木雌配子体和胚发育过程中生物大分子的消长 雌配子体的核酸总量以 7~8 月增加最快, 其含量由 7 月的 8.75 μg·粒<sup>-1</sup> 增加至 8 月的 26.75 μg·粒<sup>-1</sup>, 增加 305.7%。DNA 的含量从 7 月的 1.016 7 μg·粒<sup>-1</sup> 增至 8 月的 4.151 3 μg·粒<sup>-1</sup>, 7~8 月增加 408.3%, 而后趋于平缓。RNA 含量的变化与 DNA 的变化大致相似, 由 7 月的 7.733 3 μg·粒<sup>-1</sup> 增至 8 月的 22.598 7 μg·粒<sup>-1</sup>, 7~8 月增加 292.3%, 增量较显著。在 DNA、RNA 含量增加的同时, 雌配子体中蛋白质、类脂的含量均相应增加。7~8 月间蛋白质的含量从 108.90 μg·粒<sup>-1</sup> 增至 662.30 μg·粒<sup>-1</sup> (增加 5 倍多), 种子成熟时为 1 760.45 μg·粒<sup>-1</sup>。类脂含量一直持续增加, 到种子成熟时达 2.04 mg·粒<sup>-1</sup>。种胚核酸总量随胚的发育而增加, 成熟时 12.58 μg·胚<sup>-1</sup>。DNA、RNA 含量也随胚的发育而逐渐增加, 到胚分化完成后的 10 月下旬, 含量达到高峰, DNA 为 3.48 μg·胚<sup>-1</sup>, RNA 为 9.10 μg·胚<sup>-1</sup>。蛋白质和类脂也如此, 达高峰时蛋白质为 455.57 μg·胚<sup>-1</sup>, 类脂为 0.47 mg·胚<sup>-1</sup>。但以雌配子体每毫克干质量和胚干质量为单位的 DNA 和 RNA

的含量却随种子的发育和胚的分化而减少, 蛋白质的含量仍增加, 至成熟后才下降。这可能是由于细胞内含物和结构物质的增加所致<sup>[14]</sup>。

在杉木中首次发现凝集素类物质的存在, 杉木在授粉前的胚珠中就存在凝集素类物质, 且活性相当高。同样在胚胎发育过程中, 胚和雌配子体中都发现凝集素类物质的存在, 其凝血活性随胚的发育而增加, 但雌配子体中则仅在前期存在凝集素类物质。

2.1.3 杉木种子发育过程中内源激素的变化 胚胎分化发育与激素密切相关, 胚开始形成后, 激素就在胚内产生, 激素也大量产生于雌配子体。结果表明, 在6月杉木受精后的种子中就有大量的赤霉素(GA)产生, 7月有所下降, 而后逐渐上升, 随着胚的分化发育, 9月达到高峰, 成熟时GA含量才下降到最低。在种子形成优势胚的7月才出现吲哚乙酸(IAA), 随后IAA含量上升, 成熟时含量下降到最低; 脱落酸(ABA)亦在7月才出现, 而后直线上升, 成熟时ABA含量达到高峰。细胞分裂素(CTK)类物质只在受精后的6月出现, 而后即消失(表2)。

表2 杉木种子发育过程中内源激素的变化(1990年)  $\mu\text{g}\cdot\text{粒}^{-1}$

月份	GA	IAA	CTK	ABA
6	0.041 4	0.010 6	0.015 8	—
7	0.014 0	0.007 6	—	0.004 6
8	0.031 0	0.006 8	—	0.021 2
9	0.085 8	0.025 0	—	0.042 0
10	0.009 0	0.007 8	—	0.056 4

#### 2.1.4 杉木种子生理特性与地理变异

(1) 不同产地杉木种子、胚形态及单宁含量。从表3可以看出, 不同产地杉木除种子长度外, 其余测定指标产地间的差异均达到显著水平。种子干质量大小顺序为淳安> 锦屏> 乐昌> 融水> 融安; 种胚的干质量除淳安最大外, 融水、融安和锦屏居中, 乐昌最小。种子长度、宽度顺序为淳安> 乐昌> 融水> 锦屏> 融安; 不同产地种子鲜质量与纬度的相关系数为0.95, 胚鲜质量与年均气温的相关系数为0.89。不同产地杉木涩籽的单宁含量均在20%以上, 产地间变化缺少规律性。而有胚种子单宁含量产地间变异趋势与种子发芽率变异相反, 相关系数为-0.832, 达10%显著水平。

