

文章编号: 1001-1498(2010)06-0889-06

滨海盐碱地刺槐臭椿混交林土壤酶活性季节动态研究

吴丽云¹, 曹帮华^{2*}, 黄彦新¹, 邵伟¹, 解文科¹, 李涛¹

(1. 山东省临沂市林业局, 山东 临沂 276001; 2. 山东农业大学林学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 研究了刺槐、臭椿纯林及其混交林中不同土层在不同季节土壤酶活性的变化。结果表明: 各林分间的土壤酶活性在各个季节和土层均表现出差异。经统计分析, 土壤酶活性在土层中的分布有一定的规律性, 总的来说, 随着土层逐渐加深, 土壤酶活性逐渐减弱。在树木生长表现和土壤酶活性发挥方面, 混交林优于纯林。

关键词: 刺槐; 臭椿; 混交林; 土壤酶活性

中图分类号: S714

文献标识码: A

Studies on the Seasonal Changes of Soil Enzyme Activity in *Robinia pseudoacacia* and *Ailanthus altissima* Mixed Stands in Coastal Saline Soil

WU Li-yun¹, CAO Bang-hua², HUANG Yan-xin¹, SHAO Wei¹, XIE Wen-ke¹, LI Tao¹

(1. Forestry Bureau of Linyi, Shandong Province, Linyi 276001, Shandong, China;

2. Forestry College of Shandong Agricultural University, Tai an 271018, Shandong, China)

Abstract: The soil enzyme activities of different soil layers at different seasons in pure and mixed stands of *Robinia pseudoacacia* and *Ailanthus altissima* were studied. The results indicated that there were differences among different stands on soil enzyme activities at different season and soil layers, it's also shown that the distributions of the soil enzyme activities in different soil layers had some regularity, totally, the soil enzyme activities decreased gradually with the soil layer depth decreasing. Also, the tree growth and the soil enzyme activity of mixed stand were all better than that of the pure stands.

Key words: *Robinia pseudoacacia*; *Ailanthus altissima*; mixed stands; soil enzyme activity

土壤酶是土壤生物化学过程的积极参与者, 在森林生态系统中的物质循环和能量流动过程中扮演着重要的角色^[1-4], 可以客观地反映土壤肥力状况^[5-7], 因而常把土壤酶活性作为评价土壤生物活性和土壤肥力的重要指标^[8-13]。纯林和混交林由于树种组成的不同, 土壤酶活性也会产生一定的差异。通过对土壤酶活性的分析, 有助于了解纯林与混交林在物质转化上的不同, 对揭示混交林的增产机理有着重要的意义^[14]。目前, 虽然对刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.) 混交林的研究比较深入, 但主要集中于刺槐杨树(*Populus sp.*) 混交林促进生长、改良土壤、改善林地生态环境等方面的研究^[15-23],

对于黄河三角洲滨海盐碱地这种特殊立地条件下营造的刺槐与臭椿(*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) 混交林进行土壤酶活性研究, 至今尚未见报道。本研究通过对几种重要的土壤酶活性的季节动态变化规律的研究, 探讨该混交方法在此立地条件下促进土壤养分转化与循环、提高地力的作用机制, 为滨海盐碱地刺槐混交林的营造提供理论依据。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验在山东省东营市河口区进行, 该地地处黄河三角洲东北部, 属华北半湿润大陆性气候, 年平均

收稿日期: 2010-02-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(黄河三角洲滨海盐碱地刺槐林植被恢复与提高生产力机理研究 30950016) 资助

作者简介: 吴丽云(1976—), 女, 山东济宁人, 硕士学位, 林业工程师. 主要研究方向: 树木逆境生理。电话: 0539-8727210, 地址: 山东省临沂市北城新区天元商务大厦 408 室, 276037.

* 通讯作者: 曹帮华, 教授。主要研究方向: 树木逆境生理。电话: 0538-8242985.

