

柠条林地土壤酶活性特征研究

余 雕, 吴发启*, 宋娟丽, 包耀贤, 张志强

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对固原县上黄试区柠条林地土壤酶(脲酶, 碱性磷酸酶, 蔗糖酶) 的活性进行测试分析, 分析比较不同坡向、不同坡位、不同林龄和不同剖面深度条件下酶活性的变化。结果表明: 坡向对土壤酶活性的影响不显著; 坡位对土壤酶的活性有明显的影响, 坡上部酶活性普遍高于坡下部, 坡中部酶活性波动较大; 土壤酶活性随林龄的增大而提高, 10 年生柠条林地平均脲酶、蔗糖酶和磷酸酶的活性分别仅为 20 年生柠条林地相应酶活性的 59.0%、41.1% 和 52.9%; 土壤酶活性随土壤剖面深度的增加而降低, 20 年生柠条 20~40 cm、40~60 cm 和 60~80 cm 土层的脲酶活性分别比 0~20 cm 表层土脲酶活性下降 25.7%、61.3% 和 81.4%; 碱性磷酸酶与蔗糖酶在有机质腐殖化过程中具有协同反应, 关系密切。

关键词: 土壤酶活性; 坡向; 坡位; 树龄

中图分类号: S154.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0239-05

黄土高原是我国乃至世界上水土流失最为严重的地区之一。水土流失面积达 43 万 km² 以上, 年平均土壤侵蚀模数可达 5 000 t/km², 造成黄河年输沙量高达 16 亿 t, 居世界第一。严重的水土流失不仅使该区本已干旱的气候雪上加霜, 植被成活率低, 生态环境恶化, 而且使土壤质量退化, 肥力降低。因此, 在对黄土高原地区进行土地退化和生态恢复研究时, 土壤质量的研究普遍受到人们的关注。

土壤酶是土壤的重要组成部分, 能催化土壤生物学反应, 参与土壤中所有复杂的生物化学过程, 在催化复杂有机物的转化、养分矿质化及同质化中起着十分重要的作用; 也是土壤生物活性较为稳定和灵敏的一个指标, 在一定程度上反映了土壤养分转化的动态情况^[1~4]。所以土壤酶活性是反映土壤质量优劣的重要方面, 研究土壤酶的活性, 能够揭示林地土壤发育的现状和趋势, 可用于评价林地土壤肥力以及各种林业技术措施的效果, 为改善生态环境和促进林业的持续健康发展提供科学依据^[5]。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

固原上黄试区位于宁夏南部六盘山东侧的黄土丘陵沟壑区。其地理位置在东经 106°26′~106°30′, 北纬 35°59′~36°02′, 海拔 1 534.3~1 822.0 m, 平均海拔高程 1 660 m, 年均降水量 420 mm, 年均温 7℃, 干燥度 1.55~2.0, 属半干旱中温带向暖温带过渡季风气候, 无霜期 152 d。试区沟坡地占

90%, 且 51% 的土地坡度在 15°~20°之间。土壤为黄绵土。

1.2 土样采集

在黄土高原丘陵沟壑区固原县上黄试区的 10 年及 20 年林龄的柠条林地下, 按不同坡向(阳坡、半阴半阳坡、阴坡)及不同坡位(坡上、坡中、坡下)的组合分别采集土壤样品, 每一样点选取三丛典型代表性柠条林地地块的剖面土壤样品, 每个剖面点分别采集 0~20、20~40、40~60、60~80 cm 四层剖面土样并将三个剖面相应层次的土样混合缩分, 风干磨细后过 1 mm 筛。

