

# 宁南山区不同土地利用方式土壤酶活性特征研究\*

刘梦云 常庆瑞 齐雁冰

安韶山

(西北农林科技大学资源环境学院 杨陵 712100)(中国科学院水土保持研究所 杨陵 712100)

**摘要** 试验研究不同土地利用方式土壤酶活性特征结果表明,天然草地表层土壤酶活性较高,灌木林地和人工草地次之,果园和农地较低;20~40cm土层果园和农地土壤酶活性稍高;天然草地和灌木林地对土壤酶活性改良效果显著,而果园和农地则较差;土壤蔗糖酶活性在剖面上变化明显,脲酶和碱性磷酸酶活性变化趋势大多一致,过氧化氢酶活性在不同土地利用类型和剖面层次上均无明显差异。土壤蔗糖酶、脲酶和碱性磷酸酶活性互呈极显著正相关,且均与速效氮及有机质呈极显著正相关。土壤酶活性可作为较理想的土壤肥力指标。

**关键词** 土壤酶活性 土地利用方式 剖面分布 肥力指标

**Features of soil enzyme activity under different land uses in Ningnan Mountain area.** LIU Meng-Yun, CHANG Qing-Rui, QI Yan-Bing (Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China), AN Shao-Shan (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, China), *CJEA*, 2006, 14(3): 67~70

**Abstract** The features of soil enzyme activity under different land uses were studied. The results indicate that the soil enzyme activity of the natural meadow is the highest, that of the bush forest land and the artificial meadow is the next and that of the orchard and farmland is the lowest; there are higher soil enzyme activities at 20~40cm depths of orchard and farmland; the natural meadow and bush forest have an obvious effect on the restoration improvement of soil enzyme activity, but the orchard and farmland are worst; soil sucrose activity obviously varies in profile, the activities of urease and alkaline phosphatase almost change in a same way and that of hydrogen peroxidase has no obvious difference not only in profile but also under different land uses. There is an extreme positive correlation among the activities of sucrose, urease and alkaline phosphatase, and every of them has an extreme positive relativity with the soil readily available nutrient and organic matter. So soil enzyme activity can be made as one of the soil fertility index.

**Key words** Soil enzyme activity, Land use model, Profile distribution, Fertility index

(Received July 6, 2004; revised Sept. 10, 2004)

土壤酶是土壤重要组成成分之一,数量少但作用大<sup>[1]</sup>。土壤酶在土壤营养物质循环和能量转化过程中起着重要作用,其活性可反映土壤生物化学过程的强度和方向,同时酶活性具有相对稳定性,是灵敏可靠的土壤肥力指标之一<sup>[2~4]</sup>,土壤酶反映了土壤对植物根系供应养分的潜在能力。土地利用变化可改变土壤环境状况并影响其许多生态过程,合理的土地利用可改善土壤结构,增强土壤对外界环境变化的抵抗力,而不合理的土地利用会导致土壤肥力退化,造成土壤质量下降,增强土壤侵蚀,降低生物多样性。目前有关酶活性的研究主要集中于土壤酶活性状况及其影响因素和土壤酶活性与土壤理化性状的关系两个方面<sup>[5,6]</sup>,而对不同土地利用状况下土壤酶活性探讨则报道较少。本研究在野外考察和室内化学分析基础上,探讨了不同土地利用方式下土壤酶活性变化特征及其酶活性与化学性状的相关性<sup>[5]</sup>,为选取土地最佳利用方式,进行土地退化防治和土壤生态恢复提供依据。

## 1 研究区域概况与研究方法

研究区位于宁夏回族自治区固原市东部黄土丘陵区的河川乡上黄村,地处东经 106°26'~106°30',北纬 35°59'~36°3',总面积 7.6km<sup>2</sup>,海拔高度 1534.3~1822m,年均降水量 420mm,属半干旱温带季风气候,下伏基岩为中生代砂岩(只在主河道少量出露),第三纪晚期红土和第四纪新老黄土先后堆积其上。试区沟坡地占