表3 各产地杉木种子、胚的形态和单宁含量比较

产地	种子干质量/ ( $\text{mg}\cdot\text{粒}^{-1}$ )	胚干质量/ ( $\text{mg}\cdot\text{胚}^{-1}$ )	(种子长度/宽度)/ ( $\text{cm}/\text{cm}$ )	有胚种子单宁 含量/%	涩籽单宁含量/ %
淳安	8.56 a	1.32 a	0.66 a/0.48 a	2.07	21.21
锦屏	7.80 b	1.07 b	0.64 a/0.44 b	2.85	24.06
融水	7.45 bc	1.13 b	0.65 a/0.45 b	2.13	23.23
融安	7.15 c	1.09 b	0.64 a/0.43 b	2.39	22.97
乐昌	7.76 bc	1.06 b	0.65 a/0.45 b	3.82	21.28
均方比	6.97*	6.85*	0.96/5.03*		

注: \* 表示  $P < 5\%$ , \*\* 表示  $P < 1\%$ ; 各列数据后字母相同者示相互间差异不显著, 不同者为显著。

(2) 不同产地杉木种子的发芽条件及氨基酸变异。研究结果表明(表4), 20~25℃为各产地杉木种子的发芽适宜温度, 各产地种子发芽以淳安最高, 融水、融安、锦屏居中, 乐昌最低。各产地种子所含氨基酸种类变异不大, 但不同产地杉木种子游离氨基酸总量的变异趋势不同于杉木种子形态及发芽率的变异趋势; 其游离氨基酸总量与干湿度指数呈负相关, 说明杉木种子游离氨基酸总量的地理变异亦可能是气候的差异所引起<sup>[15]</sup>。

2.1.5 外源激素对杉木种子萌发及生物大分子合成的影响 应用GA、6-苄基腺嘌呤(6-BA)、ABA 3种外源激素处理杉木种子, 研究对其萌发的影响。结果表明, GA较明显地促进杉

木种子的萌发,其中以 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的效果最好,发芽率比对照提高11%,以后随着GA

表4 各产地杉木种子在不同温度下的发芽情况

产地	温度/℃	发芽率/%	涩籽率/%	发芽指数	幼苗鲜质量/( $\text{mg} \cdot \text{株}^{-1}$ )	活力指数
淳安	20	53.5	30.5	17.96	51.20	919.55
	25	48.0	34.0	20.42	43.96	897.73
锦屏	20	18.0	57.0	6.40	41.61	266.30
	25	20.0	56.5	8.94	37.85	338.38
融水	20	36.5	38.0	10.18	42.01	427.66
	25	35.5	39.0	15.18	40.61	616.46
融安	20	30.0	46.0	10.98	39.13	429.65
	25	26.0	51.5	13.88	40.87	567.28
乐昌	20	14.0	64.0	5.52	45.34	250.28
	25	15.5	60.0	10.04	37.85	380.01

注:发芽指数  $G_t = \sum G_t / D_t$ , 式中  $G_t$  为  $t$  时间的发芽数;  $D_t$  为相应的发芽日数; 活力指数 = 发芽指数  $\times$  幼苗鲜质量 (mg)。

质量浓度的增加,发芽率则有所下降;用 6-BA 和 ABA 处理的杉木种子,其发芽率均下降,并随激素质量浓度的增加而迅速降低,又以 ABA 处理的下降为甚,说明它们显著地抑制了杉木种子的萌发(表5)。当3种激素共同处理时,它们在杉木种子萌发中的相互作用表现为:GA起主要的促进作用,ABA起抑制作用,6-BA则有解除ABA抑制萌发的作用;当质量浓度GA为 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、6-BA  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、ABA  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其种子发芽指标为最好(表6)<sup>[16]</sup>。

表5 不同激素处理杉木种子的萌发指标

处理	发芽率/%	发芽指数	幼苗鲜质量/( $\text{mg} \cdot \text{株}^{-1}$ )	活力指数
GA 50	52	12.34	47.18	582.20
GA 100	47	11.77	45.52	535.77
GA 200	45	11.94	42.95	512.82
6-BA 50	29	8.82	41.56	366.56
6-BA 100	16	6.93	39.01	262.54
ABA 50	9	3.7	35.98	133.13
对照	41	9.87	46.57	459.65

