

# 华北落叶松人工林林缘土壤酶活性研究

郑素珊, 张荣凤, 高琛

(河北农业大学林学院, 河北保定 071000)

**摘要** [目的]研究不同密度及林缘不同距离下华北落叶松林分边缘土壤酶活性。[方法]对河北围场县八英庄林场6种密度华北落叶松人工林进行标准地抽样调查,分析不同密度及林分边缘不同距离的土壤酶活性。[结果]不同密度华北落叶松人工林林缘处土壤蔗糖酶、脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性均存在显著差异;从距林分边缘0~30 m处,土壤中蔗糖酶活性表现出明显的降低趋势,其他土壤活性酶与距林分边缘距离不存在显著性差异。[结论]林缘土壤中蔗糖酶活性最能反映华北落叶松人工林林缘效应,该研究可为华北落叶松林的合理经营提供参考。

**关键词** 华北落叶松;林缘土壤;酶活性

**中图分类号** S714 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)19-06269-03

## Research on Soil Enzyme Activities of *Larix principis-rupprechtii* Forest Edge

ZHENG Su-shan et al (College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000)

**Abstract** [Objective] The soil enzyme activities under *Larix principis-rupprechtii* forest of different density and distance from the forest edge were studied. [Method] The soil enzyme activities under *Larix principis-rupprechtii* forest of different density and different distance from the stand edge were studied with the method of standard sample survey. [Result] The soil invertase, urease, acid phosphatase, catalase in different densities at the edge of forest were significantly different. The soil invertase has showed obvious decreasing trend in 0-30 m forest edge. [Conclusion] The most obvious factor can reflect the edge effect was the invertase activity. This research can provide reference for reasonable management of *Larix principis-rupprechtii* forest.

**Key words** *Larix principis-rupprechtii*; Forest edge soil; Enzyme activities

华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)是北方地区重要的森林生态树种,主要分布在我国河北、山西、陕西、内蒙古、山东等省(区),其中在河北省北部山地分布最为广泛。该树种是我国蓄积量较大的树种,其树形优美,是用于景观生态的主要树种之一,多用于较高海拔和纬度地区的景观配置。冀北山地分布广泛的华北落叶松是缓解北方沙尘天气对京津地区侵袭的重要天然屏障。目前,国内外学者对华北落叶松的研究多集中在林木器官生物分配、生物量变化规律、群落结构和林下枯落物土壤水文效应等方面,而对不同密度下华北落叶松林分边缘土壤酶活性等方面的研究还较少<sup>[1]</sup>。因此,笔者通过分析冀北山地6种不同密度华北落叶松人工林

林缘不同距离土壤蔗糖酶、脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性变化规律,为冀北山地华北落叶松林合理经营提供参考。

## 1 研究内容及方法

**1.1 标准地设置** 采用典型标准地法进行抽样调查。在河北围场县木兰林管局管辖下的八英庄林场选择密度分别为630、920、1 180、1 500、1 850、2 150株/hm<sup>2</sup>的30年生华北落叶松人工纯林,设置30 m×30 m的标准地,分别记录不同密度下标准地的坡度、坡向、坡位、海拔等环境和生态因子,其次对标准地内胸径超过5 cm的华北落叶松人工林进行每木检尺,统计出标准地内林分的平均树高、胸径、冠幅、枝下高等(表1)。

表1 不同密度林分标准地基本特征

密度//株/hm <sup>2</sup>	海拔//m	坡度//(°)	坡向	平均树高//m	平均胸径//cm	平均枝下高//m	平均冠幅//m
630	1 700	12	北偏西 15°	12.85	18.88	7.12	3.18
920	1 660	14	北偏西 40°	11.54	18.23	5.20	3.21
1 180	1 721	17	北偏西 20°	10.24	17.67	7.91	2.84
1 500	1 730	11	北偏西 30°	10.29	14.31	3.37	2.59
1 850	1 680	16	北偏西 15°	10.41	12.35	3.29	1.68
2 150	1 730	7	北偏西 45°	10.11	11.28	6.79	1.30

