

杉木无性系扦插繁殖生根机理*

何祯祥 蒋 恕 叶志宏 施季森

(南京林业大学, 南京 210037)

摘 要 杉木穗条不定根的发生属于诱生根原始体型。不定根发生部位有两种类型: 皮层生根型和混合生根型, 但以皮层生根型为主。不同无性系开始发根时间有显著差异。在观察期内, 发根最早的无性系生根时间为23 d。

关键词 杉木; 营养繁殖; 生根; 无性系

中图分类号 S791.27; S718.43

无性繁殖在观赏植物和农作物的很多品种上已经实践了几个世纪, 而将无性繁殖技术应用在林木遗传改良上, 并以此为基础进行无性系造林(clonal forestry), 还是从本世纪70年代以来逐步发展起来的^[1]。

杉木(*Cunninghamia lanceolata* Hook.)是我国特有的重要用材树种, 自然分布极广, 遍布南方16个省, 在针叶树人工造林中占有重要的地位。近几年来, 为了充分挖掘杉木遗传资源和利用已取得的成果, 林业工作者在实生繁殖的基础上, 开展了适合现代营林生产的扦插繁殖及无性系选育的系统研究。

杉木无性繁殖技术已得到很大发展, 但是在杉木无性繁殖利用过程中, 有关无性系繁殖基础理论的研究较少。本文从解剖学的角度分析了杉木扦插苗生根机理, 旨在为扦插苗的大规模生产以及今后的无性系选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 1991年5月以珍珠岩作为基质, 采集768个杉木无性系的萌条进行扦插, 按随机区组设计, 3次重复4株小区, 扦插过程中采用电子间隙喷雾系统喷水。

1.2 从768个杉木无性系中选取8个无性系, 每一无性系采集30根左右穗条进行扦插试验。插后第7天起, 每隔3~7 d 截取其中5根插穗基部2 cm长试样, 用70% Alc-FAA 固定。固定样品用水溶性石蜡(PEG)包埋, 686-AO 滑走切片机切片, 水溶性番红(1.0%)和水溶性紫菀兰(0.1%)对染, 二甲苯脱胶带、透明, 加拿大树胶封片, OLMPUS 显微镜观察、拍照。

收稿日期: 1993-10-30

* “八五”国家科技攻关资助项目

2 结果与分析

2.1 杉木扦插苗根系形成初期的形态特征

2.1.1 扦插苗生根类型 我们发现扦插苗根系除极少数异常外, 绝大多数扦插苗根系的形态根据不定根、侧根的数量和分布可以初步划分为以下几类(表 1)。

总的来看, 不定根有均匀着生和不均匀着生(偏生)两种类型。根据观察, 偏生的根系即使造林前起苗时仍没有多大改善, 即很难向 1—I 型转化。其中 1—I 型、1—II 型、1—III 型在造林后成活、抗倒伏等方面

可能占有显著的优势, 而且随着根系生长, 1—II、1—III 型会逐渐向 1—I 型转化。

2.1.2 不定根的发根部位 在我们的试验中, 扦插苗不定根发根部位几乎均在离插穗基部 1 cm 之内, 这与蒋恕、祝志勇观察的结果一致(图版 II-13); 极少数为高位不定根(超过 3 cm; 图版 I-2)。出现高位不定根的插穗往往愈伤组织极不发达或无愈伤组织, 且插穗基部有腐烂的迹象。可能是无性系插穗基质中微环境水分过多和缺氧所致。

2.1.3 不定根发生时间 8 个无性系的扦插日期、取样日期和相应的形态发生与发展动态变化见表 2。

表 2 不同无性系的取样时间与形态变化

Table 2 The time of taking samples and morphology change among clones

取样时间	无 性 系							
	657	138	279	236	363	662	119	207
09-16	○	○	○	○	○	○	○	○
09-23	○	○	●	○	○	●	●	●
09-26	○	○	●	○	○	●	●	●
09-30	○	○	●	○	○	●	●	●
10-03	○	○	●	○	○	●	▲	●
10-05	○	○	●	○	○	●	▲	▲

注: 扦插时间: 09-09, ○ 代表有愈伤组织(较少); ● 代表有愈伤组织且较发达(与同期横向比较); ▲ 代表有根出现

从表 2 可以看出, 不同无性系在相同时间、相同环境条件下扦插后, 生根、愈伤组织发育均有很大不同。截至 10 月 5 日, 出现不定根的无性系是 119 号和 207 号。其中 119 号无性系生根最早, 扦插 23 d 后即出现不定根。

2.2 扦插苗生根的解剖学观察

有关杉木扦插苗的生根机理的报道较少, 现就不同无性系扦插前是否存在根原始体, 扦插后生根的过程和类型, 愈伤组织的发生及其作用等方面来探讨。

2.2.1 我们采集杉木不同无性系 1 年生萌条及 2 年生、3 年生树上的穗条(未扦插的)进行解剖学观察, 均未发现有根原始体存在。同时我们进一步地观察了扦插 7 d 后的萌条, 发现萌