气温 12.1℃, 年降水量 574.4 mm, 年蒸发量 1 860.4 mm, 无霜期 198 d。试区为冲积性黄土母质在海浸母质上沉积而成, 机械组成以粉沙为主, 沙粘相间, 层次变化复杂。由于土壤发育时间相对较短, 尚未形成良好结构。土壤 pH 值 7.5~8.0。地下水位约 1.5 m, 水质矿化度较高。天然植被以盐生、湿生的芦苇 (*Phragmites hirsuta* Kitagawa)、茅草 (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) 以及田旋花 (*Convolvulus arvensis* L.)、狗尾草 (*Setaria viridis* (L.) Beauv.) 为主。气象资料由试区气象站提供。

试验林为 25 年生刺槐纯林、臭椿纯林、刺槐和臭椿行状混交林 (1 × 1)。试验林 1985 年春季采用 1 年生苗营造, 株行距均为 2.5 m × 3 m, 翌年用同龄苗木进行了补植; 造林当年林地间作豆类, 第二、三年进行机械除草 1 次。由于缺乏经常性的管护, 目前林分生长状况一般。

1.2 研究方法

试验对 3 种类型的林分分别设置 0.06 hm² 的标准地各 3 块, 按标准地进行各项因子的调查和取样。对标准地林木逐株进行胸径、树高测定。在各标准地内分林地土壤 (指根外土壤) 和根际土壤两

个部分取样, 其中林地土按 0~20 cm 和 20~40 cm 两个层次分别采集; 根际土用剥落法采集: 在每个标准地内选择 8 株生长正常的样木 (混交林两树种各选 8 株), 小心挖取小于 1 cm 的根系, 把附着在小于 0.5 cm 根系上的大块土壤去掉, 抖落紧贴根系的土壤 (距根面小于 0.5 cm), 即得根际土壤。采样时间分别在 4、6、8、10 月份。将采集的土壤样品冷冻保鲜带回实验室并及时处理, 参照《土壤酶及其研究法》^[6] 和《土壤肥力研究方法》^[9] 中有关方法进行各种土壤酶活性测定。

2 结果与分析

2.1 刺槐臭椿混交林及纯林中林木生长指标分析

刺槐臭椿混交林及纯林的生长情况调查结果见表 1。从表 1 可以看出, 混交林中无论是刺槐还是臭椿, 其平均胸径和平均树高都优于纯林。其中, 刺槐和臭椿的平均胸径分别是纯林的 108.3% 和 119.4%; 平均树高分别是纯林的 102.9% 和 127.6%。由此可见, 在滨海盐碱地这种特殊的立地条件下, 刺槐与臭椿混交, 对两树种的生长均表现出一定的促进作用, 但对臭椿的促进作用更为明显。

表 1 刺槐臭椿混交林及纯林生长调查

林分类型	现存树种组成	原树种数量/(株·hm ⁻²)	现树种数量/(株·hm ⁻²)	保存率/%	郁闭度	平均胸径/cm	平均树高/m
刺槐纯林	刺槐	1 466	916	63	0.7	14.13	9.81
臭椿纯林	臭椿	1 466	1 183	81	0.7	9.04	7.27
混交林	刺槐	733	666	90	0.6	15.30	10.09
	臭椿	733	700	96		10.79	9.29

2.2 刺槐臭椿混交林及纯林中土壤酶活性的季节性动态

2.2.1 土壤磷酸酶活性 磷酸酶主要参与将土壤中的有机 P 转化成无机 P 的过程, 能加速有机 P 的循环速度, 从而提高 P 素的有效性。据田间试验证明, 土壤磷酸酶活性与土壤有效 P 呈显著正相关 ($r = 0.7453$)^[24], 其含量越高土壤中有机 P 的矿化速率也就越大。土壤磷酸酶活性与 pH 值密切相关, 有酸性、中性和碱性 3 种酶活性。研究表明石灰性土壤中, 碱性磷酸酶活性最大^[24]。由于供试土壤的 pH 值 > 7.0, 所以只测定了碱性磷酸酶的活性^[25]。比较混交林和纯林中的碱性磷酸酶活性可以看出 (见图 1), 总体上, 磷酸酶活性季节变化的趋势是逐渐升高的, 10 月最高, 8 月份次之, 4、6 月份相差不大。但混交林中磷酸酶活性在 6 月份是下降的, 而纯林则略有升高; 在层次上, 无论是纯林还是混交

