

宁南山区退耕对土壤微生物生物量和酶活性的影响

程 曼¹, 成 毅¹, 安韶山^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 在野外调查和室内实验分析的基础上, 研究了宁夏黄土丘陵区农田退耕后不同植被恢复措施对土壤的微生物生物量碳、氮、磷和转化酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶和脲酶活性的影响。研究表明: 农田退耕后通过不同的植被恢复措施, 土壤的微生物生物量碳为农地的 1.04~3.12 倍; 微生物生物量氮为农地偏高; 微生物生物量磷则相对稳定, 无显著差异; 转化酶和碱性磷酸酶活性的提高主要表现在表层(0~5 cm 土层)和 5~20 cm 土层, 分别比农地高出 1%~41% 和 1%~89%; 过氧化氢酶活性变化幅度最小; 土壤脲酶活性在表层提高的幅度最大, 为农地的 1.95 倍。农田退耕后, 通过不同的植被恢复措施, 土壤的生物肥力有所提高。

关键词: 植被恢复; 土壤养分; 微生物生物量; 酶活性

中图分类号: S154.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0142-06

Effects of Cropland Conversion on Soil Microbial Biomass and Enzymatic Activities in the Loess Hilly Area of Ningxia

CHENG Man¹, CHENG Yi¹, AN Shao-shan^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on field investigation and analysis in lab, the effects of different vegetation restoration measures after cropland conversion in loess hilly area on soil microbial biomass carbon, nitrogen, phosphorus and invertase, alkaline phosphatase, catalase and urease activity were studied. The results show that: by different vegetation restoration measures, soil microbial biomass carbon were 1.04~3.12 times of cropland; soil microbial biomass nitrogen of cropland is higher; There is no significant differences were found in soil microbial biomass phosphorus; the improving of activities of invertase and alkaline phosphatase were mainly found in surface layer (0~5 cm soil layer) and 5~20 cm soil layer which were separately 1%~41% and 1%~89% higher than those of cropland; the change rate of catalase activity is the smallest; urease activity, which was in the largest increase in surface layer, is 1.95 times of cropland. After cropland conversion, different vegetation restoration measures improved soil biological fertility.

Key words: vegetation restoration; soil nutrient; soil microbial biomass; soil enzymatic activities

“退耕还林还草”工程作为“西部大开发”中生态环境建设的关键和切入点, 经过近十多年的实践, 不仅改变了西部地区的生态环境面貌, 有利于我国经济社会的可持续发展, 而且对于人类应对生态环境危机的大业具有积极意义^[1]。但是对于土壤生态系统的影响如何则需要进一步探究。在土壤生态系统中, 土壤微生物作为土壤有机质和养分(N, P, S 等)转化及

循环的动力, 参与有机质的分解、腐殖质的形成、养分的转化和循环等生化过程, 在土壤生态系统的能量流动和养分转化中起着重要作用^[2]。而土壤中各种生化反应除受到微生物本身活动的影响外, 实际上是在各种相应的酶参与下完成的^[3]。微生物和酶都是土壤生态系统的重要组成部分, 是土壤生物活性的综合表现^[4]。退耕地植被恢复对遏制水土流失、提高土

收稿日期: 2010-07-01

资助项目: 国家自然科学基金项目(40971171, 40701095); “十一五”国家科技支撑计划重大项目(2006BCA01A07); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”

作者简介: 程曼(1988-), 女, 硕士生, 研究方向为土壤微生物生态。E-mail: wodewo_121@163.com

通信作者: 安韶山(1972-), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为土壤生态学、流域生态与管理。E-mail: shan@ms.iswc.ac.cn

壤质量和改善生态环境有着极其重要的作用^[5]。本研究通过对农田以及退耕后不同植被恢复下土壤的微生物量碳、氮、磷、转化酶活性、碱性磷酸酶活性、过氧化氢酶活性和脲酶活性的变化特征进行研究,从土壤微生物学角度探讨退耕还林还草对于土壤生态系统的影响,对退耕还林还草的生态效益评估提供土壤微生物学方面的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况及样地设置

研究区位于黄土丘陵区宁夏固原市东部的河川乡,属泾河水系支流小川河的中游,地处 106° 26′ – 106° 30′ E, 35° 59′ – 36° 3′ N, 海拔 1 534~ 1 822 m, 年均降水量 420 mm, 年均气温 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区。研究区

