

杉木伐桩萌芽的氮素营养*

程淑婉 王改萍 丁国华 叶镜中

(南京林业大学, 南京 210037)

摘 要 在北亚热带黄棕壤上的28年生杉木林分内, 设置不同季节伐木的5个处理(秋伐、冬伐、初春伐、初夏伐和夏伐), 研究它们的伐桩萌芽内氮素营养、内源激素、休眠芽萌发数及萌条生长量的差异。结果表明: 前1年冬伐(12月8日)和当年早春伐(3月8日)是最佳伐木时间, 此时杉木伐桩上的萌发势最强, 萌芽内氮素营养水平最高, 生长量也最大。休眠芽的萌发数主要与细胞分裂素关联, 而不同伐桩萌芽内氮素营养状况的差异, 主要是与氮素养分在植株内的运转(特别是还原态氮向树干基部和根系的回流作用)有关。不同季节采伐, 意味着在不同时期截断植株的向上运输和回流, 因而得到氮素营养水平的不同结果。环割试验进一步证实了这项推论。由此可见, 伐桩萌芽内的全氮量和氨基氮浓度, 可以作为论证合适伐木季节和预测萌条生长量的生理指标。

关键词 杉木; 伐根; 萌芽; 氮素营养; 植物激素

中图分类号 S718.43

1 概况

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是萌芽力很强的针叶树种。我国南方以杉木萌芽更新方式培育用材林已有悠久的历史。从多种经营的角度考虑, 这些快速生长的萌条还可以用作纸浆材或薪炭材^[1]。因此, 对杉木休眠芽特性的研究, 有重要的现实意义。本项研究是探讨杉木伐桩萌芽过程中的氮素代谢, 探讨它在不同采伐季节的差异及其与其他一些因子或过程的关系, 尝试查明杉木萌芽的营养物质基础及影响条件, 为调控萌芽提供理论依据。

试验地设在南京林业大学下蜀实习林场范围内。该场位于江苏省句容县境内, 地理位置为31°59' N, 119°14' E, 属宁镇山脉东端低山丘陵地带。试验地范围内的土壤为洪积-冲积物发育的厚层壤质黄棕壤, 土壤总厚度大于50 cm。表土层(0~15 cm)含有机质40.0 g/kg, 全氮量1.09 g/kg, 水解性氮137.3 mg/kg, 速效磷2.32 mg/kg, 速效钾155.70 mg/kg^[2]。

林场属北亚热带季风气候区, 年均气温15.2℃, 年均积温4 859.6℃; 日平均温高于10.0℃的植物生长期226 d, 平均无霜期223 d; 年均蒸发量1 454.3 mm; 年均日照2 157 h, 年均降

收稿日期: 1994-12-06

*国家自然科学基金资助项目

水量1055.6mm,但年际间变化较大,且多集中在夏季,春季和秋季次之,年平均空气相对湿度79%。

不同季节采伐试验地坡向西北,坡度10°。伐前林分林龄为28年生的实生林,密度2055株/hm²,平均树高7.8m,平均胸径14.1cm,蓄积量14.2m³/hm²。干基环状剥皮试验地坡向北偏东,坡度5°,为1992年冬皆伐38年生杉木实生林时留置于林缘的1排林缘林,平均树高9.2m,平均胸径17.5cm。

2 方法

2.1 试验处理和样品

第1组试验是研究不同季节采伐的影响。从1992年10月5日至1993年7月10日,分5个不同时期作采伐处理,即秋伐——1992年10月5日;冬伐——1992年12月8日;初春伐——1993年3月8日;初夏伐——1993年5月14日;夏伐——1993年7月10日采伐。伐倒木的伐桩高度控制在5.0cm左右。总计伐木133株。各处理伐倒木株数变动于20~27株之间。对秋、冬、初春3季采伐的伐桩从1993年4月9日至7月1日,初夏伐伐桩从5月21日至7月23日,夏伐伐桩从8月9日至8月30日,每周观察1次,记录各伐桩休眠芽萌发数量,同时摘取长至1.0~1.5cm的萌芽,立即冷冻后贮存,供分析用。本项研究所用样品,为各季节采伐伐桩上休眠芽在第2盛萌发期的幼芽。

