

秦岭南坡火地塘林区华北落叶松 人工林土壤酶活性研究^{*}

齐高强¹, 耿增超², 周锋利¹

(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100;

2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为了揭示华北落叶松人工林潜在的地力衰退趋势, 分别采集秦岭南坡火地塘林区华北落叶松人工林林地不同土层和距样树主干不同距离处的土样, 并以天然草地不同层次土样为对照, 对土样中的脲酶、蛋白酶、磷酸酶、过氧化物酶和多酚氧化酶活性进行了分析研究。结果表明, 与天然草地土壤相比, 除多酚氧化酶外, 华北落叶松人工林土壤脲酶、蛋白酶、磷酸酶、过氧化物酶的活性降低, 脲酶、蛋白酶、过氧化物酶、磷酸酶的活性降低幅度分别为15.2%~63.8%, 13.9%~15.3%, 6.6%~17.1%, 1.6%~17.4%, 以脲酶活性降低最为明显; 在华北落叶松林内, 距样树主干水平距离越近, 土壤酶活性越强, 反之, 该酶活性越弱。

[关键词] 华北落叶松; 土壤酶活性; 人工林地; 天然草地; 秦岭南坡

[中图分类号] S714.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)03-0081-04

土壤酶是土壤中具有生物活性的蛋白质, 其与土壤微生物一起共同推动土壤的生物化学过程, 而且酶活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向^[1,2]。不同酶类转化的物质不同, 对反映土壤各种养分有效性的意义各异。通常情况下, 肥沃土壤的土壤生物化学活性较强, 土壤中某些过程强度与参与这一过程的酶活性相关, 可以利用酶活性来评价土壤营养物质的转化、循环情况及保肥、供肥能力^[3]。因此, 研究人工林土壤酶活性的变化, 对深入了解人工林土壤肥力的实质及其合理经营具有重要的指导作用。本试验以自然条件相同、立地条件相似的原始天然草地土壤为对照, 研究了华北落叶松人工林地的土壤酶活性, 以期揭示华北落叶松人工林潜在的地力衰退趋势。

1 研究区的基本情况

研究区处于秦岭南坡火地塘林区, 位于北纬33°18′~33°28′, 东经108°20′~108°29′, 海拔2 000~2 200 m, 年平均气温8℃, 年平均降水量900~1 200 mm, 蒸发量800~950 mm, 年总日照时数为1 100~1 300 h, 无霜期199 d, 研究区土壤为次生黄

土母质发育成的棕色森林土

2 研究方法

2.1 标准地的选设

为了尽可能消除外界环境条件对试验的干扰, 在立地条件相同的地段选设了I, II, III 3块华北落叶松人工纯林标准地作为主要研究对象, 并选设了2块(IV, V)天然草地标准地作为对照进行比较研究。各标准地面积为20 m × 20 m, 基本情况见表1。

2.2 土样的采集与处理

1) 各样地按5点式确定土壤剖面位置, 分别采集0~20, 20~40, 40~60 cm 土层土样, 采集时间为2002-06。土壤自然风干, 过0.1 mm 筛后装瓶作为土壤养分分析样; 过0.5 mm 筛后装瓶作为土壤酶活性分析样^[4]。

2) 在3块华北落叶松人工纯林标准地各随机选择5棵树, 分别确定距样树主干水平距离0~20, 20~40, 40~60 cm 为土壤剖面位置, 按东、南、西、北4个点各取0~20 cm 土层土样, 将同一样地距样树主干水平距离相同的土样混合均匀作为分析样, 采集时间和处理方法同上。

^{*} [收稿日期] 2004-04-27

[基金项目] 国家科技计划项目(2001EC0003222)

