

华北落叶松铜、钼含量及 多酚氧化酶活性研究*

姚延^{木寿} 张淑改 许茂红

摘要 对华北落叶松 Cu、Mo 元素含量及多酚氧化酶活性进行了研究,结果表明:(1)林木各器官 Cu、Mo 元素含量差异较大,Cu 元素含量以吸收根(< 2 mm)最大,达 13.97 mg/kg,以多年生枝含量最低,为 3.37 mg/kg;Mo 含量以梢头最大,达 17.97 mg/kg,以多年生枝含量最低,为 1.24 mg/kg。(2)多酚氧化酶的活力,地下部分吸收根(< 2 mm)最高,达 29.33 u/g,骨骼根(> 10 mm)最低,为 4.95 u/g;地上部分多酚氧化酶活性高低排序依次为梢头、一年生枝、二年生枝、干、多年生枝。

关键词 华北落叶松 营养元素 多酚氧化酶

Cu 是多酚氧化酶等酶的组成成分,是叶绿体中质体的组成成分,在植物氧化还原电子传递中及光合电子传递系统中均有重要作用,Cu 还参与亚硝酸的还原过程,对植物生长发育具有不可替代的作用。Mo 是催化硝酸还原成氨的酶素一部分,生理作用集中于 N 素代谢方面。Cu、Mo 通过对多酚氧化酶等多种酶的形成及活性影响,特别对 N、P 代谢以及对林木生长发育产生重要影响。国内外有关 Cu、Mo 及多酚氧化酶的研究较少^[1],林木在该方面的研究更为缺乏,近年来研究范围和深度均有增加的趋势。就目前研究水平而言,Cu 的研究仅限于对木材品质的影响;Mo 的研究仅限于缺 Mo 条件下植物的生长表现。本文旨在弄清并初步掌握华北落叶松各器官 Cu、Mo 元素含量及多酚氧化酶的活性,华北落叶松林内 Cu、Mo 的年吸收量、年归还量、年利用量及年损失率。进而研究和探讨 Cu、Mo 与多酚氧化酶活性的关系及对林木生长、生理代谢方面的作用,为促进华北落叶松的生长,大幅度提高林分生物产量,提供科学的基础理论依据。

1 试验地概况

实验地林分为 20 年生华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr)人工林,密度为 2 455 株/hm²,郁闭度 0.9,林相整齐,林下无灌木,只有禾本科等草类,草类覆盖度约 0.2。试验地位于山西省关帝林业局三道川林场 91 林班 6 小班。三道川林场位于 111 30 ~ 111 84 E,37° 28 ~ 37 35 N 之间;海拔 1 000 ~ 2 169 m,年均气温 3 ~ 8 °C;年降水量 600 ~ 800 mm,极端最低温度 - 22.1 °C,冬季最大冻土层 80 cm。全年无霜期 120 d 左右。试验地海拔 1 950 m,接近三道川林场最冷区。

1997—06—24 收稿。

姚延^{木寿}副教授,张淑改,许茂红(山西农业大学 山西太谷 030801)。

* 1995 年国家自然科学基金资助课题“华北落叶松中铜、钼的循环机理及其与酶活性关系的研究”部分内容。

2 研究方法

2.1 生物(生长)量测定

1996年8月用标准地法测定生长因子后,以林分各径阶平均测树指标(误差不大于2%),在各径阶内选取平均标准木,按一米区分段分别测定各径阶标准木叶、一年生枝、二年生枝、多年生枝、干的生物量及>10 mm 骨骼根的生物量。依据各径阶标准木的测定结果计算单位面积林木生物量,10 mm 根系生物量用土柱法测定^[5],上述各部分之和为林分生物量。林木干生长量依标准木的材积生长率求得,枝生长量用标准枝法求得,根系生长量用下式^[1]求得:

$$\frac{\text{枝生长量}}{\text{枝生物量}} = \frac{\text{细根生长量}}{\text{细根生物量}}; \quad \frac{\text{干生长量}}{\text{干生物量}} = \frac{\text{骨骼根生长量}}{\text{骨骼根生物量}}$$