1.3 样品分析

土壤脲酶活性的测定采用靛蓝比色法^[1], 脲酶活性用 37℃ 每小时 1 克土壤中所释放的 NH₃-N 微克数表示, 即 μg/(g·h); 碱性磷酸酶活性测定采用磷酸苯二钠比色法^[1], 碱性磷酸酶活性用 37℃ 每 4 h 1 g 土壤中的 P₂O₅ 毫克数表示, 即 mg/(g·4h); 土壤蔗糖酶活性测定采用二硝基水杨酸比色法^[6,7], 以 37℃ 下 1 g 土 4 h 释放的葡萄糖毫克数表示, 即 mg/(g·4h)。采用 SPSS 统计分析软件的 ANOVA 过程作方差分析, 选择最小显著差数法(LSD 法)进行差异显著性检验。

2 结果与讨论

2.1 坡向对土壤酶活性影响

土壤酶活性在不同坡向上的变化规律如图 1 所示。土壤脲酶活性在坡的上部三种坡向上起伏并不

收稿日期: 2008-08-17
基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01)
作者简介: 余 雕(1974—), 男, 陕西蓝田人, 博士生, 讲师, 主要从事土壤学及水土保持教学和研究。
(C)1994-2022 China Academic Electronic Journal Service. All rights reserved. http://www.cnki.net

大,在坡的中部和下部均表现为阳坡>半阴半阳坡>阴坡。土壤磷酸酶活性在坡的上部三种坡向上起伏也并不大,在坡的中部和下部并没有显现出什么特有的规律。蔗糖酶活性在坡的上、中、下部三种坡向上均起伏并不大。在同坡位三种坡向内部的土壤酶活性差别对比中发现,坡上部不同坡向间的土壤酶活性差距最小,这可能是由于坡上部不同坡向上光照差别不大,生物的生长条件相对较一致。在坡

的中部和下部土壤脲酶活性阳坡>半阴半阳坡>阴坡,是由于产酶微生物对光照的特殊要求引起的。至于土壤磷酸酶活性变化的无规律性,这仍需进一步的研究。蔗糖酶活性在三种坡向上变化不大,这是由于蔗糖酶广泛存在于土壤中,直接参与土壤有机质的代谢过程^[8]。因此,可以认为不同坡向上糖类代谢速率差别并不是很大。总体而言,不同坡向对土壤酶活性的影响不是很明显。

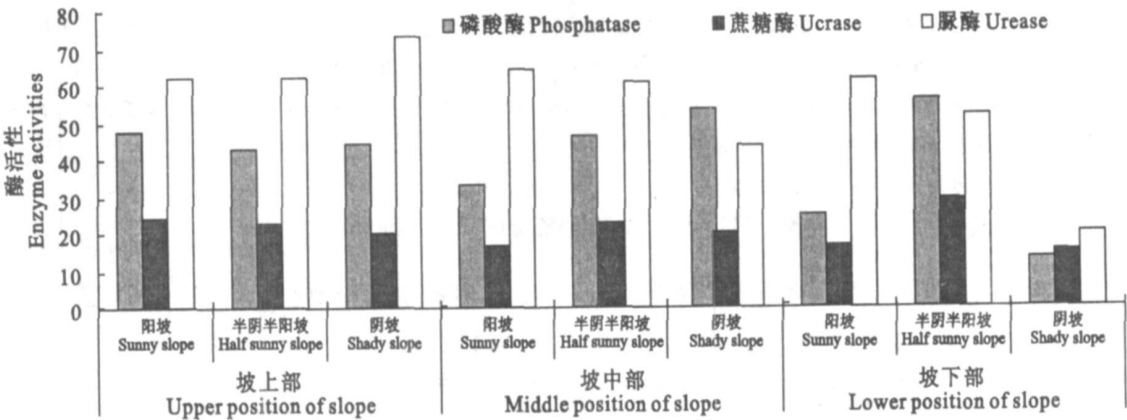


图 1 不同坡向土壤酶活性

Fig. 1 Characters of soil enzyme activities of different slope aspects

2.2 坡位对土壤酶活性影响

比较相同坡向不同坡位脲酶、磷酸酶和蔗糖酶的活性可以看出,三者活性均表现出上坡>下部,而上坡中部的酶活性则无明显的规律,变化较大,有时活性较大,有时则较小(图 2)。通过分析,相同坡向不同坡位的脲酶、磷酸酶和蔗糖酶的活性表现为上部>下部,主要是由黄土地区的地质及土质特点决定,形成其复杂多样地型,营养的迁移情况也随地形不同而有很大的不同^[9],这必然影响不同坡位的养分含量,也就间接影响了产酶微生物的分