表 1 扦插苗苗期根系类型

Table 1 The types of root system of cutting

不定根着生情况	不定根数量	侧根数量	类 型
均匀着生	多	多	1—I 发达型
	多	少	1—II 较发达型
	少	多	1—III 中间型
	少	少	1—IV 不发达型
偏 生	多	多	2—I
	多	少	2—II
	少	多	2—III
	少	少	2—IV

条基部的皮层中出现了根原始体,后期长出了许多不定根。因此我们认为杉木不同于杨树、柳树等树种,在扦插前不存在潜伏的根原始体,扦插生根是在扦插后产生诱生根原始体,再由它进一步生长发育形成不定根。这与蒋恕等的观察结果一致。

2.2.2 资料表明,根原始体的发生,可能从愈伤组织内发生,也可能和愈伤组织没有关系,直接从基部发生^[2]。我们观察发现杉木扦插后不定根发生的部位有两种类型:①皮层生根型:根原始体由皮层中的部分薄壁细胞分化形成(根原始体大部分出现在皮层,但不排除有少数根原始体可能由形成层、韧皮部和髓部的薄壁细胞分化形成)。我们观察扦插7 d左右的穗条时,发现皮层部位的薄壁细胞内产生了大量的一团团的分生组织。这些细胞体积较小,核形比较大,细胞质较浓。连续观察发现一部分分生组织可以分化形成愈伤组织,另一部分分化形成根原始体,根原始体逐渐分化形成不定根的维管束并与插穗的维管束相连接,同时另一端分化形成根冠,最后的不定根穿破皮层,由于向性作用弯曲向下生长(图版 I-5~7)。②混合生根型:根原始体由皮层和愈伤组织分化形成。从皮层中分化根原始体的情形同①;插穗扦插后伤口处的部分薄壁细胞分裂活动增强,从扦插7 d后插穗的外观上可见少量愈伤组织。随着细胞的不断分裂,愈伤组织从小团到连成一片,最后包围了整个插穗切口,有些发达的愈伤组织可继续向插穗上方包围。个别切片发现愈伤组织中具有发育早期的不定根,后来不定根长出愈伤组织(图版 I-1,3;图版 II-9,10)。

在我们观察的768个无性系中,绝大多数无性系为皮层生根型,只有极少数无性系为混合生根型。由此,我们认为杉木以皮层生根型为主。

2.2.3 愈伤组织源于皮层薄壁组织(极少数由形成层和髓部细胞分化形成)。我们观察发现皮层薄壁细胞恢复分生能力,形成一团团小的细胞群。这些小的细胞群的外面1~3层细胞为扁长形,排列较规则,内部细胞体积稍大,形状也较不规则,为愈伤组织的初期形态(图版 I-8)。而后愈伤组织由小团到成群,由皮层内向皮层外部发展,最后突破皮层,这时我们可以从插穗外观上观察到愈伤组织。切片观察发现后期的愈伤组织中形成了大量的环纹与螺旋管胞,然后这些环纹管胞相互连接形成愈伤组织输导系统,最后与插穗的维管束相连通,形成一个网络系统(图版 II-5,6)。因此,我们认为杉木插条愈伤组织除可以产生根原始体外,主要具有以下功能:①保护作用,防止病原菌侵入,同时也防止插穗中有效物质的流失;②营养、水分等物质的运输桥梁,由于愈伤组织内有发达的愈伤组织维管束,且与插穗中水分和养分的通道、输导组织相连通,这样外界的水分和无机盐类便可输送到插穗,供插穗生长以及生根活动的需要,而穗条内部原有的有机物可提供愈伤组织活动的需要,使插穗保持生机。

3 讨论

一般扦插苗的不定根原始体按其形成时间分为潜伏根原始体(或先成根原始体)和诱生根原始体两种。潜伏根原始体是在插穗发育早期产生的,然后处于休眠状态,直到扦插后在适宜环境条件下才继续发育形成不定根;诱生根原始体是在扦插后才形成的根原始体。我们观察了杉木大量萌条,发现扦插前的萌条内不存在根原始体,而扦插后的萌条内产生大量的根原始体。因此,杉木扦插苗的不定根是属于诱生根原始体型。

不定根按其形成部位可分为皮层生根型、愈伤组织生根型和混合生根型3大类。皮层生

根型即不定根由插穗皮层中产生(但不排除少数在形成层、韧皮部、髓部等处产生根原始体);愈伤组织生根型是指不定根从插穗切口处愈伤组织内产生;混合生根型是指皮层和愈伤组织内都可以产生不定根。我们观察发现杉木扦插苗中绝大多数无性系为皮层生根型,极少数无性系为混合生根型。插穗基部皮层中的薄壁细胞首先恢复分生能力,形成根原始体,后期根原始体发育形成不定根突出皮层。极少数无性系的愈伤组织中的薄壁细胞也可以分化形成根原始体,继而发育形成不定根。梁玉堂等把杉木归结为愈伤组织生根型^[3]。我们认为这一观点值得商榷。尤其值得注意的是,由愈伤组织分化形成的大多数不定根不是按正常的方向向地下生长,而是向地面生长,似乎失去了“极性”(图版 I-3,4)。这一问题有待于进一步的研究。