**1.2 不同密度林分边缘距离及样点设置** 采用样带法<sup>[2]</sup>分别在6种不同密度下华北落叶松人工林内做调查。已有研究表明,不同程度的植被边缘效应主要发生在距林缘30 m的范围以内<sup>[3-4]</sup>。选取与华北落叶松人工林边缘垂直的30 m×1 m的连续样带作为调查对象,样带范围以林缘华北落叶松林分消失为界,走向为东西走向(林缘-林内)。

**1.3 土壤酶活性测定** 土壤酶活性主要是根据酶促基质转化生成物数量或基质剩余量来表示,单位时间(如1 min、1 h)或一定时间(如24 h)内,单位重量土壤样品(如1、10、100 g)在一定温度(如30、37℃)下酶促反应产物的数量(如μg、mg)<sup>[5]</sup>,测定方法如下。

**1.3.1 蔗糖酶活性的测定。**以磷酸缓冲液和甲苯为培养液(pH=5.5),将蔗糖水解后的生成物与3,5-二硝基水杨酸混合后生成的化合物在培养液里培养24 h,再在水浴锅内加热,以3,5-二硝基水杨酸溶液作显色剂,在分光光度计上508

**作者简介** 郑素珊(1987-),女,河北石家庄人,硕士研究生,研究方向:森林培育。

**收稿日期** 2014-04-28

nm 处进行比色,结果以 mg 葡萄糖/g(37 °C,24 h)表示。

**1.3.2 脲酶活性的测定。**将脲酶酶促产物氨与苯酚-次氯酸钠作用生成的有色化合物经过装有柠檬酸盐缓冲液和甲苯作培养液(pH=6.7)的37 °C恒温箱中培养24 h,利用苯酚-次氯酸钠为显色剂进行比色。结果以 mg NH<sub>4</sub>-N/g(37 °C,24 h)表示。

**1.3.3 酸性磷酸酶活性。**采用磷酸苯二钠比色法测定。根据酶促作用生成的有机基团量计算磷酸酶活性。将 pH = 5.0的乙酸盐缓冲液配制成磷酸苯二钠作培养液,在37 °C恒温箱中培养24 h,用氯代二溴对苯醌亚胺显色,结果以 mg phend/g(37 °C,24 h)表示。

**1.3.4 过氧化氢酶活性。**采用高锰酸钾滴定法测定。用0.1 mol/L高锰酸钾滴定剩余的过氧化氢测定酶活性,结果以 ml 0.1 mol/L KMnO<sub>4</sub>/g 表示<sup>[6-7]</sup>。

## 2 数据处理

采用 Excel 和 Spss17.0 统计分析软件对数据进行分析处理。

## 3 结果与分析

表2显示了6种密度下林缘土壤中蔗糖酶、脲酶等4种土壤酶活性。密度相同的林分,4种土壤酶活性并未随林缘距离的大小而显示出相同的变化规律;密度不同的林分,林分边缘不同距离的土壤酶活性变化亦不同。同一种土壤酶(如蔗糖酶、脲酶等)活性并未随密度和林缘距离的大小变化而显示出一定的规律性变化趋势。

**3.1 不同密度下林缘土壤中蔗糖酶活性** 对华北落叶松林地6种不同密度及距林分边缘不同距离分别作单个变量S-N-K多重检验,并对林缘处土壤酶活性作双因素方差分析。通过组间效应可得,不同密度下林分边缘处土壤蔗糖酶活性差异性显著( $F=3.473$ ,显著水平为 $0.016 < 0.05$ );而土壤蔗糖酶活性与距林缘不同距离的差异性为极显著水平( $F=5.294$ ,显著水平为 $0.002 < 0.01$ )。通过对不同密度华北落叶松林的多重检验得出,密度在630、1 180、1 850和2 150株/hm<sup>2</sup>的华北落叶松林分边缘土壤蔗糖酶活性均值分别是36.912 3、37.302 4、37.465 4和37.350 3 mg 葡萄糖/(g·d),对它们的均值比较的概率 $P$ 值为0.681,明显大于0.05,由此可得,该4种密度下华北落叶松人工林林缘土壤蔗糖酶活性之间没有明显差异;密度在920株/hm<sup>2</sup>和1 500株/hm<sup>2</sup>的华北落叶松林分边缘土壤蔗糖酶活性均值分别是38.411 5和38.510 8 mg 葡萄糖/(g·d),这一均值与密度为1 180株/hm<sup>2</sup>、1 850株/hm<sup>2</sup>和2 150株/hm<sup>2</sup>的华北落叶松林分边缘土壤蔗糖酶活性均值进行对比的概率 $P$ 为0.218,明显大于0.05。由此可知,该5种密度下华北落叶松林土壤蔗糖酶活性之间没有明显差异。通过多重检验距林缘不同距离可以得出,距林缘25 m和30 m处土壤蔗糖酶活性均值为36.197 1和36.753 4 mg 葡萄糖/(g·d),对其均值进行比较的概率 $P$ 为0.305,明显大于0.05,由此可知,林缘距离为25 m和30 m处土壤蔗糖酶活性之间没有明显差异;距林缘5 m、10 m和20 m处土壤蔗糖酶活性均值为38.055 8、38.139 6