布。上坡中部的酶活性变化较大,可能是由于坡度的不同引起的,坡度大则营养随水土流失较严重,植物不能快速利用并难使其停留于坡中部;而坡度小则截流自坡上部向下部转移的营养,从而有更多的养分供给产酶微生物及植物生长,表现为高的酶活性。另外,在三种酶当中,蔗糖酶的活性变化均是最小的。主要是因为蔗糖酶广泛存在于土壤中,直接参与土壤有机质的代谢过程^[8]。因此,同一坡向上,可以认为各个部位的糖类代谢速率无显著差异。

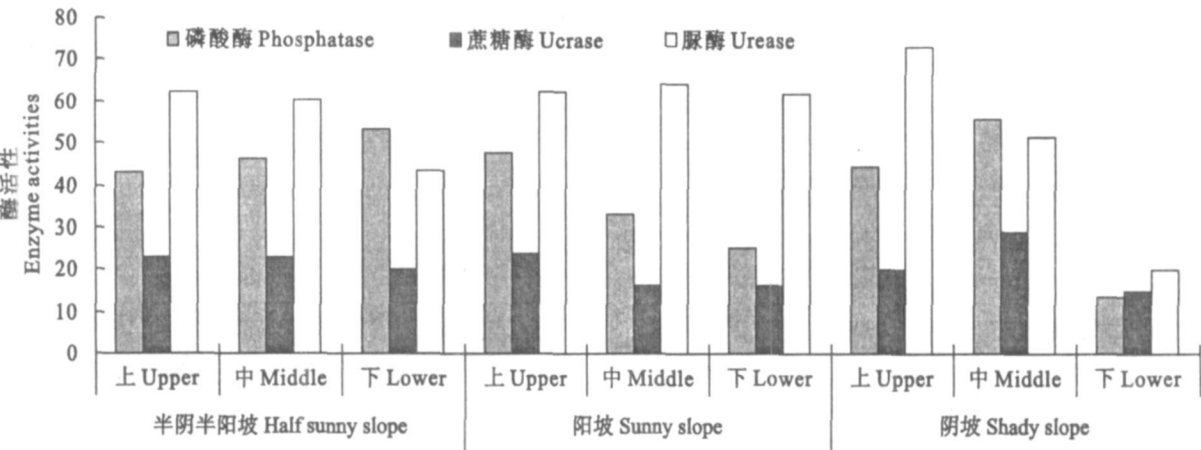


图 2 不同坡位土壤酶活性

Fig. 2 Characters of soil enzyme activities of different slope positiones

2.3 树龄对土壤酶活性影响

在相同坡向及坡位条件下,不同树龄柠条林地土壤酶活性具有明显的变化规律(图 3)。20 年生柠条林地平均脲酶活性为 55.46 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,10 年生柠条林地平均脲酶活性为 32.74 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,是 20 年生柠条林地平均脲酶活性的 59.0%。20 年生柠条林地蔗糖酶活性平均值为 20.75 $\text{mg}/(\text{g}\cdot4\text{h})$ 。10 年生柠条林地蔗糖酶活性平均值为 8.53 $\text{mg}/(\text{g}\cdot4\text{h})$,是 20 年生柠条林地平均蔗糖酶活性的 41.1%。20 年生柠条林地磷酸酶活性平均值为 40.25 $\text{mg}/(\text{g}\cdot4\text{h})$ 。10 年生柠条林地磷酸酶活性均值为 21.30 $\text{mg}/(\text{g}\cdot4\text{h})$,是 20 年生柠条林地平均磷酸酶活性的 52.9%。通过方差分析可见(表 1),20 年与 10 年生柠条林地表层(0~20 cm)土壤磷酸酶($P=0.009<0.01$)、蔗糖酶($P=0.000<0.01$)的活性之间达到极显著差异,而脲酶活性之间达显著差异($0.05>P=0.034>0.01$)。土壤酶活性是随树龄的增大而提高的,20 年生柠条林地的三种土壤酶活性均大于 10 年生柠条林地对应的三种土壤酶活性。20 年生柠条对土壤酶的促进作用比 10 年生柠条大 1 倍左右,这主要