由小川河分为两部分,东部为梁状丘陵,地形起伏较大;西部自东向西依次为台、坪、梁地形。试验区沟坡地占 90%,平缓台地仅占 8%,且 51% 的土地坡度为 15°~ 20°,总土地面积 716 km²。土壤类型主要是黄土母质上发育的黄绵土。

根据黄土高原不同土地利用方式分布情况确定采样地,所调查样地的植被类型包括天然草地(N. G)、农地(Cro.)、苜蓿(Alf.) 和柠条林地(CK)。调查样地概况见表 1。

1.2 土壤样品采集与分析

在每个样地中采取 S 型路线多点采样,各采样地均按 0– 5 cm、5– 20 cm、20– 40 cm 分别多点采集混合样品(分别采集 21 个样点混合)。样品经风干去除根系、石块,研磨过筛分装备用,各分析项目重复 3 次,采样时间为 2007 年 7 月。

表 1 试验样地概况

植被类型	地形	海拔/m	经纬度	坡向	坡度/(°)
天然草地 (N. G)	坡中部	1746	106° 29. 060′ E, 36° 2. 009′ N	北偏东 20°	6
农地 (Cro.)	坡中部	1725	106° 28. 874′ E, 36° 1. 783′ N	南偏西 30°	11
苜蓿 (Alf.)	坡中部	1743	106° 29. 076′ E, 36° 2. 005′ N	北偏东 20°	3
柠条 (CK)	坡中部	1699	106° 28. 462′ E, 36° 0. 318′ N	南偏西 40°	18

土壤微生物生物量碳、氮含量采用氯仿熏蒸浸提法^[6-7]测定。微生物量碳和氮在水土比 1: 4 的 K₂SO₄ 浸提液中提取 30 min, 提取液中土壤可溶性有机碳用总有机碳分析仪(Phoenix 8000)测定,可溶性全氮(TSN)采用碱性过硫酸钾氧化法^[8]测定,土壤可溶性有机氮(SON) = TSN – 无机氮。土壤微生物生物量磷的测定参照 Brookes^[9] 等的方法,用 0. 5 mol/L 的 NaHCO₃ (pH 8. 5) 作浸提剂,在 1: 20 的土水比中提取 30 min, 提取液中 P 的测定用钼锑抗显色法测定^[10]。土壤微生物生物量碳 (mg/kg), $C_{mic} = E_c / 0. 45$, 土壤微生物生物量氮 (mg/kg), $N_{mic} = E_N / 0. 45$, 土壤微生物生物量磷 (mg/kg), $P_{mic} = E_P / 0. 4$, 其中 0. 45 为土壤微生物生物量碳和氮的系数, E_c 和 E_N 分别为熏蒸和未熏蒸土壤 K₂SO₄ 浸提液有机碳和全氮含量的差值, E_P 为熏蒸和未熏蒸 NaHCO₃ 浸提液微生物量磷的差值, 0. 4 为土壤微生物生物量磷的系数^[9]。其他化学性质均参照文献[10] 进行分析。土壤脲酶活性用靛酚比色法测定, 土壤碱性磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法测定, 转化酶用 Na₂S₂O₃ 滴定法, 过氧化氢酶活性的测定采用高锰酸钾滴定法。所得数据用 DPS 和 Excel 进行处理。

2 结果与分析

2.1 土壤养分对植被恢复的响应

认识土壤养分对于植被恢复的响应能够更加科

学地进行植被恢复规划,进而提高生态恢复的生态效益。由表 2 可知,农田退耕后不同植被恢复下,表层(0– 5 cm 土层)土壤有机质、碱解氮、全氮含量均为天然草地最高,苜蓿、柠条次之,农地最低;速效钾含量为除苜蓿外,其他植被恢复土地均高于农地;速效磷含量为苜蓿最高,农地次之,农地比柠条高出 0. 6%,比天然草地高出 14. 2%。由此不难看出,本研究中农田退耕后通过三种不同的植被恢复措施,表层土壤的养分,除速效磷以外,有机质、碱解氮、全氮、速效钾含量都有所提升。