林, 根际土和 0~20 cm 林地土碱性磷酸酶活性相差不大, 且在每个林分中变化趋势相似, 混交林高于纯林。而各林分中 20~40 cm 林地土碱性磷酸酶活性则显著低于根际土和 0~20 cm 林地土, 且混交林低于纯林。这说明: 混交林根际土和 0~20 cm 林地土土壤的供 P 能力比纯林强, 各林分中有机 P 的矿化速率随着时间的推移逐渐升高, 10 月份达最高值。

2.2.2 土壤多酚氧化酶活性 土壤中多酚氧化酶是土壤腐殖化过程中的一种专性酶。许多研究表明, 土壤多酚氧化酶活性与土壤腐殖化程度呈正相关, 且在不同剖面、不同季节、不同林型、不同耕作方式、不同植物群落、不同培肥措施的土壤中存在差异^[26-32]。通过跟踪测定多酚氧化酶的活性, 能在一定程度上了解土壤的腐殖化进程^[9]。由图 2 可以看出, 混交林与纯林土壤中多酚氧化酶含量的季节变

化均呈现上升—下降—再上升的趋势;同时,土壤多酚氧化酶活性基本上是随着土层的加深逐渐减弱,根际土中多酚氧化酶活性略高于林地土,但根际土与 0~20 cm 林地土相差不大。这种土壤酶活性的分布可能与土壤的结构以及根系的分布有关,从而也说明土壤酶在土壤中的分布并不是一成不变的。混交林与纯林中多酚氧化酶活性都在 6 月达最高峰,但混交林比纯林略高。

2.2.3 土壤蛋白酶活性 蛋白酶主要水解蛋白质产生氨基酸,这是含 N 有机化合物氨化过程的一个环节,蛋白酶活性越高,蛋白质类有机 N 化物的转化速

率越大,土壤中的有效 N 含量也将增加。由图 3 可以看出,混交林与臭椿纯林中蛋白酶活性变化趋势相似,但混交林基本是在 10 月达高峰,而臭椿纯林是在 8 月达高峰;刺槐纯林中蛋白酶活性随季节呈逐渐增加的趋势;从土层深度来看,纯林和混交林差别较大:纯林中根际土和 0~20 cm 林地土比 20~40 cm 林地土蛋白酶活性高;而混交林中则是 4—6 月林地土酶活性高,6—10 月活性低。这一规律证明在有机 N 化物的转化上,混交林受刺槐的影响较大,其结果将导致林地土壤的有效 N 含量增加,这与作者测定的混交林中水解 N 的含量较高的结果是吻合的。