各生长量之和为林分生物生长量。Cu、Mo 元素及酶活性测定的取样时间为1996年9、10月15日。

2.2 Cu、Mo 元素测定

测定分别取叶、一年生枝、二年生枝、多年生枝、干、>10 mm 根、5~10 mm 根、2~5 mm 根、<2 mm 根烘干样5 g,于550 °C条件下灰化,用1:1盐酸溶解,用水定容至50 mL,Cu元素直接用原子吸收仪测定。Mo的测定采用比色法,将定容后的待测液加异戊醇萃取,离心(除水),于465 nm 波长处比色测定。

2.3 多酚氧化酶的测定

(1) 酶液提取^[2] 分别称取各鲜样1 g加0.25 g PVP及少许石英砂和8 mL(pH6)磷酸缓冲液,充分研磨(冰溶条件)成匀浆。再加4 mL 缓冲液,匀浆在10 000 r/min下冷冻离心10 min,取上清液为酶提取液。

(2) 酶活性测定^[3] 将3 mL 磷酸缓冲液(pH=5.9)和0.6 mL 酶液混合均匀,立即在30 °C恒温水浴中保温1 min 反应,取出立即加1 mL 0.08 mol 邻苯二酚,摇匀,立即在721分光光度计上420 nm 处测吸光值变化。放好立即读数并记录,1 min 读一次,共读5次。

依据下式计算酶的活性:

$$\text{酶的活力}(u/g) = \frac{A}{(0.01W \cdot t)} \times D$$

以每分钟吸光值改变0.01为一个酶活力单位(u)。式中: A——反应时间内吸光值的变化; W——鲜样品质量(g); t——反应时间(min); D——总酶液为反应系统内酶液的倍数。

酶液的测定注意需做两组重复实验并同时做对照。

3 结果分析

3.1 华北落叶松人工林生物量

测定结果表明:华北落叶松人工林总生物量达83.74 t/hm²。其生物量中<0.2 cm 根为9.57 t/hm²;0.2~0.5 cm 根为1.35 t/hm²;0.5~1 cm 根为1.82 t/hm²; >1 cm 根为13.05 t/hm²。地下部分生物量合计25.797 t/hm²,占总生物量30.80%。生物量中干33.11 t/hm²;一年生枝为0.47 t/hm²;二年生枝为0.71 t/hm²;多年生枝为19.80 t/hm²;叶为3.88 t/hm²。地上部分生物量为57.96 t/hm²,占总生物量69.20%。干生物量占总生物量39.54%。表明该立

地条件, 适合华北落叶松的生长, 也有利于华北落叶松干材的积累。

华北落叶松人工林径阶与其树干、一年生枝、二年生枝、多年生枝、叶、 $> 1.0 \text{ cm}$ 根的相关关系很密切。相关系数 r , 一年生枝、二年生枝接近 0.9, 干、多年生枝、叶、 $> 1.0 \text{ cm}$ 根均大于 0.9 (见表 1), 表明在华北落叶松人工林生物量测定中, 可使用表中提供的径阶与各器官之间的数学模型来直接计算华北落叶松人工林的生物产量。其通式为: $y = A + BX$ 。其中: y 为器官生物量, X 为径阶中值; A, B 为回归参数。

表 1 华北落叶松人工林径阶与不同器官相关关系

器 官	A	B	r
树 干	- 12 285. 328 48	3 346. 503 88	0.962 68
一年生枝	- 180. 556 69	47. 393 31	0.891 48
二年生枝	- 274. 474 41	73. 173 50	0.886 29
多年生枝	- 7 962. 642 22	2 077. 122 67	0.944 31
叶	- 1 409. 641 27	386. 090 37	0.932 15
$> 1.0 \text{ cm}$ 根	- 4 416. 443 35	1 252. 861 30	0.955 78