表2 不同密度林分林缘土壤酶活性

密度 株/ hm <sup>2</sup>	距林缘 距离 m	蔗糖酶 mg 葡萄糖/ (g·d)	脲酶//mg NH <sub>4</sub> -N/ (g·d)	酸性磷酸酶 mg phend/ (g·d)	过氧化氢酶 ml 0.1 mol/L KMnO <sub>4</sub> /(g·d)
630	0	37.853 5	0.587 4	1.264 6	4.266 3
	5	36.486 0	0.594 6	1.285 3	4.474 3
	10	38.225 3	0.619 6	1.356 4	4.422 4
	15	37.472 3	0.574 3	1.274 6	4.386 5
	20	36.886 5	0.513 5	1.175 8	4.368 6
	25	35.966 4	0.435 4	0.953 2	4.405 6
920	30	35.496 0	0.328 6	0.768 2	4.435 5
	0	38.380 8	0.595 2	1.848 1	3.329 1
	5	38.722 5	0.602 5	0.954 2	3.549 7
	10	38.471 0	0.643 3	0.751 3	3.447 1
	15	38.643 0	0.603 2	0.721 6	3.339 4
	20	38.395 0	0.582 5	0.978 5	3.407 5
1 180	25	38.166 3	0.560 3	1.266 6	3.467 3
	30	38.101 3	0.533 0	1.592 4	3.526 6
	0	39.122 4	0.625 1	0.738 5	3.862 6
	5	38.896 7	0.535 2	1.125 0	4.693 7
	10	38.400 1	0.622 6	1.353 1	5.687 2
	15	38.729 0	0.595 3	1.366 3	4.078 1
1 500	20	36.584 3	0.513 7	1.257 2	4.377 5
	25	35.156 3	0.424 6	1.113 4	4.956 5
	30	34.227 7	0.339 4	0.991 8	5.264 8
	0	38.554 9	0.594 8	1.047 0	3.775 4
	5	38.191 6	0.385 1	1.743 8	4.586 0
	10	38.741 9	0.060 9	2.125 3	3.351 3
1 850	15	38.673 1	0.046 4	1.721 9	3.436 8
	20	38.557 8	0.375 3	1.736 8	4.275 3
	25	38.486 4	0.495 3	1.715 7	4.745 6
	30	38.370 0	0.528 9	1.704 6	5.236 6
	0	37.863 5	0.593 4	1.434 7	4.473 2
	5	37.388 5	0.557 3	1.448 0	4.644 5
2 150	10	37.063 4	0.513 6	1.460 7	4.873 4
	15	38.012 3	0.563 7	1.430 8	4.602 4
	20	37.646 5	0.484 3	1.418 6	4.764 3
	25	37.366 7	0.436 5	1.405 5	4.963 5
	30	36.916 9	0.362 7	1.394 0	5.256 3
	0	38.806 4	0.050 8	0.936 5	4.456 0
	5	38.649 5	0.072 3	1.119 6	3.946 4
	10	37.935 8	0.059 1	1.199 3	4.001 1
	15	38.916 0	0.080 7	1.083 3	4.447 5
	20	37.695 3	0.124 8	0.945 4	4.374 6
	25	35.378 3	0.140 5	0.903 5	4.296 4
	30	34.070 8	0.153 4	0.869 7	4.237 1