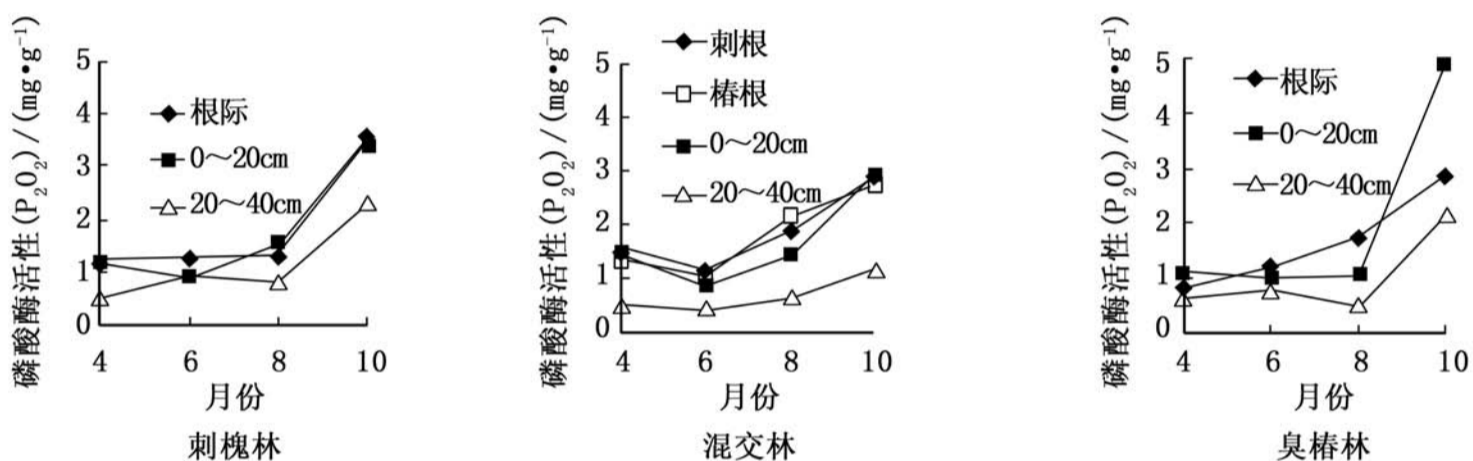


图 1 林地土壤磷酸酶活性季节变化

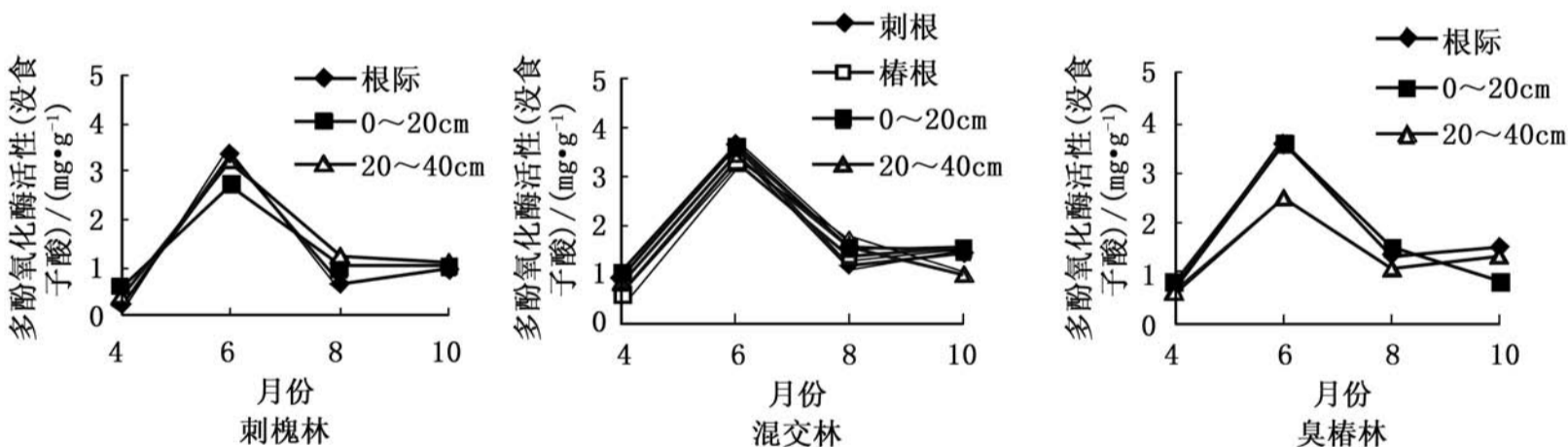


图 2 林地土壤多酚氧化酶活性季节变化

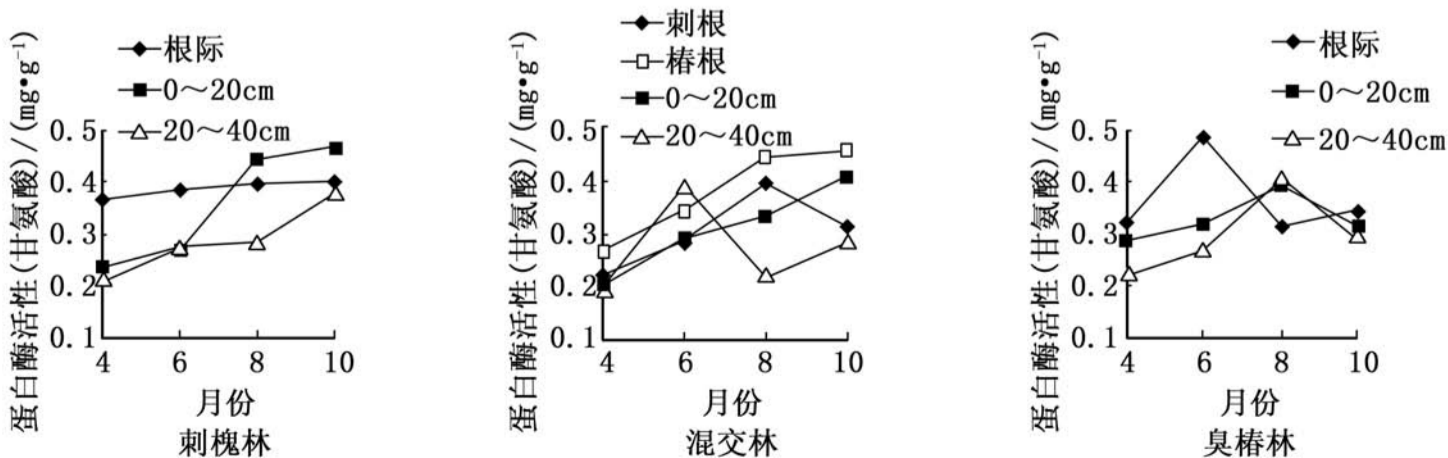


图 3 林地土壤蛋白酶活性季节变化

表2 刺槐臭椿混交林及纯林土壤水解N含量季节比较

mg · kg⁻¹

林分类型	土壤层次	季 节			
		4 月	6 月	8 月	10 月
刺槐纯林	根际土	56.72	91.30	49.80	89.11
	0~20 cm林地土	58.10	67.79	113.44	95.85
	20~40 cm林地土	41.50	28.36	46.34	68.89
臭椿纯林	根际土	42.89	31.13	53.26	59.16
	0~20 cm林地土	45.65	49.80	49.80	97.35
	20~40 cm林地土	29.05	37.35	51.19	50.92
混交林	刺槐根际土	49.11	48.42	70.55	77.88
	臭椿根际土	51.19	50.49	78.85	59.91