注:6-BA  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、ABA  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和  $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理的杉木种子均不发芽。

表6  $L_9(3^4)$  正交设计试验的安排及效果分析

处理号	组合 <sup>①</sup>			发芽率/%	发芽指数	幼苗鲜质量/( $\text{mg} \cdot \text{株}^{-1}$ )	活力指数
	GA	6-BA	ABA				
1	1	1	1	48	18.86	44.27	834.93
2	1	2	2	44	12.16	43.15	524.70
3	1	3	3	41	10.45	40.20	420.09
4	2	1	3	53	19.35	45.24	875.39
5	2	2	1	49	15.30	44.83	685.90
6	2	3	2	34	10.96	41.12	450.68
7	3	1	2	31	11.74	40.93	480.52
8	3	2	3	28	10.36	40.13	415.75
9	3	3	1	21	5.26	39.64	208.58
极差	56	36	11				
对照				41	9.87	46.57	459.65

①组合中的1、2、3分别表示质量浓度为50、100、200  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

种子萌发过程中要形成新的细胞,必须合成核酸和蛋白质。根据作者的分析结果,杉木种

子萌发后, 胚根伸出 1~4 d, 其蛋白质、总核酸、RNA、DNA 的含量不断增加。经 GA 处理的杉木种子, 在萌发后, 胚根伸出 1~4 d, 上述生物大分子含量均高于对照组, 蛋白质含量平均比对照组增加 27%, 总核酸含量增加 18%, RNA 含量增加 20%, DNA 含量比对照组略有增加。经 GA 处理萌发后的杉木种子, 其生物大分子含量都较对照组高, 这是 GA 促进杉木种子萌发, 提高发芽率、发芽势和发芽指数的重要原因之一。

### 3.1 杉木种子的败育

3.1.1 杉木种子败育过程中单宁、核酸、蛋白质和类脂含量的变化 杉木在“胚胎选择”期由于多胚的竞争, 有的胚败育成涩籽, 根据 7 月份调查, 此时的涩籽率已达 30%, 优势胚虽然形成, 而后由于气候、营养等因素也不断败育形成涩籽, 因此未成熟的种子中有较多的单宁类物质。杉木种子在发育过程中不断败育, 其败育的涩籽中都积累较多的单宁类物质, 其中水溶性单宁为 21.44%, 水不溶性单宁含量为 1.11%。涩籽中均含有核酸、蛋白质和类脂, 其含量的多少与种子败育时间有密切关系。早期败育(8 月中下旬)的杉木种子(即涩籽), 由于其胚已失去活性, 生物大分子合成积累停止, 生物大分子含量最少; 而于 9 月中下旬败育的种子, 由于其生物大分子比 8 月中下旬败育的种子多合成积累了 1 个月, 故生物大分子含量大于前期败育的; 10 月中下旬败育的种子亦可类推。因此, 败育早期(8 月中下旬)的生物大分子含量低于败育后期(10 月下旬), 亦显示出其中生物大分子物质的合成积累随着胚的败育而停止(图 1)。涩籽中还含有凝集素类物质。在杉木的有胚种子中含有 GA、IAA 等内源激素, 败育的杉木种子(即涩籽)中仅含有 ABA。

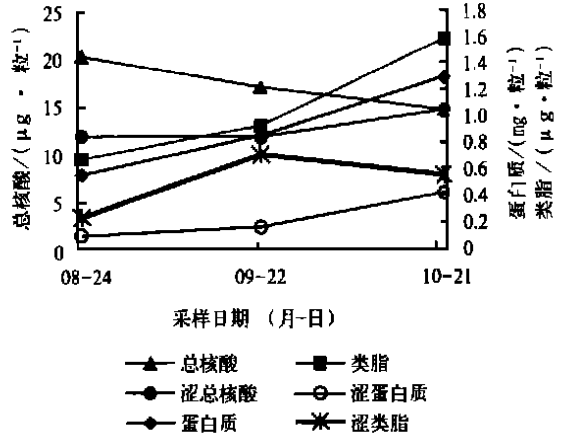


图 1 杉木涩籽和有胚种子生物大分子含量的比较

量大于前期败育的; 10 月中下旬败育的种子亦可类推。因此, 败育早期(8 月中下旬)的生物大分子含量低于败育后期(10 月下旬), 亦显示出其中生物大分子物质的合成积累随着胚的败育而停止(图 1)。涩籽中还含有凝集素类物质。在杉木的有胚种子中含有 GA、IAA 等内源激素, 败育的杉木种子(即涩籽)中仅含有 ABA。