是因为伴随着树龄的增长凋落物也开始增多,有机质积累不断增加,从而使微生物的种类和数量增加,其分泌的酶也相应增多。同时也从侧面反映出 20 年生柠条对土壤的培肥效应明显高于低树龄的柠条,已形成一定的生态效应,有助于生态恢复。这与有关的柠条林能改良土壤的研究结论是一致的^[10,11]。

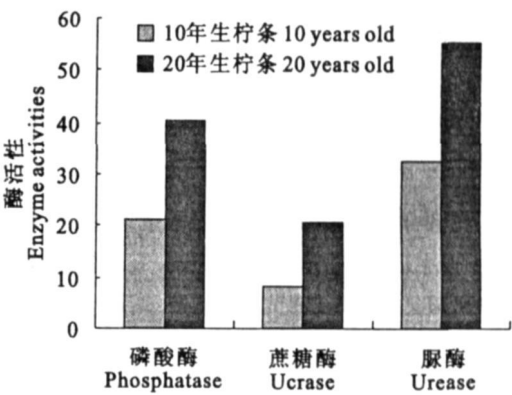


图 3 不同树龄柠条土壤酶活性

Fig.3 Characters of soil enzyme activities of different tree ages

表 1 20 年与 10 年生柠条林地土壤酶活性方差分析表

Table 1 Analysis of variance of enzymes between 20 and 10 years old Caragana Koeahinakii Kom. forest land

土壤酶 Soil enzymes	变异来源 Source of variation	SS Sum of Squares	Df Degrees of freedom	MS Mean Square	F	Sig.
磷酸酶 Phosphatase	处理间 Between groups	1292.390	1	1292.390	9.345	.009
	处理内 Within groups	1797.933	13	138.303	—	—
	总变异 Total	3090.323	14	—	—	—
蔗糖酶 Ucrase	处理间 Between groups	537.387	1	537.387	22.199	.000
	处理内 Within groups	314.703	13	24.208	—	—
	总变异 Total	852.090	14	—	—	—
脲酶 Urease,	处理间 Between groups	1857.406	1	1857.406	5.637	.034
	处理内 Within groups	4283.863	13	329.528	—	—
	总变异 Total	6141.269	14	—	—	—

2.4 剖面深度对土壤脲酶活性影响

由图 4 可知在相同坡向及坡位条件下,20 年生柠条所有 0~20 cm 表层土的脲酶活性都是对应土层中活性最高的,20~40 cm 土层与表层土壤脲酶活性相比,降幅并不是很大,平均降幅为 25.7%;40~60 cm 土层的脲酶活性相对于表层土壤降幅较大,平均降幅达到了 61.3%,与 0~20 cm 及 20~40 cm 土壤相比脲酶活性大为降低;60~80 cm 土层的脲酶活性相对于表层土降幅是最大的,平均降幅达 81.4%,与 40~60 cm 的土层相比差距却不是很大。方差分析结果 $F=15.005$, $P<0.001$ (表 2)表明剖

面上的四个不同层次中脲酶活性有一定差异,再结合多重比较的结果可知 0~20 cm 与 20~40 cm 土层的脲酶活性之间无显著差异,而与 40~60 cm 和 60~80 cm 土层的脲酶活性之间差异显著(表 3)。可见土壤脲酶活性随土壤深度的增加而下降,0~40 cm 土层脲酶活性明显大于 40~80 cm 土层的脲酶活性。说明柠条的生长明显影响到了 40 cm 以上土层脲酶活性,这主要是因为浅层土壤中根系分泌的有机酸降低了根际 pH,活化了根际土壤难溶性养分,提高了养分有效性,为微生物生长提供了优越的条件,因而产脲酶微生物在表层聚集较多,表层土壤