[作者简介] 齐高强(1977-), 男, 河南许昌人, 研究实习员, 在职硕士, 主要从事森林培育和林业教育管理研究。

表 1 不同类型标准地的概况

Table 1 A survey of plots of different soil types

样地 Plot	密度/ (株· hm ⁻²) Density	郁闭度 Cover degree	林龄/年 Age of tree	平均 树高/m Height	平均 胸径/cm DBH	海拔/m Eleva- tion	坡向 Aspect	坡位 Posi- tion	坡度/(°) Gradi- ent	土壤 厚度/cm Layers	土壤类型 Soil type	母质 Parent material
I	2 050	0.80	25	18	16.0	2 125	S	下 Lower	5	> 60	暗棕壤 Dark brown forest soil	次生黄土 Secondary loess
II	2 210	0.85	25	17	15.2	2 100	S	下 Lower	4	> 60	暗棕壤 Dark brown forest soil	次生黄土 Secondary loess
III	2 400	0.90	25	17	14.0	2 060	S	下 Lower	4	> 60	暗棕壤 Dark brown forest soil	次生黄土 Secondary loess
IV						2 060	S	下 Lower	3	> 60	草甸土 Meadow soil	次生黄土 Secondary loess
V						2 030	S	下 Lower	3	> 60	草甸土 Meadow soil	次生黄土 Secondary loess

2.3 土壤养分测定

有机质含量测定采用重铬酸钾法^[5~7]; 全氮测定采用重铬酸钾法-硫酸消化法^[5,6]; 水解氮测定采用碱解扩散法^[5,6]; 全磷、速效磷测定采用钼蓝比色法^[5,6]; 全钾、速效钾测定采用火焰光度计法^[5,6]。

2.4 土壤酶测定方法

1) 脲酶是一种专性较强的酶, 其能酶促尿素水解成氨、CO₂ 和 H₂O。本次试验以尿素为基质, 根据脲酶酶促产物氨, 在碱性介质中与苯酚-次氯酸钠作用生成蓝色的靛酚。脲酶活性以 24 h 后每 g 土壤中 NH₃-N 的毫克数表示(奈氏比色法)^[1,3,5]。

2) 蛋白酶能酶促蛋白质水解成肽, 肽进一步水解成氨基酸, 其与某些物质(茚三酮等)生成带颜色络合物。蛋白酶活性以 20 h 后每 g 土壤生成的 NH₃-N 毫克数表示(Hoffmann 与 Teicher 比色法)^[1~3]。

3) 磷酸酶酶促磷酸生成无机磷酸。磷酸酶活性以 2 h 后每 100 g 土壤中的 P₂O₅ 毫克数表示(磷酸苯二钠比色法)^[1,3,5]。

4) 过氧化物酶酶促有机物质氧化生成醌, 可通过有色化合物(如紫色没食子素)比色测定。过氧化物酶活性以 30 s 后每 100 g 土壤中红紫培精的毫克数表示(紫色没食子素比色法)^[1,3,5]。

5) 多酚氧化酶酶促基质生成的醌, 在酸性条件下用标准碘液滴定生成稳定的蓝色络合物, 以碘的体积表示酶活性。多酚氧化酶活性以用于滴定相当于 1 g 土壤滤液 0.01 mol/L I₂ 的毫升数表示(碘量滴定法)^[1,3,5]。

3 结果与分析

3.1 华北落叶松人工林地的土壤养分状况

由表 2 可以看出, 由于植被的差异, 导致相同自然背景相似立地条件下的土壤养分产生差异, 氮、磷、钾元素的含量均表现为华北落叶松人工纯林明显低于天然草地^[8,9]。这在某种程度上说明, 当地华北落叶松人工林的土壤肥力出现退化趋势, 同时表明土壤中有有机质及常量元素含量随着土层的加深而降低^[10]。

表 2 华北落叶松人工林地和天然草地土壤养分状况

Table 2 Soil nutrients of the larch principis-rupretchii forest plantation and natural grass soil

土层深度/cm Soil depth	样地 Plot	有机质 均值/ (g·kg ⁻¹) O. M.	N		P		K	
			全 N (g·kg ⁻¹) T. N	水解 N (mg·kg ⁻¹) H. N	全 P (mg·kg ⁻¹) T. P	速效 P (mg·kg ⁻¹) A. P	全 K (g·kg ⁻¹) T. K	速效 K (mg·kg ⁻¹) A. K
0~ 20	I, II, III	43.4	2.35	232.0	0.30	3.20	17.85	201.3
	IV, V	50.1	2.73	239.7	0.32	4.00	17.90	204.2
20~ 40	I, II, III	27.7	1.40	101.9	0.25	2.12	16.42	105.6
	IV, V	28.3	2.00	112.3	0.21	1.98	18.01	142.6
40~ 60	I, II, III	5.9	0.62	46.0	0.21	1.41	11.35	77.2
	IV, V	6.0	1.20	47.2	0.18	1.43	12.17	101.7