2.2 农田退耕后不同植被恢复对微生物生物量的影响

2.2.1 农田退耕后不同植被恢复对微生物生物量碳的影响 由图 1 可以看出,农田退耕后,不同的植被恢复措施下,表层 0– 5 cm 和 5– 20 cm 土层土壤微生物生物量碳含量均为天然草地> 柠条林地> 苜蓿> 农地, 20– 40 cm 土层则为柠条最高,天然草地和苜蓿居中,农地最低。其中,表层土壤微生物生物量碳含量天然草地、柠条、苜蓿地分别是农地的 3. 12 倍、2. 58 倍、1. 59 倍; 5– 20 cm 土层土壤天然草地、柠条、苜蓿地分别是农地的 1. 73 倍、1. 63 倍、1. 05 倍; 20– 40 cm 土层柠条、天然草地、苜蓿地分别是农地的 2. 21 倍、1. 05 倍、1. 04 倍。通过显著性分析发现,表层(0– 5 cm 土层)土壤农地和其他 3 种植被恢复下微生物量生物量碳含量差异显著($P < 0. 05, n =$

3); 5– 20 cm 土层除苜蓿, 农地和其他植被下微生物生物量碳含量差异显著($P < 0.05$, $n = 3$); 20– 40 cm 土层农地与三种植被恢复下微生物量生物量碳含量都无显著性差异($P < 0.05$, $n = 3$)。

表 2 不同植被恢复措施下不同土层土壤养分状况

土层/ cm	土地利用方式	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
0– 5	天然草地	33.78±2.94a	128.51±0.89a	1.80±0.28a	141.76±6.84ab	10.96±0.69b
	农地	17.60±1.68c	65.01±3.11b	0.38±0.01c	115.73±20.86abc	12.52±2.36ab
	苜蓿	18.73±2.78c	74.92±11.82b	1.33±0.15b	103.49±34.58ac	16.34±3.45a
	柠条	26.95±2.21b	116.06±16.23a	1.56±0.07ab	142.41±6.91a	12.44±6.55b
5– 20	天然草地	23.22±1.27a	93.67±4.16a	1.55±0.07a	92.75±10.74a	9.48±0.23ab
	农地	16.38±0.64b	62.27±0.80b	0.35±0.05c	79.30±11.16ab	10.25±0.91a
	苜蓿	16.75±2.16b	62.21±13.49b	1.19±0.15ab	61.05±15.26b	8.68±0.44b
	柠条	22.96±1.84a	87.46±6.54a	0.71±0.46bc	63.80±6.34b	6.58±0.18c
20– 40	天然草地	15.70±2.59a	64.97±3.58a	0.32±0.05b	51.74±4.46a	8.27±0.5a
	农地	12.23±2.92a	45.85±5.12a	0.31±0.06b	46.80±0.93a	7.23±1.39ab
	苜蓿	12.02±1.73a	43.15±5.45a	0.83±0.11a	42.35±9.01a	7.99±1.35a
	柠条	13.95±5.46a	54.87±21.78a	0.54±0.32ab	40.03±7.08a	5.38±1.62b

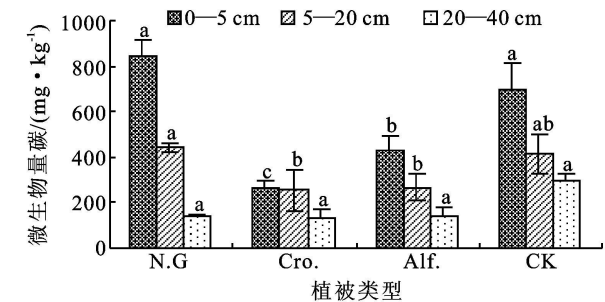


图 1 不同土地利用方式土壤微生物碳

2.2.2 农田退耕后不同植被恢复对微生物生物量氮的影响 由图 2 可知, 农田退耕后土壤微生物生物量氮含量在表层 0– 5 cm 从农地、苜蓿、柠条、天然草地依次递增, 5– 20 cm 土层为随苜蓿、农地、天然草地、柠条依次递减, 20– 40 cm 土层则以农地含量最高, 苜蓿地、柠条林地居中, 天然草地最低。其中, 农田退耕后通过不同的植被恢复措施, 表层 0– 5 cm 土壤的微生物生物量氮含量是农地的 1.21~ 1.41 倍。显著性分析表明, 农地和退耕后不同植被恢复土地土壤的微生物生物量氮含量差异性表现为: 表层和 5– 20 cm 无显著性差异($P < 0.05$, $n = 3$), 20– 40 cm 土层则存在显著差异($P < 0.05$, $n = 3$)。