\* “十五”国家科技攻关项目(2001BA606A-04)和国家自然科学基金项目(30571527)资助

收稿日期:2004-07-06 改回日期:2004-09-10

90%,平缓台地仅占8%,且51%的土地坡度在 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 之间。其土壤类型主要是黑垆土和黄绵土,土地利用类型为灌木林地、农地、天然草地、人工草地和果园,主要植物有柠条、山桃、山杏、百里香(*Thymusmongolicus*)、茼蒿(*Artemisia giraldii*)、阿尔太狗哇花(*Heteropippus ittaicus*)、长芒草(*Stita bungeana*)、苜蓿、小麦、玉米和荞麦等。在果园、人工草地、天然草地、灌木林地及农地5种土地利用类型中选取典型样地设置15个土壤剖面,各剖面均按发生层次分层采集土壤样品,其采土环境有一定可比性。蔗糖酶测定以pH 5.5的磷酸缓冲液和甲苯做培养液,培养24h后用3,5-二硝基水杨酸溶液显色,再通过水浴锅加热后在分光光度计上508nm处进行比色,脲酶测定以尿素溶液和甲苯做培养液,用pH 6.7的柠檬酸盐做缓冲液,培养3h后以苯酚钠溶液和次氯酸钠做显色剂,在比色计上于波长578nm处进行比色;碱性磷酸酶测定以pH 9.4硼酸盐做缓冲液配制的磷酸苯二钠做培养液,37 $^{\circ}$ 下培养24h,用氯代二溴对苯醌亚胺显色;过氧化氢酶测定以加入过氧化氢做反应剂,振荡30min后立即加入硫酸阻止其反应,随后用0.1mol/L  $\text{KMnO}_4$  滴定达终点。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同利用方式下土壤酶活性的分布

由于栽培方式、管理条件和经营水平各异,土壤蔗糖酶活性在各利用方式之间存在差异(见表1),0~20cm土层蔗糖酶活性依次为天然草地>果园>农地>人工草地>灌木林地,20~40cm土层则为果园>人工草地>农地>灌木林地>天然草地。脲酶活性0~20cm土层为天然草地>灌木林地>农地>果园>人工草地,20~40cm土层为灌木林地>人工草地>农地>果园>天然草地。碱性磷酸酶活性0~20cm土层为天然草地>人工草地>灌木林地>农地>果园,20~40cm土层为灌木林地>人工草地>农地>天然草地>果园。过氧化氢酶活性在不同土地利用类型和剖面层次上变化均较小。表明天然草地表层蔗糖酶和脲酶活性累积能力高于其他用地类型,而碱性磷酸酶和过氧化氢酶活性在5种用地类型间差异较小。

表1 不同利用方式下土壤酶活性特征

Tab.1 The features of soil enzyme activity under different land uses

利用方式 Land use	土层 Soil layers	蔗糖酶 Sucrase		脲酶 Urease		碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase		过氧化氢酶 Hydrogen peroxidase	
		平均/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Average	变异系数 Variable coefficient	平均/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ Average	变异系数 Variable coefficient	平均/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Average	变异系数 Variable coefficient	平均/ $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$ Average	变异系数 Variable coefficient
天然草地	0~20	176.67 $\pm$ 12.97	0.07	79.63 $\pm$ 33.00	0.41	141.33 $\pm$ 30.02	0.21	8.02 $\pm$ 0.05	0.01
	20~40	41.70 $\pm$ 25.65	0.62	37.47 $\pm$ 24.38	0.65	64.08 $\pm$ 37.35	0.58	7.93 $\pm$ 0.18	0.02
灌木林地	0~20	127.91 $\pm$ 52.60	0.41	75.80 $\pm$ 40.09	0.53	131.12 $\pm$ 46.76	0.36	8.06 $\pm$ 0.03	0.00
	20~40	56.86 $\pm$ 50.79	0.89	52.39 $\pm$ 23.76	0.45	87.42 $\pm$ 42.11	0.48	7.93 $\pm$ 0.06	0.01
农地	0~20	141.99 $\pm$ 64.88	0.46	59.77 $\pm$ 30.60	0.51	100.60 $\pm$ 45.94	0.46	8.41 $\pm$ 0.75	0.09
	20~40	69.58 $\pm$ 19.76	0.28	46.41 $\pm$ 17.58	0.38	66.42 $\pm$ 24.54	0.37	7.52 $\pm$ 0.91	0.12
果园	0~20	148.90 $\pm$ 5.97	0.04	58.80 $\pm$ 5.87	0.10	92.61 $\pm$ 5.84	0.06	8.40 $\pm$ 0.95	0.11
	20~40	82.68 $\pm$ 15.78	0.19	46.04 $\pm$ 6.62	0.14	49.11 $\pm$ 4.34	0.09	7.85 $\pm$ 0.23	0.03
人工草地	0~20	138.60	-	57.25	-	140.20	-	7.99	-
	20~40	82.59	-	48.26	-	71.66	-	7.88	-