第2组是人为控制杉木体内物质运输过程。在1992年皆伐后(12月9日)留置的单行林缘木中,对13株树木进行干基环状剥皮处理,环割部位距地面10.0cm左右,环剥带宽5.0cm,采样时间与第1组相同。

2.2 内源激素的提取、纯化和鉴定

激素的提取主要参考丁静等的方法^[3],但略作修改,用非水溶性聚乙烯吡咯烷酮(I-PVP)去除酚类物质及其他一些有机酸。激素的进一步纯化用美国Waters公司产品Sep-park C₁₈柱。方法步骤主要参考袁朝兴等的方法^[4]。纯化后的激素鉴定是用高效液相色谱法检测,所用色谱仪也是美国Waters公司生产的,具备490型多功能可变波长检测器。检测波长分别为280nm(生长素)、204nm(赤霉素)、250nm(脱落酸)和270nm(细胞分裂素类),采用外标法定量,根据外标的保留时间确定激素种类。

2.3 全氮量测定

用微量开氏定氮法测定^[5],重复3次。

2.4 硝酸还原酶活力测定

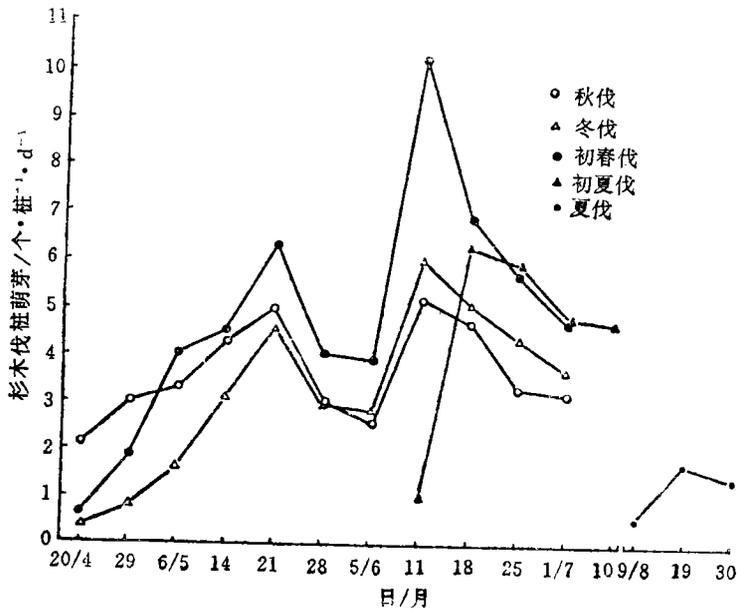
参照陈微和周国璋等的活体测定法^[6,7],重复3次。

2.5 氨基态氮含量测定

用茚三酮比色法测定^[8],重复2次。

3 结果与分析

3.1 不同采伐季节杉木伐桩休眠芽萌发动态



附图 不同采伐季节伐桩休眠芽萌发的动态

Fig. Seasonal dynamics of sprouting from dormant buds of Chinese fir stumps

从附图可见, 不同采伐季节杉木伐桩上休眠芽萌发的时变动态曲线形状基本相似, 即初春伐、冬伐、秋伐(由于秋伐在1992年10月5日施工, 此时尚处于生长末期, 仍在生长, 当年10月30日即有少量休眠芽膨大萌发, 大小在0.5 cm左右, 但越冬时萌芽冻死, 翌年又重新萌发)、初夏伐和夏伐都有萌发高峰。初春伐、冬伐和秋伐因萌发时间起点早, 故呈现双峰曲线; 而初夏伐、夏伐因采伐迟, 伐桩休眠芽萌发起点晚, 故萌发盛期推迟, 在调查期内仅呈现1个高峰。从图中还可看出, 不同采伐季节杉木伐桩休眠芽萌发达到高峰时的平均萌发力有较大差异, 以初春伐为最高, 10.5个/(桩·d); 夏伐为最低, 1.5个/(桩·d); 初夏伐为6.2个/(桩·d); 冬伐为6.0个/(桩·d)和秋伐为6.0个/(桩·d), 后两者基本相近。这项差异与表1不同萌芽中细胞分裂素和生长素的水平差别是一致的: 细胞分裂素浓度高, 生长素浓度低有利于萌芽。