3.2 华北落叶松人工林不同器官 Cu、Mo 元素的含量

表 2 表明: 华北落叶松人工林不同器官 Cu、Mo 营养元素的含量差异十分明显, Cu 元素含量以吸收根($< 0.2 \text{ cm}$) 最大, 高达 13.97 mg/kg , 以多年生枝含量最小, 为 3.37 mg/kg ; Mo 的含量以梢头最大, 高达 17.97 mg/kg , 以多年生枝含量最小, 为 1.24 mg/kg 。Cu 元素在不同器官中的含量分布依次为吸收根($< 0.2 \text{ cm}$)、梢头、干、二年生枝、叶、一年生枝、 $5 \sim 10 \text{ mm}$ 根、 $> 10 \text{ mm}$ 根、 $2 \sim 5 \text{ mm}$ 根、多年生枝; Mo 元素含量在不同器官中的分布依次为: 梢头、干、一年生枝、 $> 10 \text{ mm}$ 根、 $< 2 \text{ mm}$ 根、叶、二年生枝、 $5 \sim 10 \text{ mm}$ 根、 $2 \sim 5 \text{ mm}$ 根、多年生枝。从 Cu、Mo 元素含量的分布状况看, 梢头中 Cu、Mo 元素含量都较高, 表明 Cu、Mo 元素和华北落叶松的高生长(顶端优势) 关系很密切, Cu、Mo 元素能促进华北落叶松顶端优势作用的发挥, 促进华北落叶松的高生长。林木蓄积量的生长主要靠树干韧皮部的活动, 而树干中 Cu、Mo 元素的含量亦较高, 说明 Cu、Mo 元素和生长部位的活动能力很有关系, 能促进生长部位的活动能力。相反, 多年生枝的活动能力很差, 生长势很弱, 其 Cu、Mo 元素的含量也应该较低, 这一点正好

表 2 华北落叶松人工林不同器官 Cu、Mo 元素含量

(单位: mg/kg)

器 官	1996 年 9 月份样		1996 年 10 月份样	
	Cu	Mo	Cu	Mo
梢 头	8.76	17.97	4.30	1.06
叶	6.39	7.98	1.21	2.78
一年生枝	5.21	10.57	4.51	1.29
二年生枝	6.98	7.97	4.09	2.01
多年生枝	3.73	1.24	3.45	1.95
干	8.46	12.47	1.01	0.82
$< 2 \text{ mm}$ 根	13.79	9.27	12.17	5.16
$2 \sim 5 \text{ mm}$ 根	4.02	1.28	3.88	3.25
$5 \sim 10 \text{ mm}$ 根	5.21	4.28	3.03	1.30
$> 10 \text{ mm}$ 根	4.26	10.47	2.39	0.82

和样品的测定结果相吻合, Cu、Mo 元素的含量在多年生枝条中均是最低的。吸收根中 Cu 元素含量最高, 表明 Cu 元素与吸收根的吸收能力有关。吸收根中 Mo 元素含量在各器官中居中, 表明 Mo 元素对吸收根的吸收能力无太大影响。

从 1996 年 10 月 16 日(叶)测定结果来看, Cu 元素含量以 < 2 mm 根最高, 达 12.76 mg/kg; 以干最低, 为 1.01 mg/kg; Mo 元素含量以 < 2 mm 根最高, 达 5.16 mg/kg, 以干最低, (> 10 mm 根与之相等)为 0.82 mg/kg。Cu 元素在不同器官中的含量排序为 < 2 mm 根、一年生枝、梢头、二年生枝、2~5 mm 根、多年生枝、5~10 mm 根、> 10 mm 根、叶、干; Mo 元素含量在不同器官中的含量排序为 < 2 mm 根、2~5 mm 根、叶、二年生枝、多年生枝、5~10 mm 根、一年生枝、梢头、> 10 mm 根、干, 说明至落叶时 Cu、Mo 元素在各器官中的含量发生很大变化。此时, 由于地温是适合于根系生长, 落叶松根系将继续生长一个时期, 因而, Cu、Mo 元素很快大量向根系回流, 使得 < 2 mm 根 Cu、Mo 元素含量增加, 与各器官相比, 含量达最大值。梢头、树干韧皮部这些生长部位, 由于气候变凉, 生长缓慢, Cu、Mo 元素含量已明显降低, 特别是树干, Cu、Mo 元素含量在各器官中达最低值。

总之, Cu、Mo 营养元素在不同器官中的分布差异明显, 不同器官中 Cu、Mo 营养元素的含量差异亦很明显。Cu、Mo 元素含量与落叶松各生长部位的活动能力有很大关系, 有提高生长部位活动能力的作用。