由上述结果可知,表层土壤天然草地酶活性最高,其次为灌木林地和人工草地,果园和农地较低。这是由于研究区天然草地草类生长茂盛,覆盖度好,数量丰富,种类多,每年回归土壤的地上部分(枯枝落叶)与地下部分(根系)均较多,且易被微生物分解;此外草地根系分布深且丰富,通过根系穿插可对下层通气,导致土壤生物酶活性提高。人工草地与天然草地相比虽覆盖度较高,生物量大,但收获量较多,最终进入土壤的有机残体反而少于天然草地,导致酶活性较低。灌木林地生长状况良好,为土壤生物提供了较为充足的营养物质,微生物活动频繁,提高了土壤酶活性。而研究区果园主要种植苹果树和梨树,均属多年生木本植被,根系当年死亡量少,枯枝落叶少且主要分布在地表,枯落物中的木质素、树脂等难分解物质含量高,故其土壤酶活性偏低;同时果园采取集中施肥,造成其土壤表下层20~40cm处酶活性高于其他土地利用方式;果园蔗糖酶活性高于其他土地利用方式,这与果园大量施有机质肥(农家肥)有关(蔗糖酶与有机质呈极显著相关)。农地每年回归土壤的凋落物更少,如小麦地上部分绝大多数被收割,只有残茬经翻耕后回归土壤,故酶活性较低。

由表1可知,5种利用方式土壤过氧化氢酶活性变异系数均很小。就土地利用方式而言,果园表层及表下层4种酶活性变异系数均较小,表明不同种植年限果园土壤酶活性相差不大;天然草地和灌木林地土壤酶活性变异系数大,且表下层变异系数高于表层,证明这两种土地利用方式对土壤酶活性改良效果显著,且表

下层尤为明显;而农地表层土壤酶活性变易系数基本高于表下层,说明农地主要是通过施肥等田间管理措施改良土壤状况。

### 2.2 不同利用方式下土壤酶活性剖面垂直分布

由图 1 可知土壤剖面自上而下酶活性逐渐减弱(除小麦剖面外),但不同酶具体变化情况不同。蔗糖酶活性自上而下急剧下降<sup>[7]</sup>,脲酶和碱性磷酸酶活性也呈上高下低趋势,且两者 20~40cm 与 0~20cm 土层酶活性比值基本吻合(如天然草地和玉米剖面),说明这两种酶活性的影响因素基本一致。而过氧化氢酶活性自上而下变化较小,有些剖面甚至未发生变化,这与过氧化氢酶活性和土壤呼吸强度以及微生物活动有关,而土壤呼吸强度主要决定于土壤结构。天然草地 2 号剖面 20~50cm 处 4 种酶活性均出现 1 个低谷,这是因为该土壤采自台地,形成叠加剖面。小麦剖面除过氧化氢酶外其余 3 种酶活性表层均低于下层,这与该剖面采于新修的梯田、表层土壤熟化程度较差有关。

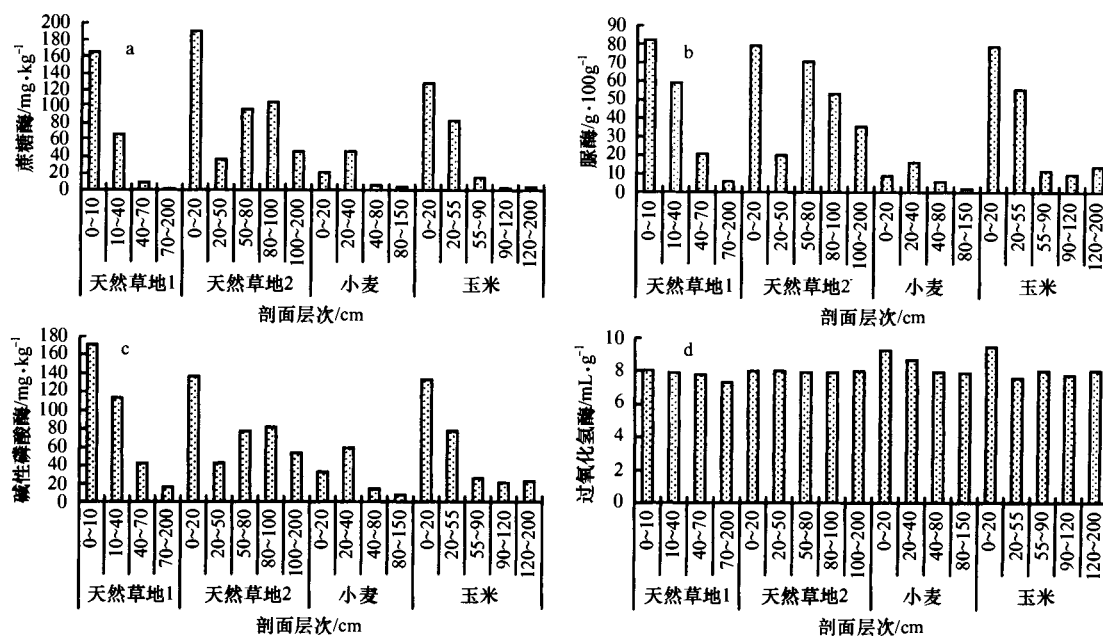


图 1 不同利用方式下土壤酶活性剖面垂直分布

Fig.1 The profile distribution of soil enzyme activity under different land uses

### 2.3 土壤酶活性与土壤化学性质相关分析

土壤酶活性与化学性状相关分析(表 2)表明,蔗糖酶活性与脲酶、碱性磷酸酶、速效氮、有机质呈极显著正相关,与速效钾呈显著正相关;脲酶活性与蔗糖酶、碱性磷酸酶、速效氮、有机质、阳离子交换量呈极显著正相关;碱性磷酸酶活性与蔗糖酶、脲酶、速效氮、有机质、阳离子交换量呈极显著正相关;过氧化氢酶活性