表1 杉木伐桩萌芽中内源激素的比较

Table 1 Comparison of endohormones in sprouting buds from Chinese fir stumps

类 型	浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ FW	
	初春伐	夏伐
细胞分裂素(CTK)	27.085 1	1.233 4
生长素(IAA)	0.224 2	0.452 7
赤霉素(GA)	58.167 1	76.395 0
脱落酸(ABA)	0.385 6	0.508 4

注: 采样时间, 初春伐, 6月11日; 夏伐, 8月19日

另外, 对各不同采伐季节处理的萌条当年(1993)生长量, 在1994年3月杉木生长开始前进行了调查统计。从表2可见, 初春伐伐桩萌条的高生长和基径的粗生长量都远远大于夏伐伐桩上的萌条生长量; 同时也可看出休眠期(12月至3月)采伐的伐桩, 萌条高生长量都大于生长期(10月至7月)采伐的伐桩上萌条。基径粗生长也有类似趋势, 只是冬伐伐桩上萌条的基径粗度略低于夏伐。从表1来看, 春伐桩与夏伐桩上萌条生长量的

表 2 不同采伐季节伐桩萌条的年生长量

Table 2 Annual growth of sprouting buds from stumps of various cutting seasons

采伐季节	萌条平均高度/cm	萌条平均基径粗度/cm
秋 伐	71.58	1.00
冬 伐	81.40	1.44
初春伐	88.28	1.62
初夏伐	78.82	1.46
夏 伐	34.69	0.57

表 3 伐桩萌芽中的全氮量、硝酸还原酶(NR)活力和氨基态氮浓度

Table 3 Concentrations of total N, amino N and activity of nitrate reductase in sprouting buds of Chinese fir stumps

处 理	全氮量(N) /mg·g ⁻¹ DW	NR活力(NO ₂ ⁻) /μg FW*	氨基态氮浓度 /μg·g ⁻¹ FW
秋 伐	23.53±0.07	61.9±4.8	68±4
冬 伐	26.78±0.59	31.9±0.6	151±8
初春伐	28.18±0.70	55.3±2.3	214±15
初夏伐	22.76±0.09	37.2±2.4	66±11
夏 伐	27.04±0.32	165.4±23.0	56±8
环割**	18.46±0.51	76.05±6.3	28±2

注: *时间30min, **环下的树桩萌芽

差异,似与萌芽初期内几种激素如生长素、赤霉素等的浓度无关,而正如下文所述,是氮素营养状况的影响更为重要。春伐桩的萌芽生长良好,可能也与这种萌芽内细胞分裂素浓度高,脱落酸浓度较低,因而对蛋白质合成起促进作用有关^[9]。因为细胞分裂素是由根端的分生组织合成的^[9],春伐桩萌芽内细胞分裂素浓度高,说明这种伐桩的根生理活动也最强。

3.2 不同采伐季节伐桩萌芽内的全氮量、氨基态氮浓度和硝酸还原酶活力

于不同采伐季节伐桩休眠芽萌发量达到最大值时(附图),对说明芽内氮素代谢营养状况的一些指标进行了测定和比较,发现不同采伐季节处理的杉木伐桩上,萌芽内的全氮量,硝酸还原酶活力和氨基态氮(NH₂-N)浓度都有较大差异(表3)。萌发势最强的初春伐桩萌芽中,细胞分裂素水平高,萌发后生长量也最大(表2),芽内全氮量最高,氨基态氮浓度也最高,但硝酸还原酶活力低;而萌发势最弱的夏季伐桩萌芽内,细胞分裂素水平低,萌发后生长量也最小,虽然芽内全氮量和硝酸还原酶活力都高,但氨基态氮浓度最低。除萌发势极弱的夏伐桩外,各处理萌条年高生长量与萌芽内全氮量及氨基氮浓度呈正相关关系(r 分别为0.818及0.894);若计及夏伐桩,则萌条年高生长量与硝酸还原酶活力为反相关(r 为-0.949)。