	0~20 cm林地土	60.87	47.04	49.80	62.90
	20~40 cm林地土	30.43	55.34	35.28	25.46

2.2.4 土壤脲酶活性 脲酶也是一种对土壤有机N分解转化起重要作用的酶,它是一种专性酶,主要分解有机N转化过程中形成的脲素,使其转化成矿物态的NH₃,从而被树木吸收利用。根据图4,在20年生林分中土壤脲酶活性的变化规律也是混交林略高于纯林,8—10月份最高。脲酶在纯林与混交林中活性的变化规律与蛋白酶的上述变化规律是一致的,这再一次证明:刺槐对有机N化合物的转化要明显优于臭椿。混交林优于纯林。纯林中根际土优于混交林,而混交林中20~40 cm林地土优于根际土。

2.2.5 土壤转化酶活性 转化酶主要是将碳水化合物水解产生的糖类进一步分解形成单糖,从而为微生物的繁殖提供营养,因此,转化酶的活性与碳水化合物的分解密切相关。比较20年生不同林分土壤转化酶的活性表明(见图5):刺槐纯林酶活性最高,混交林次之,臭椿最低;混交林和纯林中根际土酶活性大于林地土;总体年变化趋势是逐渐上升。可见在碳水化合物的转化上,刺槐纯林要优于混交林,而混交林又优于臭椿纯林,根际土优于林地土。并且,纯林在4—10月份碳水化合物的转化速率逐渐增大,混交林则在8月以后略有降低。