表 2 土壤酶活性与土壤化学性质相关分析\*

Tab.2 The relativity of soil enzyme and chemical characters

性质 Feature	脲酶 Urease	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	过氧化氢酶 Hydrogen peroxidase	速效氮 Available N	速效磷 Available P	速效钾 Available K	全 N Totle N	有机质 Organic matter	阳离子交换量 Cation exchange capacity	pH
蔗糖酶	0.868	0.826	0.022	0.505	0.060	0.467	0.023	0.606	0.365	-0.060
脲酶		0.935	0.100	0.555	0.091	0.217	0.106	0.690	0.579	0.003
碱性磷酸酶			-0.047	0.617	-0.065	0.214	-0.051	0.767	0.716	-0.155
过氧化氢酶				-0.383	0.987	-0.241	0.998	-0.360	-0.458	0.991
速效氮					-0.383	0.250	-0.378	0.474	0.627	-0.468
速效磷						-0.179	0.986	-0.359	-0.501	0.981
速效钾							-0.243	0.228	0.193	-0.255
全 N								-0.357	-0.453	0.991
有机质									0.711	-0.420
阳离子交换量										-0.543

\* 相关系数  $r > 0.5057$  为极显著相关,  $0.3900 < \text{相关系数 } r < 0.5057$  为显著相关, 相关系数  $r < 0.3900$  为不相关。

与速效磷、全 N、pH 值极显著正相关,而与阳离子交换量呈显著负相关。说明在自然土壤中,蔗糖酶、脲酶和碱性磷酸酶 3 种酶互相影响,均与土壤有机质的形成发育有关。这与土壤酶促土壤中糖类、含氮有机化合物等物质分解产生有机质、速效氮相吻合;过氧化氢酶活性则与土壤其他化学性质呈极显著正相关。从土壤 4 种酶活性与其他性质的相关性看,酶活性能更好地代表土壤肥力状况,其中土壤蔗糖酶、脲酶和碱性磷酸酶活性为较理想的肥力指标。

### 3 小 结

天然草地表层土壤酶活性较高,灌木林地和人工草地次之,果园和农地较低;20~40cm 土层果园和农地土壤酶活性稍高。过氧化氢酶在不同土地利用类型间无较大变化。土壤蔗糖酶活性在剖面上自上而下迅速降低,脲酶和碱性磷酸酶活性自上而下降低较为缓慢,且变幅基本一致。过氧化氢酶活性在剖面上变化极其缓慢,有些剖面甚至未发生变化。土壤蔗糖酶活性与土壤脲酶、碱性磷酸酶、速效氮、有机质呈极显著正相关;土壤脲酶活性与土壤蔗糖酶、碱性磷酸酶、速效氮、有机质、阳离子交换量呈极显著正相关;土壤碱性磷酸酶活性与土壤蔗糖酶、脲酶、速效氮、有机质、阳离子交换量呈极显著正相关;过氧化氢酶活性与速效磷、全 N、pH 值极显著正相关,而与阳离子交换量呈显著负相关。土壤蔗糖酶、脲酶和碱性磷酸酶活性为较理想的肥力指标。

### 参 考 文 献

- 1 胡海波,康立新,梁珍海等. 泥质海岸防护林土壤酶活性特征研究. 土壤学报,1998,35(1):112~118
- 2 姚胜蕊,束怀瑞. 有机物料对苹果根际营养元素动态及土壤酶活性的影响. 土壤学报,1999,36(3):428~432
- 3 於忠祥,汪维云,沙宗珩. 合肥郊区菜园土土壤酶活性研究. 土壤通报,1996,27(4):179~181
- 4 靳素英,崔明学,蔺继尚. 天津东郊盐碱土微生物分布及土壤酶活性. 应用生态学报,1996,7(增刊):139~141
- 5 胡海波,康立新,梁珍海等. 泥质海岸防护林土壤酶活性与理化性质关系. 东北林业大学学报,1995,23(5):37~44
- 6 陈光升,钟章成,齐代华. 缙云山常绿阔叶林土壤酶活性与土壤肥力的关系. 四川师范学院学报(自然科学版),2002,23(1):19~23
- 7 姜培坤,俞益武,张立钦等. 雷竹林地土壤酶活性研究. 浙江林学院学报,2000,17(2):132~136