3.1.2 杉木种子发育过程中有关败育的分析讨论 杉木胚胎发育有多胚现象, 如果在“多胚期”或“胚胎选择期”雌配子体营养供应充足, 环境适宜, 最后就有一个优势胚保留下来; 反之就发生败育。根据研究结果, 7 月中下旬以前是败育形成涩籽的关键时期, 涩籽率可达 40% 以上, 这可能与这时期浙江高温多雨有关, 影响了原胚的发育。7 月下旬开始又是高温干旱季节, 不良气候条件往往会影响胚器官的进一步分化发育, 导致大量的胚中途夭折。种子败育形成涩籽, 于是一些生物大分子物质合成积累停止, 而有胚种子则不断合成和积累。

在杉木胚胎分化发育阶段, 由于碳水化合物或矿质营养都是有限的, 在不同发育阶段, 胚与胚之间、种子与种子之间、果与果之间、果与枝之间的营养竞争剧烈, 竞争又基于激素的作用, 在杉木胚胎逐渐败育过程中, GA、IAA 等逐渐减少, ABA 则不断增加, 至败育时仅含有 ABA。由于发育正常的种子激素含量高(表 2), 就成为强大的生理上的“库”, 增进种子吸收营养, 使其有较强的竞争力。所以种胚发育不良或新梢旺长都会导致种子中途败育, 而败育的涩籽失去生理活性, 所含的单宁类物质无法代谢转化而大量地积累。

杉木种子在发育过程中, 球果内部各种种子间营养物质竞争也异常剧烈。根据作者的观察结果, 在一个有 5 个球果的结果枝上所采的种子, 其涩籽达 70% 以上, 有胚种子只有 18%; 而

在一个仅有1个球果的结果枝上所采的种子,其涩籽仅达40%,有胚种子则高达47%。杉木种子败育形成涩籽的多少与母株遗传性有密切关系,如在浙江省林科院杭州午潮山林区,对15号等4个家系经3a的观测表明,其中15号家系的涩籽率在20%~30%之间,而414号家系的涩籽率则在40%~70%之间,其各自的涩籽率都相当稳定。杉木种子的败育还与产地的地理变异有密切关系。根据分析,各产地涩籽率浙江淳安32%,广西融水39%,广西融安49%,贵州锦屏57%,广东乐昌62%,其中以浙北所产杉木种子涩籽率最低,且种苗质量也较高(图2)。这与产地生态气候条件有密切关系。

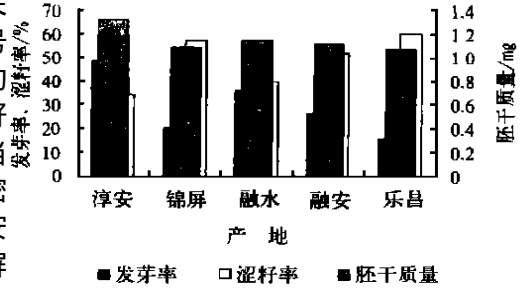


图2 不同产地杉木种子的发芽率

根据作者的研究及已有的报道表明,关于杉木涩籽的成因,首先杉木自花授粉是促使涩籽种子形成的主导因子,其次球果解剖性状特别是出籽率、可育种鳞数受遗传控制较强,也是杉木涩籽形成的一个因素,同时不良的气候条件和地理变异等亦可造成杉木涩籽<sup>[2,6~8,17]</sup>。总之,杉木涩籽的形成是一个复杂的胚胎发育问题,需要进一步地深入研究。

### 3.1.3 减少杉木种子败育的初步措施

(1)人工授粉减少涩籽率、提高种子品质的效应。在浙江省林科院杭州午潮山林区,采取混合的杉木优树花粉与散生木的杉木花粉(经KI染色检验表明,优树花粉优良度为67%,散生木花粉则为29%),对雌球果套袋进行人工授粉,并以自由授粉作为对照;同时在浙江省开化县林科所及宁海县林场进行上述授粉试验。结果如表7、表8。从表中可以看出,应用优树混合花粉人工授粉对降低涩籽率、提高种苗品质,都产生了良好的效应。