H.Marschner曾指出,还原态氮可以由韧皮部向根部回流^[8]。秋季伐桩是在采芽样前1年10月5日伐去林木的,由于伐前树冠生长大量消耗氮,而秋季伐木又断绝了氮的回流,因此当年的萌芽中全氮量和氨基氮浓度都较低,萌条生长量也较低。初夏和夏季伐桩是分别在当年5月14日和7月10日才伐木的,伐前林木已开始进入当年的旺盛生长时期,也消耗大量的氮,所以伐后的当年萌芽内,所含全氮量和氨基态氮浓度也较低。特别是夏伐,在伐木之前因树冠生长而消耗大量氮,加以在生长盛期砍伐,严重破坏生理平衡,来源于根桩合成的细胞分裂素浓度急剧下降,而脱落酸浓度明显上升,所以萌发势和萌条当年生长量都为最低,氨基态氮浓度也为最低。冬季和初春伐桩是分别在前1年12月8日和当年3月3日伐木的,当时杉木生长处于停滞状态,已有相当一部分氮回流贮存于树干基部和根系,由于氨基酸是蛋白质合成的第一步,而初春伐桩萌芽内高水平的细胞分裂素对蛋白质合成又有刺激作用,所以在伐桩上虽然萌芽数量多,萌条生长量大,但萌芽内氨基态氮和细胞分裂素的浓度仍为最高,说明其蛋白质合成过程强烈,已回流到根桩的大量还原态氮,有利于萌动后萌条的生长。因

此萌芽内的全氮量和氨基态氮浓度可以作为论证合适伐木季节和预测萌芽生长量的生理指标。初春伐桩与夏伐桩细胞分裂素水平和氮素营养状况的明显差异，便是例证(表 2 ~ 3)。

硝酸还原酶活力与萌条生长量的反相关，似乎只是一种派生现象。一般认为，硝酸还原酶活力与 NO_3^- 浓度成正比。夏伐桩由于伐前林木的旺盛生长，根部正在强烈吸收 NO_3^- 态氮，一旦因伐木截断向上的 NO_3^- 流，便有较多 NO_3^- 贮存于根细胞的液泡中，萌发时随即运向萌条，而此时萌芽内的细胞分裂素水平低，蛋白质合成过程较弱，故氨基态氮浓度最低，伐桩上为数不多的萌芽内因而有较多游离 NO_3^- 累积，表现为硝酸还原酶活力强；秋伐桩次年萌芽内硝酸还原酶活力也较强，同样是由于秋伐截断 NO_3^- 流时，有较多 NO_3^- -N留在根部的缘故^[9]。但由于秋伐桩的萌芽数远多于夏伐桩，每个芽所均摊的 NO_3^- 量较低，所以其芽内硝酸还原酶活力低于后者。

3.3 冬季伐桩萌芽与植株环割环下根桩萌芽的萌发势及氮素营养

冬伐和环割处理的时间基本相同(1992年12月8日)，但两者的休眠芽萌发势及氮素营养都有很大差别。

冬伐桩萌芽势强，在高峰期的平均萌芽量为6.0个/(桩·d)，而环割环下根桩萌发势弱，在高峰期也仅为2.6个/(桩·d)。后者的细胞分裂素浓度(6月11日采样)仅为0.931 $\mu\text{g/g}$ ，近似于夏伐桩萌芽，而比春伐桩萌芽的低得多(表 1)，看来环割根桩萌发势弱也与细胞分裂素水平低有关。

环割处理的萌芽中，全氮量、氨基态氮浓度都比冬伐桩萌芽低得多。这是因为环割截断了还原性氮通过韧皮部的回流，但并未隔绝无机氮向上运输的通道，无机氮仍可随蒸腾水流不断从根桩向上输出。根吸收的 NO_3^- 也向萌芽分流，但根桩部分不再获得回流的还原氮，从而影响到芽内的氮素营养水平。至于其硝酸还原酶活力高于冬伐桩的萌芽，可能是由于流入萌芽的 NO_3^- 因细胞分裂素浓度低和蛋白质合成作用弱而累积的缘故。