的生化反应活跃,养分丰富。

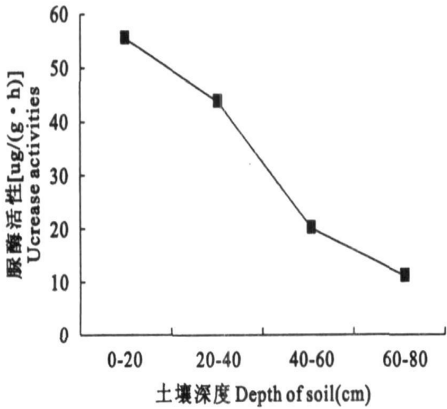


图 4 不同剖面深度土壤脲酶活性

Fig.4 Urease activities of different soil depths

表 2 土壤剖面不同层次脲酶活性方差分析表

Table 2 Analysis of variance of Urease activities of different layers in soil profile

变异来源	SS	Df	MS	F	Sig.
Source of variation	Sum of Squares	Degrees of freedom	Mean Square		
处理间	11410.723	3	3803.574	15.005	0.000
Between groups					
处理内	14195.392	56	253.489		
Within groups					
总变异	25606.115	59			
Total					

表 3 土壤剖面不同层次脲酶活性多重比较表(LSD 法)

Table 3 Multiple comparisons of Urases activities of different layers in soil profile(LSD method)

(I) 表层	(J) 下层	层间均数差	差值标准误	Sig.	置信区间	
					95% Confidence interval	
Surface layer	Under layer	Mean difference (I-J)	Std. error		下限	上限
					Lower bound	Upper bound
0~20 cm	20~40 cm	7.2013	5.81365	0.221	-4.4448	18.8475
	40~60 cm	25.9907(*)	5.81365	0.000	14.3445	37.6368
	60~80 cm	34.1747(*)	5.81365	0.000	22.5285	45.8208

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

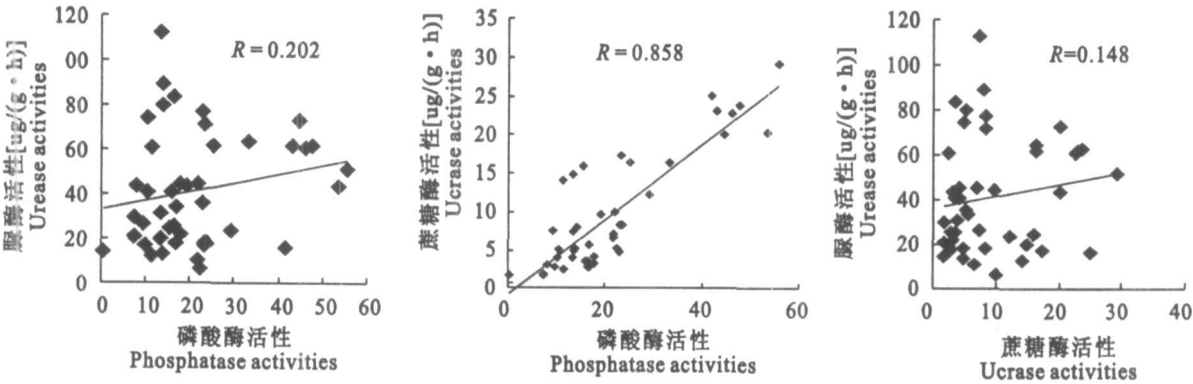


图 5 三种酶的相关关系

Fig.5 The correlation between urease, phosphatases and ucrase

2.5 土壤脲酶、蔗糖酶、磷酸酶的相关关系

相关分析表明(图 5)脲酶活性与蔗糖酶活性 ($R=0.1476$)($n=42$)、脲酶活性与磷酸酶活性 ($R=0.2017$)($n=42$)都是正相关,但相关性并不显著。磷酸酶活性与蔗糖酶活性有显著的正相关关系 ($R=0.8575$)($n=42$),这说明磷酸酶与蔗糖酶在有机质腐殖化过程中协同反应,关系密切。