表7 人工授粉促进杉种子发育状况

处 理	有胚种子鲜质量/ (mg·粒 <sup>-1</sup> )	胚鲜质量/ (mg·胚 <sup>-1</sup> )	种子长度/ mm	种子宽度/ mm	种子长宽比
优树花粉人工授粉	8.687	1.57	7.21	4.50	1.62
散生木花粉人工授粉	8.145	1.49	6.96	4.36	1.61
自由授粉	7.766	1.35	6.41	4.14	1.55

表8 人工授粉促进杉木种子发芽状况

处 理	发芽率/ %	涩籽率/ %	绝对发芽率/ %	发芽指数	幼苗鲜质量/ (mg·株 <sup>-1</sup> )	活力指数
优树花粉人工授粉	55.2	23.9	72.5	16.27	49.33	804.58
散生木花粉人工授粉	46.2	30.5	66.5	12.53	47.28	588.44
自由授粉	39.9	38.5	64.9	9.92	45.05	452.81

对应用优树混合花粉与散生木的杉木花粉人工授粉所产生的种子,进行种胚生物大分子含量分析。结果表明(表9),应用混合优树花粉进行人工授粉所产生的种子,其胚中生物大分子含量都明显高于用散生木花粉人工授粉所产生的种子,亦说明应用优树混合花粉进行人工

表9 不同杉木花粉人工授粉的种胚生物大分子含量的差异

处 理	总核酸/ (μg·胚 <sup>-1</sup> )	蛋白质/ (μg·胚 <sup>-1</sup> )	类脂/ (mg·胚 <sup>-1</sup> )	DNA/ (μg·胚 <sup>-1</sup> )	RNA/ (μg·胚 <sup>-1</sup> )	干质量/ (mg·胚 <sup>-1</sup> )
优树花粉人工授粉	10.63	401.45	0.4557	2.8752	7.7549	0.828
散生木花粉人工授粉	8.29	252.34	0.3915	2.7675	5.2250	0.576

授粉所产生的种子, 其内在种子品质高于散生木花粉人工授粉所产生的种子。

在已有的杉木种子园中建议用优树混合花粉进行人工辅助授粉, 以提高花粉密度, 使没有授粉的胚珠减少到最低限度, 通过增加胚珠周围的花粉粒数, 来减少由于雄配子体数量不足所引起的不育种子, 从而提高杉木种子的产量、品质, 降低涩籽率。

(2) 选择适合杉木种子发育的气候生态区建立种子园。根据作者对杉木种子生理特性和地理变异的研究及已有的研究报道<sup>[5, 17]</sup>, 杉木种胚在形成和分化发育过程中的败育问题, 还与杉木产地的生态地理环境有关, 如浙北就比粤北的杉木涩籽率低。同时, 杉木幼胚在形成和分化发育过程中的败育还与当时的气候条件不适宜有密切关系。因此, 今后规划和建立杉木种子园时, 要选择适合杉木种子发育的生态地理区域, 杉木分布带的东区和湘、桂、黔邻境地区适合建立杉木种子园。在建园时还要注意选择阳光适宜、土壤肥沃等具体生态条件。

(3) 注意杉木种子园的抚育管理。在杉木种子园的抚育管理方面, 要注意杉木各无性系之间的生长发育, 调控其营养与生殖生长, 必要时采取疏果等措施, 保证种子有充分的营养条件, 以减少种子因营养不足而败育形成涩籽。同时要注意施肥管理, 增加矿质营养。在土壤贫瘠的丘陵岗地、缺乏矿质营养的杉木种子园中, 应适当地施些氮磷复合肥, 以提高杉木种子出籽率和降低涩籽率。