对于杉木来说,皮层中的薄壁细胞分化后可以形成愈伤组织和根原始体。初期的愈伤组织和根原始体在形态上有明显的差异。初期的愈伤组织外围的细胞较小,为扁长形,排列规则,内部的细胞较大,形状也不规则,排列较疏松,而组成根原始体的细胞均较小,排列极为紧密(图版 I-5,8)。另外,在皮层内还有一团团小细胞,形态上近似根原始体和发育初期的愈伤组织,但后期其内部细胞降解消失,最终形成分泌道。

关于插穗愈伤组织的形成与生根的关系及其功能,不少学者已作过详细的研究。据报道辐射松、成年洋春藤等的不定根从插条基部愈伤组织内发生。在这种情况下,愈伤组织的形成是孕育不定根的前提。因为在杉木扦插苗中,绝大多数为皮层生根型,不定根是从愈伤组织的上方长出,而且在水培试验中也发现多数插穗的愈伤组织极少,不定根从皮层中长出,生长良好。所以我们认为杉木插穗愈伤组织的形成与根系的形成没有直接关系。在杉木中愈伤组织除极个别可以长出不定根外,其主要功能可能是防止病原菌侵入和插穗中有效物质的流失,并作为营养和水分等物质运输的桥梁。

扦插苗能否产生良好的不定根是扦插繁殖成功的关键。根据我们的观察,杉木插条在适宜的条件下(如扦插期间的水分供应、基质及环境温度和湿度等)生根良好,但不同无性系间的差异较大,同一无性系间差异较小。根原始体和愈伤组织发生的时间在不同的无性系中表现也不同。在有的无性系中(如119号),根原始体与愈伤组织的发生几乎是同步的,有的无性系中愈伤组织的发生早于根原始体的发生。

致谢 切片制作过程中,南京林业大学林学系植物学教研组提供实验设备方便,特此致谢。

图版说明

图版 I 1.插穗基部愈伤组织的外部形态;2.示插穗高位不定根(↑);3~4.示愈伤组织中不定根(↑)生长的方向;5.插穗基部横切面,示皮层中的根原始体(↑)×85;6.插穗基部横切面,示不定根的发生部位及早期形态(↑)×30;7.插穗基部纵切,示“皮层型”的不定根(↑)×30;8.插穗基部横切,示愈伤组织(↑)的早期形态×75。

图版 II 9.示愈伤组织中的早期不定根(←)×30;10.示“愈伤组织型”的不定根×75;11.插穗基部纵切面,示插穗维管束(↑)和愈伤组织内的维管束(←)×30;12.愈伤组织内的维管束“网络”(↑)×30;13.插穗基部不定根的形态图。

Explanation of photos

Photo I 1. External form of calli on cutting base; 2. Showing high adventitious root of cutting; 3~4. Showing growth direction of adventitious roots in calli; 5. Transection of cutting base, showing root primordia in cortices $\times 85$; 6. Transection of cutting base, showing early form and location of adventitious roots $\times 30$; 7. Longitudinal section of cutting base, showing adventitious roots originated from cortices $\times 30$; 8. Transection of cutting base, showing early form of calli.

Photo II 9. Showing early adventitious roots in calli $\times 30$; 10. Showing adventitious roots originated from calli $\times 75$; 11. Longitudinal section of cutting base, showing fibrovascular bundles of cutting and in calli $\times 30$; 12. Fibrovascular bundle net in calli $\times 30$; 13. Adventitious root form of cutting base.

参 考 文 献

- 1 Foster G S. *Can J For Res*, 1990, 20, 1361~1367
- 2 [日]森下义郎, 大山浪雄著; 李云森译. 植物扦插理论与技术. 北京: 中国林业出版社, 1988. 11~12
- 3 梁玉堂, 龙庄如等. 山东农业大学学报, 1987, 18(3), 1~8

He Zhenxiang (Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, PRC), Jiang Shu, Ye Zhihong, and Shi Jisen. **Rooting Mechanism of Rooted Cutting of *Cunninghamia lanceolata* Clone.** *J Zhejiang For Coll*, 1994, 11(1): 38~44

Abstract: The adventitious roots of cuttings from *Cunninghamia lanceolata* belong to the type of root primordia after being induced. There are two types of rooting: adventitious roots originated from cortices and adventitious roots originated from calli, with give first places to the former. Formation of adventitious roots among the clones has a significant difference in date. After cutting, clone No. 119 emerged adventitious roots in 23 days, which is the earliest one among the clones.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; vegetative propagation; rooting; clone