3.3 华北落叶松不同器官多酚氧化酶的活性

测试结果表明: 多酚氧化酶的活力不同器官差异极为明显; 不同器官多酚氧化酶的活力变化也很大。地上部分各器官多酚氧化酶活力大小的排序依次为: 梢头、一年生枝、叶、二年生枝、干、多年生枝, 梢头多酚氧化酶的活力相当于多年生枝多酚氧化酶活力的 5.61 倍。地下部分吸收根(< 2 mm)多酚氧化酶活力最高(29.33 u/g), 其次是 5~10 mm 根, 2~5 mm 根, 骨骼根(> 10 mm)多酚氧化酶活力最低, 为 4.95 u/g。吸收根多酚氧化酶的活力是骨骼根的 5.93 倍。到林木落叶时, 地上部分各器官多酚氧化酶活力大小的排序发生了变化, 即为: 叶、梢头、多年生枝、二年生枝、一年生枝、树干, 表明: 在落叶前的一段时间里, 多酚氧化酶和其它营养物质一样, 开始由各器官向地下部分回流。叶中多酚氧化酶回流很少, 随落叶进入林地, 使得凋落物中多酚氧化酶含量提高, 活力增强。多酚氧化酶的回流快慢排序为一年生枝、二年生枝、多年生枝, 使得此时酶的活力正好相反。地下部分多酚氧化酶的活力也发生一定变化, 其吸收根最大, 骨骼根次之, 2~5 mm 根再次之, 5~10 mm 根活力最低。骨骼根多酚氧化酶活力较大, 说明多酚氧化酶正处于回流中。以上分析也表明: 无论地上或地下部分, 只要是强生长点(梢头、吸收根), 多酚氧化酶的活力就最大。到达落叶时节, 地上部分各器官(除一年生枝)多酚氧化酶的含量和活力均有很大程度降低。活力排序为一年生枝、梢头、二年生枝、多年生枝、树干, 地下部分 2~5 mm 根活力最大, 看来与产生新的吸收根有关, 5~10 mm 根多酚氧化酶活力次之, 吸收根再次之, 骨骼根最低。

总之, 不同器官多酚氧化酶含量和活力差异极为明显, 不同器官多酚氧化酶活力大小排序规律亦不相同。

4 小 结

(1) 实验地条件下, 华北落叶松人工林径阶与其树干、一年生枝、二年生枝、多年生枝、叶、

> 1.0 cm 根的相关关系很密切。可用本文提供的数学模型来直接计算华北落叶松人工林的生物量。

(2) 林木各器官 Cu、Mo 元素含量差异很大, 不同器官中 Cu、Mo 元素含量差异明显, Cu、Mo 元素有提高生长部位活动能力的作用^[4]。

(3) 多酚氧化酶的含量与活力, 不同器官中差异十分明显, 不同器官中的排序规律变化不相同, 各器官中多酚氧化酶的含量和活力均较高, 到落叶时各器官中多酚氧化酶的含量和活力则大大降低。

参 考 文 献

- 1 姚延涛. 京西山区油松侧柏人工混交林生物量及营养元素循环的研究. 北京林业大学学报, 1989, (2): 38 ~ 46.
- 2 叶方相. 香菇菌丝不同菌龄多酚氧化酶活性比较. 江苏食用菌, 1994, (2): 29.
- 3 刘曼西, 于秀芝. 有机酸对马铃薯多酚氧化酶活性的影响. 植物生理学通讯, 1991, 27(5): 350 ~ 353.
- 4 毛玉英, 冯志哲. 蘑菇中多酚氧化酶的活性及影响活性的因素. 食品工业, 1990, (2): 1 ~ 3.
- 5 Keith van Cleve. Productivity nutrient cycling in taiga forest ecosystem. Can. J. For. Res., 1983, (5).

The Cycles of Nutrient Elements of Copper and Molybdenum and Polyphenoloxidase s Activities of *Larix principis-rupprechtii*

Yao Yantao Zhang Shugai Xu Maohong

Abstract Through studying the contents of Cu, Mo element and the activity of polyphenoloxidase of larch, we find different organs of the tree have obviously different element contents. Absorbing root has the highest Cu content (13.97 mg/kg). The Lowest (3.37 mg/kg) lies in the perennial branch. The biggest Mo content (17.97 mg/kg) lies in the treetop, that of the perennial twig has the smallest (1.24 mg/kg), furthermore, for the underground part of the tree, absorbing root (thinner than 2 mm) has the highest activity of polyphenoloxidase (29.33 u/g). The lowest exists in the root which is wider than 10 mm, but for the upper part of the tree, the order from big to small is the tree top, one year twig, two year twig, trunk, perennial twig.

Key words *Larix principis-rupprechtii* nutrient element polyphenoloxidase

Yao Yantao, Associate Professor, Zhang Shugai, Xu Maohong (Shanxi Agriculture University Taigu, Shanxi 030801).