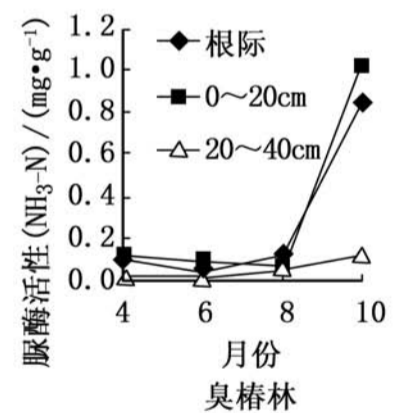
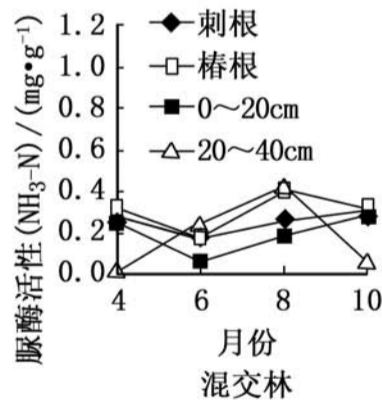
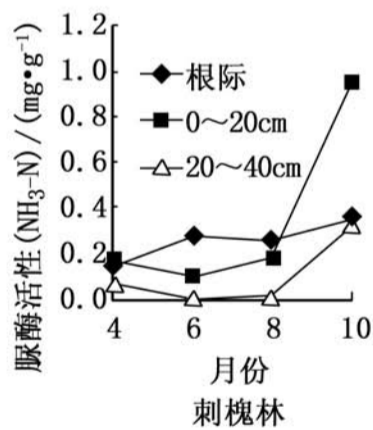


图4 林地土壤脲酶活性季节变化

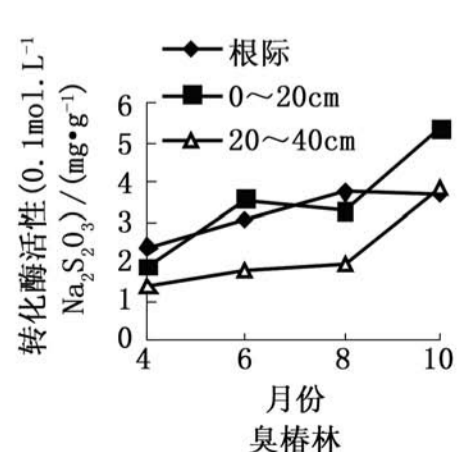
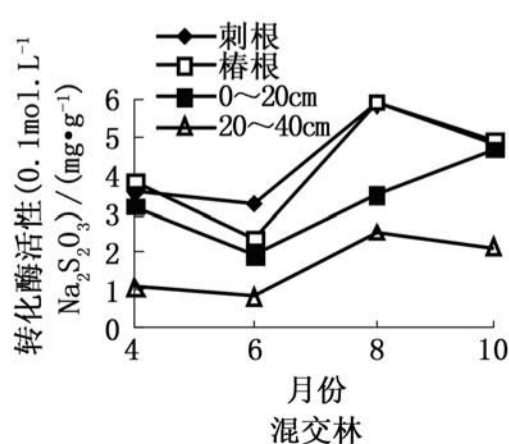
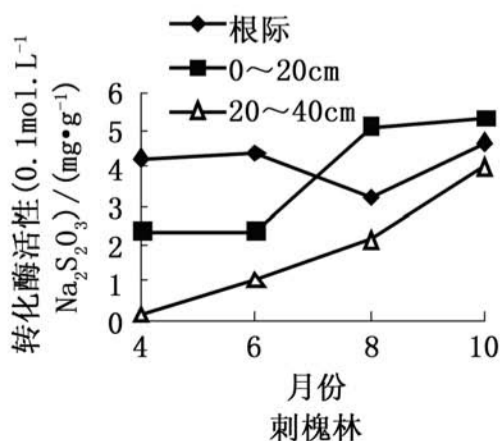