3.2 人工林地土壤剖面不同深度土壤酶的活性

由表 3 可以看出, 除多酚氧化酶外, 其余酶的活

性均随土层深度的增加而降低。多酚氧化酶在剖面上大体是随着深度的加深而增加, 但到深层, 又有下

降的趋势, 即其活性的垂直分布规律不明显。

表 3 华北落叶松人工林地和天然草地 0~ 60 cm 土层土壤酶的活性

Table 3 Enzyme activity of soils in the layers of 0~ 60 cm in the *L arix p rincip is-rup retchtii* forest plantation and natural grass soil

样地 Plot	脲酶/ (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹) U ricase			蛋白酶/ (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹) P ro te ase			磷酸酶/ (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹) Pho spho tase			过氧化物酶/ (mg · g ⁻¹ · s ⁻¹) P erox idase			多酚氧化酶/ (mL · g ⁻¹) M ultiphend oxidase		
	0~ 20	20~ 40	40~ 60	0~ 20	20~ 40	40~ 60	0~ 20	20~ 40	40~ 60	0~ 20	20~ 40	40~ 60	0~ 20	20~ 40	40~ 60
I	6 34	2 76	1 11	20 63	13 02	9 28	434 1	334 3	234 6	1627 2	1413 2	1045 8	0 26	0 58	0 58
II	6 72	2 62	1 30	21 04	15 62	7 95	382 4	214 9	178 9	1653 7	1212 3	984 2	0 83	0 74	0 29
III	7 10	4 06	1 86	18 84	12 79	7 03	337 4	144 5	141 3	1371 2	1021 7	764 8	0 33	0 62	0 73
IV	8 01	3 76	1 97	22 07	16 34	10 27	488 0	229 9	198 7	1648 2	1500 2	1122 3	0 49	0 47	0 31
V	7 83	4 11	2 01	21 93	15 99	8 83	442 5	240 1	206 5	1672 4	1432 9	1092 9	0 29	0 73	0 49

3 3 人工林地与天然草地土壤酶活性的比较

为了阐明华北落叶松人工林对土壤的影响, 将其林分下土壤中的脲酶、蛋白酶、磷酸酶、过氧化物酶、多酚氧化酶的活性与立地条件相似的天然草地进行比较, 结果列于表 3。由表 3 可知, 在天然草地土壤中, 除多酚氧化酶活性变化无规律外, 其余几种酶的活性均随土层深度增加而明显降低, 变化规律与华北落叶松人工林地土壤相似, 但后者脲酶、蛋白酶、磷酸酶、过氧化物酶的活性比天然草地土壤分别低 15 2%~ 63 8%, 13 9%~ 15 3%, 1 6%~ 17 3% 和 6 6%~ 17 1%。上述结果表明, 与天然草地土壤相比, 华北落叶松人工林地土壤酶活性呈不同程度降低, 特别是脲酶活性降低十分明显。这可能是由于草本植物的根系寿命短, 每年死亡的根系使土壤有机质大量增加; 而树木的根系寿命较长, 土壤

有机质的来源主要是掉落在地表的枯枝落叶, 其腐化降解相对较难。对土壤酶活性的分析结果表明, 华北落叶松人工林地土壤中的氮、磷、钾及有机质的转化强度呈不同程度的下降, 土壤肥力呈衰退趋势^[11~ 13]。

3 4 人工林地距样树主干不同水平距离处的土壤酶活性

由表 4 可以看出, 华北落叶松人工林地的土壤酶活性随着距样树主干距离的增加而下降, 这可能是因为根系组织及其分泌物的化学成分在很大程度上影响(激活或抑制)了该环境中的土壤酶活性, 而且距主干水平距离越近, 根系提供给微生物所需的生活物质和能量愈丰富, 微生物活性越强, 因而酶活性越强^[14]。

表 4 华北落叶松人工林地距样树主干不同水平距离处的土壤酶活性

Table 4 Feature of enzyme activity of soils in different levels from the stems of sample tree in the *L arix p rincip is-rup retchtii* forest plantation

