

## 林业生产中的硼



缺硼是植树造林时最常见的微量营养素限制。很多国家都出现了这个问题，尤其是桉树和松树人工林，还有在被宏量营养素肥料、石灰处理、火灾或侵蚀改变过的土壤中种植本地品种的人工林和天然林。

### 缺硼症状

缺硼症状通常有典型特征，但是一些可能出现的情况也可与这些症状发生混淆，如叶片浓度变化、生长不稳定和气候灾害影响等。松树的缺硼症状因品种不同，会表现出明显的季节性，并通常会被环境因素所诱导。正常的芽春季生长表现正常，但到夏天或夏天之后，主枝会表现出明显的症状。硼供应不足或硼的吸收短暂中断（例如由干旱引起）会对迅速生长的嫩芽造成不可逆转的损害。后果通常是主枝分裂。

**樟子松（单节品种）**：缺硼表现出大量的树脂流出和丧失顶芽优势；顶芽可能很小、畸形、发育迟缓或死亡；相邻的侧芽也会出现类似的情况。在其他的松树品种中，主枝也会出现膨大、开裂、弯曲或死亡的现象，髓内也会出现暗色和凹陷。在受影响的末梢附近的松针通常短而变形，要么是深绿色，要么褪色。

各个品种的其他症状有：

- **北美乔松和樟子松**：末端生长点枯死，松针的末端变为浅黄色或橙色，边缘为浅褐色。
- **P樟子松**：幼苗短而粗，根部脆弱且变厚，幼芽生命力很弱，幼小的松针褪绿，松针变形非常常见。
- **辐射松**：枝节和顶梢枯死、畸形、根尖枯萎或变褐色、表面木栓化。未供硼的幼苗生长点五个月后枯死。
- **T北美乔柏**：生长中的枝条很容易枯萎，幼枝上的松针变褐色。
- **展松、卡西松和洪都拉斯加勒比松**：主枝变得非常弯曲，除此之外看上去很健康，叶子正常，没有树脂流出。
- **湿地松**：树脂流出，芽和顶梢枯死，松针畸形通常发生在其他外部症状之前。

# 林业生产中的硼



## 硼和树木生理学

硼是树木内部相对固定的营养素。与其他的营养素（如氮和镁）不同，它不会被内部循环重新分配到生长点，根的摄取量决定了硼被吸收到枝条和叶子中的浓度。

施用硼肥提高了菌根的总碳水化合物含量，叶面施肥加土壤施肥可将菌根的总碳水化合物含量提高 24%，而单独叶面施肥会减少总碳水化合物含量。

施用硼后，真菌和菌根中的糖分含量都有显著提高。有效硼含量低会限制根部的生长，缺硼对菌根共生的影响大于单独的细根。

叶片的脉间区域内可能有褪绿色浅的斑驳图案，且脉间和叶边缘上有红褐色斑点；根部可能会保持粗短，膨大成结瘤，纵向开裂。

## 缺硼情况哪里最常见？

缺硼最常见之处:

- 来自酸性火成岩和淡水沉积物的土壤
- 原始成分已浸出的酸性土壤
- 粉砂含量低的沙、粘土或云母、酸性泥炭和淤泥
- 含游离石灰的土壤，包括一些经过大量石灰处理的酸性土壤<sup>3</sup>

缺硼和叶硼减少的显性表现可能是由添加宏量营养素引起的，石灰处理和氮肥会导致严重缺硼。石灰处理很可能影响硼的吸收，而氮肥在加速生长的同时会导致硼的稀释。

环境压力，尤其是干旱，经常会引发缺硼情况或加重硼含量略有不足的地点的缺硼情况。虽然恢复正常降雨量后树木通常会恢复健康，但受影响的林木中的多个枝节的发病率可能很高，这降低了林木的经济价值。研究发现施用硼可以防止顶梢枯死，即使是在多年的干旱之后依然效果很好。

## 土壤测试和植物分析

在种植前，土壤测试对于确定 pH 值和达到足够的营养水平是最有用的，但是要确定树木利用土壤养分的程度，需要进行叶面取样。北卡罗莱纳州立大学建议，在嫩枝停止生长且松针完全延展时取样，每一次新芽生长完成时都进行取样。

土壤测试并不能代表植物的实际生长。如澳大利亚有研究进行实验，对 0-10 厘米土壤测试有效硼临界值为 0.29 ppm，10-20 厘米土壤的有效硼临界值为 0.19 ppm，结果导致辐射松幼苗出现严重的缺硼情况。

# 林业生产中的硼



## 林业用硼的建议

圣诞树（冷杉）使用速乐硼进行叶面施肥（每 100 加仑 1 磅），或使用滴灌速乐硼（每英亩 3 到 5 磅），从而解决了缺硼问题。

对圣诞树进行叶面施肥时，每 100 加仑不要超过 0.25 磅硼，每英亩 5 磅硼可以纠正干旱条件下辐射松的缺硼状况。

Tissue concentrations					
Crop	Leaf boron content, ppm boron				
	Deficient	Low	Normal	High	Excess
桦树	<14		28-33		
东部杨木	<9		68		
桉树	<35		40-70		
冬青树	<20	20-25	>30		
<i>Pinus radiata</i>	<10			>20	
橡胶树			>80		
Scots pine	<10		25-30		
Spruce	*8		25-30		

*Diagnostic Criteria for Plant and Soils* Ed. H.D. Chapman.  
Shorrock - Boron Deficiency and Its Cure.

## Soil applications (suggested rates of application)

Crop	持力硼® (15% B)	持力硼® (20.5%)	
	众爱硼® (15% B)	lbs / acre	gals / acre
桦树	0.4 - 1.8	0.2 - 1.2	3 - 24
东部杨木	0.4 - 1.8	0.2 - 1.2	3 - 24
桉树	1.1 - 3.5	0.7 - 2.4	14 - 47
松树	6.3 - 31.2	4.5 - 22.3	10.7 - 53.5
黑荆树	12.5 - 37.9	8.9 - 26.8	21.4 - 64.2

## 林业生产中的硼



### 参考资料

1. NC State University Christmas Tree Newsletter May/June 1998.
2. Atalay, A et. al. "Boron fertilization and carbohydrate relations in mycorrhizal and nonmycorrhizal shortleaf pine." *Tree Physiology* 4, 3 (1988): 275-280.
3. Stone, EL. "Boron deficiency and excess in forest trees: A review." *Forest Ecology and Management* 37 (1990): 49-75.
4. Brække, HF and Salih, N. "Reliability of Foliar Analyses of Norway Spruce Stands in a Nordic Gradient." *Silva Fennica* 36, 2 (2002): 489-504.
5. Moorhead, DJ. "Evaluating Christmas Tree Fertility." *Georgia Christmas Tree Association Tree Talk* 10, 2 (1996): 14-23.
6. Hopmans, P and Flinn, DW. "Boron deficiency in *Pinus radiata* D. Don and the effect of applied boron on height growth and nutrient uptake." *Plant and Soil* 79 (1984): 295-298.
7. Carter and Scagel. "Nutritional aspects of distorted growth in immature forest stands of southwestern coastal British Columbia." *Canadian Journal of Forest Research* 16, 1 (1986): 36-41.
8. Owen, JH. "Targeted Micronutrient Applications for Fraser Fir Christmas Trees." *Christmas Tree Newsletter*. NC State University June 1998.
9. Will. *New Zealand Forest Research Bulletin* No. 97 1985.
10. Duryea, ML and Dougherty, PM, eds. *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers, 1991.