3 结 论

近年来,随着水土流失的不断加剧,土地退化现象日趋严重,为了改善生态环境,提高土地质量,研究土壤酶的活性便得以广泛的开展。笔者通过分析黄土高原固原县上黄试区柠条立地土壤酶活性特点,得出以下结论:

- 1) 坡向对土壤酶活性的影响不显著。
- 2) 坡位对土壤酶的活性有明显的影响,坡上部酶活性普遍高于坡下部,坡中部酶活性波动较大。
- 3) 土壤酶活性随树龄的增长而增大,20 年生柠条林地表层(0~20 cm)三种土壤酶活性约为 10 年生柠条对应值的 2 倍。方差分析表明 20 年与 10 年生柠条林地土壤磷酸酶($P=0.009<0.01$)、蔗糖酶($P=0.000<0.01$)的活性之间达到极显著差异,而脲酶活性之间达显著差异($0.05>P=0.034>0.01$)。
- 4) 土壤脲酶在土壤表层(0~20 cm)活性最高,并随土壤深度的增加而降低。0~20 cm 与 20~40 cm 土层的脲酶活性之间无显著差异,而与 40~60 cm 和 60~80 cm 土层的脲酶活性之间差异显著。
- 5) 磷酸酶活性与蔗糖酶活性有显著的正相关关系($R=0.8575$),说明磷酸酶与蔗糖酶在有机质腐殖化过程中协同反应,关系密切。

参 考 文 献:

[1] 关松荫,张德生,张志明.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986,7—60.

[2] 李 勇.试论土壤酶活性与土壤肥力[J].土壤通报,1989,20(4):190—193.

[3] 孙 波,赵其国,张桃林.土壤质量与持续环境[J].土壤,1997,(5):225—234.

[4] MIN H, YE Y F, CHEN Z Y, et al. Effects of buthclor on microbial populations and enzyme activities in paddy soil[J]. Environmental Science Health 2001,36(5):581—595.

[5] 张 猛,张 健.林地土壤微生物、酶活性研究进展[J].四川大学学报,2003,21(4):347—351.

[6] 许光辉,郑洪元.土壤微生物分析方法手册[M].北京:中国农业出版社,1986,245—285.

[7] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987,116—190.

[8] 严昶升.土壤肥力研究方法[M].北京:农业出版社,1988,263—269.

[9] 常学向,顾生贵.黄土高原沟壑区地形特征与土壤蚀关系研究[J].甘肃林业科技,1997,22(2):65—70.

[10] 安韶山,黄懿梅.黄土丘陵区柠条林改良土壤作用的研究[J].林业科学,2006,42(1):70—74.

[11] 刘苑球,杨家林,杜天真.重建森林对退化红壤土壤酶特性影响[J].江西农业大学学报(自然科学版),2002,24(6):791—795.

Characters of soil enzyme activities of *Caragana Korshinskii* Kom. forest land

SHE Diao, WU Fa-qi, SONG Juan-li, BAO Yao-xian, ZHANG Zhi-qiang
(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Discussion is made about the characters of soil enzyme (urease, phosphatase, ucrase) activities of *Caragana Koeahinakii* Kom. forest land at Shanghuang experimental field in Guyuan County and comparison is conducted of the enzyme activities of different slope aspects, different slope positions, different tree ages and different depths of soil profile. The results showed that slope aspects had no notable influence on soil enzyme activities but the slope positions influenced obviously the soil enzyme activities, and the enzyme activities of the upper slope positions are generally higher than lower slope positions. The soil enzyme activities enhanced as the tree ages increasing and fell down as the depth of soil profile increasing. The phosphatase and ucrase had concerted reaction during the humification of soil organic matter.

Key words: soil enzyme activity; slope aspect; slope position; tree age