图5 林地土壤转化酶活性季节变化

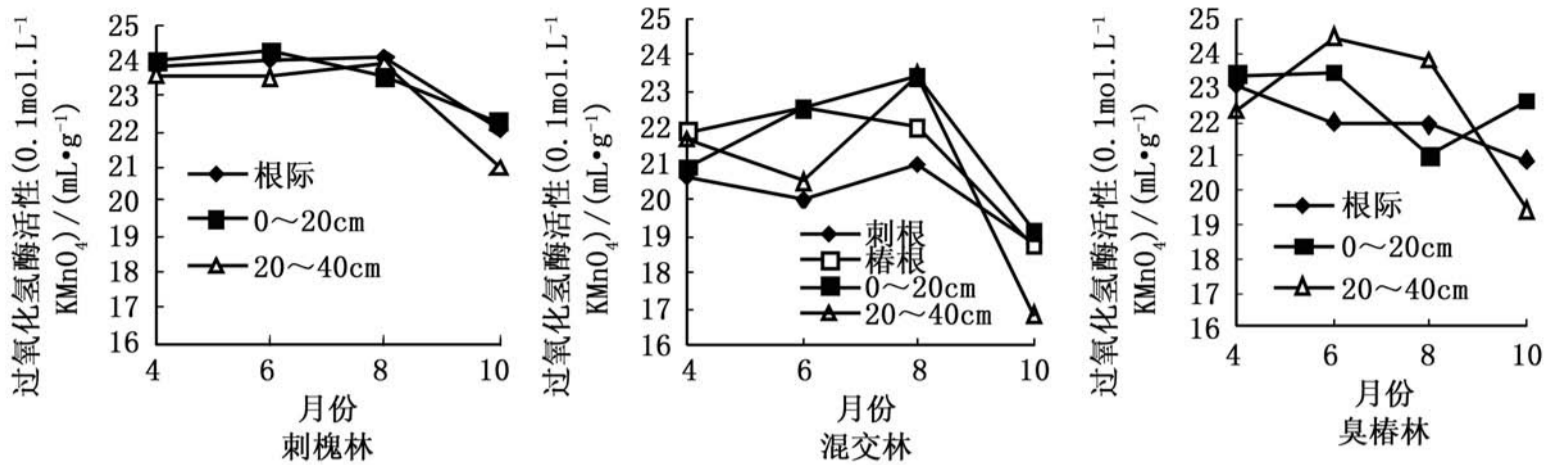


图6 林地土壤过氧化氢酶活性季节变化

2.2.6 过氧化氢酶活性 过氧化氢广泛存在于土壤和生物体内,对生物和土壤均具有毒害作用。与此同时,土壤中又存在有过氧化氢酶,土壤中过氧化氢酶酶促过氧化氢分解有利于防止它对生物体的毒害作用,过氧化氢酶与土壤有机质含量呈正相关^[33]。比较各林分中过氧化氢酶的活性可见,从4月到10月,纯林和混交林中过氧化氢酶的活性均逐渐下降,10月份达最低值;根际土和林地土比较接近,均无明显差异。

3 小结

(1) 刺槐臭椿混交,平均树高和平均胸径都比纯林有大幅度提高,臭椿平均树高较纯林增长显著,混交林中臭椿生长效果好于刺槐。

(2) 混交林与纯林中各种土壤酶的活性略有差异:混交林中土壤磷酸酶、多酚氧化酶、蛋白酶和脲酶活性比纯林高,转化酶活性则是刺槐 > 混交林 > 臭椿,过氧化氢酶活性则是纯林略高于混交林。

(3) 混交林及纯林中土壤酶活性在土层中的分布规律是随着土层深度的加深逐渐降低,根际土大于林地土,这与其他学者的研究结果一致^[14,34-35],但具体土壤酶的变化规律却不一致。

(4) 混交林及纯林中各种土壤酶活性的季节变化规律不同。磷酸酶、蛋白酶、转化酶活性随着季节的变化逐渐上升,多酚氧化酶先上升后下降,过氧化氢酶则是逐渐降低。

参考文献:

[1] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社, 1989
 [2] Bums R G. Soil Enzymes[M]. Academic Press, New York: 1978
 [3] Bums R G, Dick R P. Enzymes in the Environment: Ecology, Activity and Applications[M]. Marcel Dekker, Inc., New York: 2001
 [4] Kiss S, Pasca D, Dragan-Bulardan M. Enzymology of Disturbed Soils[M]. Elsevier, Amsterdam: 1998: 1 - 34