## 参考文献:

- [1] 蒋恕. 杉木开花结籽的解剖学观察[J]. 南京林产工业学院学报, 1980, (1): 109~ 115.
- [2] 叶培忠, 陈岳武, 蒋恕, 等. 杉木种子生活力变异的研究[J]. 南京林产工业学院学报, 1981, (3): 22~ 32.
- [3] 余象煜, 李平, 顾建英, 等. 杉木的胚胎发育及淀粉动态[J]. 杭州大学学报(自然科学版), 1984, 11(1): 110~ 114.
- [4] 管康林, 严逸论, 郑钢. 杉木发育生理研究[J]. 浙江林学院学报, 1994, 11(2): 105~ 115.
- [5] 迟健. 杉木种子园中无性系间结实和种子品质差异研究[J]. 林业科学研究, 1988, 1(1): 57~ 65.
- [6] 何福基. 杉木种子涩籽成因的初步研究[J]. 种子, 1985, (6): 4~ 6.
- [7] 余象煜, 李平, 何福基, 等. 杉木败育种子及涩粒物质的研究[J]. 西北植物学报, 1989, 9(4): 252~ 256.
- [8] 管康林. 杉木种子空瘪涩粒成因的综合分析[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14(1): 88~ 93.
- [9] 朱治平, 沈瑞娟, 唐锡华. 高等植物胚胎的发育生物学研究 II. 水稻胚胎发育过程中的生化变化[J]. 植物生理学报, 1980, 6(2): 141~ 148.
- [10] Lowry O H, Rosebrough N Y, Farr A L, et al. Protein measurement with folin phenol reagent[J]. J Biol Chem, 1951, 193: 265~ 275.
- [11] Burton K. A study for the conditions and mechanism of the diphenylamine reaction for the colorimetric estimation of deoxyribonucleic acid[J]. Biochem J, 1962, 62: 315~ 323.
- [12] 孙册, 唐锡华. 稻种萌发时各组织中凝集素的分布(初报)[J]. 植物生理学报, 1981, 7(4): 385~ 387.
- [13] Gordon J A, Sharon N, Lis H. Binding of soybean agglutinin by normal and trypsin-treated red blood cells[J]. Biochem Biophys Acta, 1972, 264: 387~ 391.
- [14] 史忠礼, 许月明, 高智慧, 等. 杉木雌配子体和后胚发育过程中核酸、蛋白质和类脂的消长[J]. 植物生理学报, 1990, 16(4): 387~ 394.
- [15] 高智慧, 史忠礼, 邵根福, 等. 杉木种子生理特性和地理变异[J]. 植物生理学通讯, 1991, 27(1): 36~ 38.
- [16] 高智慧, 史忠礼, 朱治平, 等. 几种外源激素对杉木种子萌发的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 1994, 2(3): 77~ 83.
- [17] 马常耕. 杉木种子园种子生物学特性的地区及年度变异[J]. 林业科学研究, 1989, 2(1): 59~ 66.

# Studies on the Seed Developmental Physiology, the Formation of the Abortive Seed and the Measures of Decreasing Abortion in *Cunninghamia lanceolata*

GAO Zhi-hui<sup>1</sup>, SHI Zhong-li<sup>1</sup>, XU Yue-ming<sup>1</sup>,  
ZHU Zhi-ping<sup>2</sup>, SHEN Rui-juan<sup>2</sup>, TANG Xi-hua<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, Zhejiang, China;

2. Shanghai Institute of Plant Physiology, Academia Sinica, Shanghai 200032, China)

**Abstract:** Research on development physiology of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) seeds and causes of formation of abortive seeds showed that, with embryo differentiating and developing, female germanium and embryo increased their dry weight, volume and biological macromolecules (DNA, RNA, proteins, liquids) till seed matured. The abortive seeds contained lectins. This matter played a role in forming storage protein, independent of abortion. The abortive seeds only accumulated large abscisic acid, which caused the abortion and inactivation. From the results of investigation, some measures of decreasing abortion rate were proposed.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; seeds; developmental physiology; abortive seeds; lectins

## 2001 年《种子科技》征订启事

《种子科技》是由中国种子协会和山西省种子协会共同主办的面向全国的种子方面的综合性刊物。本刊理论与实践结合,普及与提高并重,集科学性、知识性、实用性、信息性于一身,实为广大种子繁育者、经营者、使用者和管理者的良师益友。

《种子科技》为双月刊,大 16 开本,内文 64 页,彩色四封带彩插,每期定价 6 元,全年 36 元。本刊邮发代号 22—104,请到当地邮政局(所)订阅。错过订期的可直接汇款到本刊编辑部补订。地址:太原市迎泽大街 312 号;邮编:030001;开户银行:太原市农行第二营业部,帐号:104101040005721。