和37.627 6 mg 葡萄糖/(g·d),与距林缘20 m处土壤蔗糖酶活性均值进行比较的概率 $P$ 为0.065,稍大于0.05,由此可得,林缘距离在该4处的土壤蔗糖酶活性之间没有明显差异性;而林缘距离为0 m和15 m处土壤蔗糖酶活性均值为38.430 2和38.407 6 mg 葡萄糖/(g·d),这一均值与距林缘5 m、10 m和20 m处土壤蔗糖酶活性均值进行比较的概率为0.567,明显大于0.05,由此可得,林缘距离在该5处的土壤

蔗糖酶活性之间没有明显差异性。综合分析可知,随距林缘距离的增加,土壤中蔗糖酶活性有明显的降低趋势。

**3.2 不同密度下林缘土壤中脲酶活性** 对6种密度下林缘土壤脲酶活性进行分析可知,不同密度华北落叶松林分边缘土壤脲酶活性明显存在显著差异,其中  $F = 16.358$ , 显著水平为  $0.000 < 0.01$ 。通过对不同密度华北落叶松人工林的多重检验得出,密度为  $2150 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松人工林林缘土壤中脲酶活性均值均大于其他密度下的脲酶活性,且这一均值明显与其他密度下土壤脲酶活性存在差异;密度在  $630$ 、 $1180$ 、 $1500$  和  $1850 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松林分土壤脲酶活性均值分别是  $0.5219$ 、 $0.5223$ 、 $0.3553$  和  $0.5016 \text{ mg NH}_4\text{-N}/(\text{g} \cdot \text{d})$ , 对它们的均值比较的概率  $P$  值为  $0.058$ , 稍大于  $0.05$ , 由此可得,该4种密度下华北落叶松人工林林缘土壤脲酶活性之间没有明显差异;而密度为  $920 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松林分边缘土壤中脲酶活性均值为  $0.5886 \text{ mg NH}_4\text{-N}/(\text{g} \cdot \text{d})$ , 这一均值与密度在  $1850$ 、 $630$  和  $1180 \text{ 株}/\text{hm}^2$  下土壤脲酶活性比较的概率  $P$  为  $0.535$ , 明显大于  $0.05$ , 由此可得,该4种密度下华北落叶松人工林林缘土壤脲酶活性之间亦没有明显差异。

**3.3 不同密度下林缘土壤中酸性磷酸酶活性** 对各密度下林缘土壤酸性磷酸酶活性进行分析可知,不同密度华北落叶松林分边缘土壤酸性磷酸酶活性存在极显著差异,其中  $F = 5.721$ , 显著水平为  $0.001 < 0.01$ ; 而距林缘不同距离土壤酸性磷酸酶活性差异性不显著 ( $F = 0.251$ , 显著性水平为  $0.962 > 0.05$ )。通过对不同密度华北落叶松林的多重检验得出,密度为  $630$ 、 $920$ 、 $1180$ 、 $1850$  和  $2150 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松林分边缘土壤酸性磷酸酶活性均值分别是  $1.1540$ 、 $1.1590$ 、 $1.1350$ 、 $1.4275$  和  $1.0082 \text{ mg plend}/(\text{g} \cdot \text{d})$ , 对它们的均值比较的概率  $P$  值为  $0.057$ , 稍大于  $0.05$ , 由此可得,该5种密度下华北落叶松林土壤酸性磷酸酶之间没有明显差异;而密度为  $1500 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松林分土壤中酸性磷酸酶活性均值为  $1.6850 \text{ mg plend}/(\text{g} \cdot \text{d})$  (均大于其他密度下的酸性磷酸酶活性), 这一均值与密度在  $1850 \text{ 株}/\text{hm}^2$  林分土壤

酸性磷酸酶活性比较的概率  $P$  为  $0.093$ , 明显大于  $0.05$ 。由此可得,该2种密度下华北落叶松林土壤酸性磷酸酶活性之间亦没有明显差异。