[5] 陈峻, 李传涵. 杉木幼林地土壤酶活性与土壤肥力[J]. 林业科学研究, 1993, 6(3): 321-326
 [6] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社, 1986
 [7] 许景伟, 王卫东, 李成. 不同类型黑松混交林土壤微生物、酶及其与土壤养分关系研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1): 51 - 55
 [8] 焦如珍, 杨承栋, 屠星南, 等. 杉木人工林不同发育阶段林下植被、土壤微生物、酶活性及养分的变化[J]. 林业科学研究, 1997, 10(4): 373 - 379
 [9] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1988: 234 - 276
 [10] 杨涛, 徐慧, 李慧, 等. 樟子松人工林土壤养分、微生物及酶活性的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 50 - 53
 [11] 张鼎华, 陈由强. 森林土壤酶与土壤肥力[J]. 林业科技通讯, 1987(4): 1 - 3
 [12] 张咏梅, 周国逸, 吴宁, 等. 土壤酶学的研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(1): 83 - 90
 [13] 郑文教, 王良睦, 林鹏. 福建和溪亚热带雨林土壤活性的研究[J]. 生态学杂志, 1995, 14(2): 16 - 20
 [14] 王健, 刘作新. 油松刺槐混交林土壤生物学特性研究[J]. 干旱区研究, 2004, 21(4): 348 - 352
 [15] 胡延杰. 杨树刺槐混交林氮、磷营养与微生物关系的研究[D]. 北京:北京林业大学, 1996
 [16] 胡延杰, 翟明普, 武颀文, 等. 杨树刺槐混交林及纯林土壤酶活性的季节性动态研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(5): 23 - 26
 [17] 贾黎明. 杨树刺槐混交林生长及树种间营养关系的研究[D]. 北京:北京林业大学, 1996
 [18] 贾黎明, 翟明普, 胡延杰, 等. 杨树刺槐混交林养分状况[M] // 沈国舫, 翟明普. 混交林研究. 北京:中国林业出版社, 1997: 35 - 41
 [19] 贾黎明, 翟明普, 智信, 等. 杨树刺槐混交林生长状况及生产力[M] // 沈国舫, 翟明普. 混交林研究. 北京:中国林业出版社, 1997: 11 - 17
 [20] 全国杨树科技协作组. 沙地杨树刺槐混交造林[J]. 中国林业科学, 1977(4): 15 - 19
 [21] 孙景伟. 杨树、刺槐混交能促进速生丰产[M]. 北京:中国林业出版社, 1978: 300 - 306
 [22] 翟明普, 贾黎明, 沈国舫. 杨树刺槐混交林及树种间作用机制的研究[M] // 沈国舫, 翟明普. 混交林研究. 北京:中国林业出版

- 社, 1997: 3 - 10
- [23] 张鼎华, 孙志蓉, 翟明普, 等. 杨树刺槐混交林沙地土壤的水分-物理性质[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(2): 122 - 125
- [24] 汪思龙, 廖利平, 马越强. 杉木火力楠混交林养分归还与生产力[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 347 - 352
- [25] 胡海波. 泥质海岸防护林土壤酶特性研究[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 112 - 117
- [26] 陈立新. 落叶松人工林施肥对土壤酶和微生物的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 1000 - 1004
- [27] 李春艳, 李传荣, 许景伟, 等. 泥质海岸防护林土壤微生物、酶与土壤养分的研究[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 156 - 159
- [28] 李 颖, 钟章成. 不同土壤—天南竹系统的土壤酶活性分异[J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(2): 144 - 148
- [29] 龙 健, 李 娟, 腾 应, 等. 贵州高原喀斯特环境盐碱化过程中土壤质量的生物学特性研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 47 - 50
- [30] 邱莉萍, 刘 军, 王义权, 等. 长期施肥土壤中酶活性的剖面分布及其动力学特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 737 - 741
- [31] 邱莉萍, 张兴昌, 程积民. 坡向坡位和撂荒地对云雾山草地土壤酶活性的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(1): 87 - 93
- [32] 熊浩仲, 王开运, 杨万勤. 川西亚高山冷杉和白桦林土壤酶活性季节动态[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(4): 416 - 420
- [33] 刘春生, 杨守祥. 农业化学分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996
- [34] 邱莉萍, 刘 军, 王益权, 等. 土壤酶活性与土壤肥力的关系研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 277 - 280
- [35] 薛 立, 邝立刚, 陈红跃, 等. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 280 - 285