4 结论

综上所述，为了获得大量优质萌条，冬伐和初春伐(特别是初春伐)是最佳的伐木时间。在这段时间内伐木，伐桩上的萌发势最强，萌芽内氮素营养水平最高，生长量也最大。

在同样土壤条件下，不同采伐季节的伐桩上，萌芽的氮素营养和生长量有明显的差别。因为所有伐桩都是着生在养分水平一致的同一种土壤上，所以各种萌芽内氮素营养水平的差异与土壤养分水平没有直接关系，而主要是与氮素养分在植株内的运转(特别是还原态氮向茎干和根部的回流作用)有关。不同季节采伐，意味着在林木生长的不同时期截断植株的向上运输和回流，因而得到氮素营养水平的不同结果。

环割只截断回流，但未隔断向上运输流，从而使根桩内的氮素营养水平在各处理中成为最低。这项试验结果进一步证实了砍伐是通过截断养分运输通道而影响萌芽矿质营养和生长状况的结论。

因此，伐桩萌芽内的全氮量和氨基态氮浓度(特别是氨基态氮浓度)，可以作为论证合适伐木季节和预测萌条生长量的生理指标。

鸣谢 内源激素的液相色谱检测由南京林业大学夏民州高级工程师协助完成, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 叶镜中, 姜志林. 杉木休眠芽生物学特性研究. 南京林业大学学报, 1989, 13(1): 50~53
- 2 高志勤. 北亚热带几种林分类型对土壤养分状况的影响. [学位论文]. 南京: 南京林业大学, 1993
- 3 丁静, 沈镇德. 植物内源激素的提取分离和鉴定. 植物生理学通讯, 1979, 15(2): 27~39
- 4 袁朝兴, 沈镇德, 商慧琛. PVP, C₁₈柱和Sephdex LH-20在激素纯化中的应用. 植物生理学通讯, 1988, 24(6): 55~58
- 5 中国土壤学会农化专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983. 79~82
- 6 陈微, 张德颐. 植物组织中硝酸还原酶的提取、测定和纯化. 植物生理学通讯, 1980, 16(4): 45~49
- 7 周国璋, 苏梦云. 杉木硝酸还原酶的初步研究. 林业科学, 1988, 24(2): 156~161
- 8 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 424~426
- 9 [德]H. 马斯纳著, 曹一平等译. 高等植物的矿质营养. 北京: 北京农业大学出版社, 1991. 54~55, 83~84, 119~120

Cheng Shuwan (Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, PRC), Wang Gaiping, Ding Guohua, and Ye Jingzhong. **Nitrogen Nutrition in Sprouting Buds from Chinese Fir Stumps.** *J Zhejiang For Coll*, 1995, 12(2): 133~138

Abstract: In the northern subtropics of China, in a [28-year-old Chinese fir stand grown on yellow-brown soil, 5 treatments of various cutting seasons were established to study the differences in nitrogen nutrition, endohormones, sprouting amount and growth rate of the sprouting dormant buds from Chinese fir stumps. It turned out that winter cut (Dec. 8 of last year) and early spring cut (Mar. 8 of the current year) were the optimal cutting seasons by which the sprouting amount from a stump, the N nutrition level in the sprouting buds and the growth rate of sprouts were the highest. Sprouting amount per stump was closely related to CTK level in sprouting buds, while the difference of N nutrition in the sprouting buds from various stumps was mainly attributed to the translocation of N nutrients within the tree, especially the downward reflux of reductive N to the basal part of stem and root system. The ring-barking experiment further proved this inference. Therefore, the concentrations of total N and amino N in the sprouting buds can be adopted as the physiological indice for demonstrating the optimal cutting season and predicting the growth rate of sprouting.

Key words: *Cunninghamia lanceolata* (Chinese fir); stump; sprout tillers; nitrogen nutrition; phytohormones