**3.4 不同密度下林缘土壤中过氧化氢酶活性** 分析可知,不同密度华北落叶松林分边缘土壤过氧化氢酶活性存在显著差异,其中  $F = 10.938$ , 显著水平为  $0.000 < 0.01$ 。而土壤过氧化氢酶与距林缘不同距离的差异性不显著 ( $F = 1.989$ , 显著水平为  $0.096 > 0.05$ )。通过对不同密度华北落叶松林的多重检验得出,密度为  $920 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松林分土壤过氧化氢酶活性均值为  $3.4381 \text{ ml } 0.1 \text{ mol/L KMnO}_4/(\text{g} \cdot \text{d})$  (均小于其他密度下的过氧化氢酶活性), 这一均值明显与其他密度下存在差异;而密度为  $630$ 、 $1180$ 、 $1500$ 、 $1850$  和  $2150 \text{ 株}/\text{hm}^2$  的华北落叶松林分土壤过氧化氢酶活性均值分别是  $4.3942$ 、 $4.7029$ 、 $4.2010$ 、 $4.7968$  和  $4.2513 \text{ ml } 0.1 \text{ mol/L KMnO}_4/(\text{g} \cdot \text{d})$ , 对其均值比较的概率  $P$  值为  $0.055$ , 稍大于  $0.05$ , 由此可得,该5种密度下华北落叶松林土壤过氧化氢酶活性之间没有明显差异。

#### 4 结论

(1) 试验样地中,不同密度华北落叶松林缘处土壤蔗糖酶、脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶活性均存在显著差异。

(2) 除蔗糖酶活性外,其他土壤活性酶与距林分边缘不同距离之间均不存在显著性差异。

(3) 林缘土壤中蔗糖酶活性最能反映华北落叶松人工林林缘效应,即从距林分边缘  $0 \text{ m}$  处到  $30 \text{ m}$  处,土壤中蔗糖酶活性表现出明显的降低趋势。

#### 参考文献

- [1] 田超. 冀北山地华北落叶松人工林不同经营密度及林缘效应研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.
- [2] 马雪华. 森林水文学[M]. 北京:中国林业出版社,1993.
- [3] 王如松,马世骏. 边缘效应及其在经济生态学中的应用[J]. 生态学杂志,1985(2):38-42.
- [4] 肖笃宁,李秀珍,高峻,等. 景观生态学[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [5] 樊军. 黄土高原旱地长期定位试验土壤酶活性研究[D]. 杨凌:西北农业大学,2001.
- [6] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [7] 王贵霞,李传荣. 沙质海岸5种植被类型土壤物理性状及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报,2005,19(2):142-146.
- [29] 舒照鹤,冯成恩,孔伟,等. 土壤调理剂在烟田酸化改良中的应用效果[J]. 安徽农业科学,2013,41(3):1071-1073.
- [30] 任胜超. 土壤改良剂对白肋烟生理特性和品质性状的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2012.
- [31] SOJKA R E, LENTIZ R D. Time for yet soil conditioners[J]. Soil Sci, 1994,158(4):233-234.
- [32] 龙明杰,曾繁森. 高聚物土壤改良剂的研究进展[J]. 土壤通报,2000,31(5):199-202.
- [33] 夏玉珍,张晓海,吴伯志. 我国植烟土壤改良技术的研究进展[J]. 农业网络信息,2005(12):115-117,124.

(上接第6213页)

- [24] 李彰,熊瑛,吕强,等. 微生物土壤改良剂对烟草生长及耕层环境的影响[J]. 河南农业科学,2010(9):57-60.
- [25] 刘巧真,郭芳阳,吴照辉,等. 不同土壤改良剂对考烟根区土壤微生物烟叶质量的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(25):15283-15285.
- [26] 李建平,李进平,饶雄飞,等. 土壤调理剂对植烟土壤和烤烟质量的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(34):16607-16609.
- [27] 杨力,肖金胜. 土壤调理剂在烤烟上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2012(21):48.
- [28] 薛超群,王建伟,奚家勤,等. Agri 土壤调理剂用量对烟叶香气质量的影响[J]. 烟草科技,2012(7):86-90.