距样树主干 水平距离/cm Level distance from sample tree-stem	样地 Plot	脲酶/ (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹) U ricase	蛋白酶/ (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹) P ro te ase	磷酸酶/ (mg · g ⁻¹ · h ⁻¹) Pho spho tase	过氧化物酶/ (mg · g ⁻¹ · s ⁻¹) P erox idase	多酚氧化酶/ (mL · g ⁻¹) M ultiphend oxidase
0~ 20	I	6 92	24 12	42 97	160 29	0 72
	II	7 28	20 19	39 85	163 72	0 52
	III	7 34	27 01	38 94	172 49	0 61
20~ 40	I	4 90	22 43	33 63	123 77	0 69
	II	5 74	15 83	32 24	135 02	0 47
	III	6 63	23 42	36 15	143 21	0 59
40~ 60	I	5 10	19 85	32 68	104 32	0 60
	II	4 79	14 27	30 17	117 98	0 39
	III	5 66	20 02	36 02	120 01	0 50

4 结 论

本次研究结果表明, 秦岭南坡火地塘林区华北落叶松人工林地的地力呈衰退趋势, 但实际上还并未对林分生长产生严重影响。目前, 秦岭南坡绝大多数华北落叶松人工林尚处在中、幼林阶段, 需要良好

的土壤营养基础保障林分的正常生长, 但地力衰退对其是一种潜在的威胁^[15, 16], 如果这种状况得不到改善, 土壤潜在的退化趋势可能变成现实, 从而成为林木生长的限制因素, 这应当引起火地塘林区林业经营部门的注意。

[参考文献]

- [1] 周礼恺 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 239- 254
- [2] 哈兹耶夫 Ф x 土壤酶活性[M]. 郑洪元, 译. 北京: 科学出版社, 1976
- [3] 关松荫 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 260- 263; 294- 327.
- [4] 国家标准局 森林土壤分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1986
- [5] 许光辉 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 274- 276
- [6] 中国科学院南京土壤研究所 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- [7] 严昶升 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988. 243- 279
- [8] Abbott D T. Woody litter decomposition following clear-cutting[J]. Ecology, 1982, 63(1): 35- 42
- [9] Covington W. Walldce, changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in Northern hardwoods[J]. Ecology, 1981, 62(1): 41- 48
- [10] 雷瑞德, 王得祥, 刘建军, 等. 秦岭南坡中山地带华北落叶松人工林对土壤的影响[J]. 林业科学, 1997, 33(5): 463- 469
- [11] 李跃林, 彭少麟. 桉树人工林地土壤酶活性与营养元素含量关系研究[J]. 福建林业科技, 2002, (3): 6- 9
- [12] 薛立. 不同坡位造林地酶活性与土壤养分的关系[J]. 土壤通报, 2002, (2): 21- 24
- [13] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. 土壤通报, 2004, (4): 523- 525
- [14] 张其水. 杉木连栽林地混交林土壤酶的分布特征研究[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 181- 184
- [15] 刘明国, 苏芳莉, 马殿荣, 等. 多年生樟子松人工纯林生长衰退及地力衰退原因分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, (4): 274- 277.
- [16] 杜国坚, 洪利发, 陈福祥, 等. 杉木连栽地力衰退效应研究[J]. 林业科技发展, 2001, (4): 11- 13

Study on the activity of soil enzymes in *Larix principis-rupprechtii* stands at Huoditang on the south slope of the Qingling mountain

QI Gao-qiang¹, GENG Zeng-chao², ZHOU Feng-li¹

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Sample soils under *Larix principis-rupprechtii* stands at Huoditang on the south slope of the Qingling Mountain were analyzed, with soils at different layers and levels to the trunk of sample trees in natural grass land as the contrast, in terms of Uricase, Protease, phosphatase, Peroxidase, Multiphenol oxidase in order to explore the degradation trend of plantations of *Larix principis-rupprechtii*. The result shows that the activities of Uricase, Protease, phosphatase, Peroxidase, with the exception of Multiphenol oxidase, were reduced by the range of 15.2% to 63.8%, 13.9% to 15.3%, 1.6% to 17.4% and 6.6% to 17.1% respectively, significant reduction for the activity of Uricase in particular. The closer to the stems of sample tree, the more active the enzymes of soil were, and vice versa.

Key words: *Larix principis-rupprechtii*; activity of soil enzyme; plantation land; natural grass land; south slope of Qingling Mountain