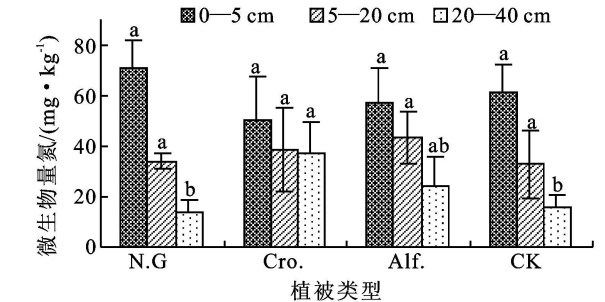


图 2 不同土地利用方式土壤微生物氮

2.2.3 农田退耕后不同植被恢复对微生物生物量磷的影响 由图 3 可知, 农田退耕后不同植被恢复下, 表层 0– 5 cm 和 5– 20 cm 土层土壤微生物生物量磷含量随农地、苜蓿、天然草地、柠条呈现依次递增的趋势, 20– 40 cm 土层则为从苜蓿、天然草地、农地、柠条依次递增。其中, 退耕后种植柠条以后, 土壤微生物生物量磷含量高出 19%~ 80%。显著性分析可知: 农田退耕后, 通过不同的植被恢复措施, 表层 0– 5 cm、5– 20 cm 土层和 20– 40 cm 土层土壤的微生物生物量磷含量都无显著差异($P < 0.05$, $n = 3$)。可以看出, 土壤微生物生物量磷对于植被恢复措施的响应不够敏感。

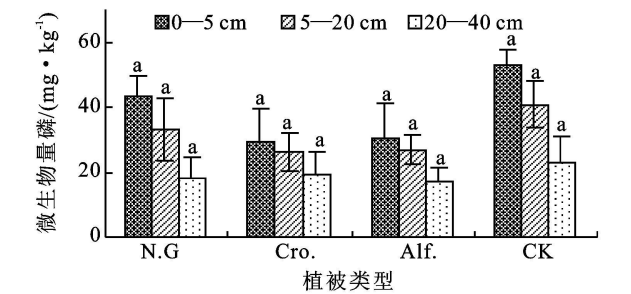


图 3 不同土地利用方式土壤微生物磷

2.3 农田退耕后植被恢复对土壤酶活性的影响
2.3.1 农田退耕后植被恢复对土壤转化酶活性的影响 由图 4 可见, 农田退耕后不同植被恢复下, 土壤转化酶的活性有所增强, 主要表现在表层 0– 5 cm 和 5– 20 cm 土层。表层和 5– 20 cm 土层天然草地、柠条、苜蓿土壤转化酶活性比农地高出 1%~ 41%, 20– 40 cm 土层则不同, 柠条林地最高, 为农地的 1.49 倍, 农地高于其他的植被恢复措施。几种植被恢复下, 表层 0– 5 cm 除天然草地外, 其他植被恢复措施

同农地的土壤转化酶活性之间无显著差异 ($P < 0.05, n = 3$); 5–20 cm 土层苜蓿和农地的土壤转化酶活性差异不显著 ($P < 0.05, n = 3$); 20–40 cm 土层为除柠条外, 其他植被恢复措施同农地之间都无显著差异 ($P < 0.05, n = 3$)。

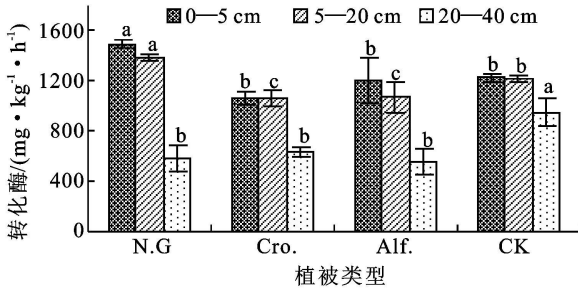


图 4 不同土地利用方式土壤转化酶活性

2.3.2 农田退耕后植被恢复对土壤碱性磷酸酶活性的影响 如图 5, 同转化酶一样, 农田退耕后不同植被恢复下, 土壤碱性磷酸酶活性有所增强, 表现在表层和 5–20 cm 土层, 比农地高出 1%~89%, 20–40 cm 土层的碱性磷酸酶活性随柠条、天然草地、农地、苜蓿呈依次降低的趋势。由显著性分析可以发现, 农田退耕后不同植被恢复下, 表层 0–5 cm 和 5–20 cm 土层土壤的碱性磷酸酶活性均为天然草地、柠条同农地呈显著性差异 ($P < 0.05, n = 3$), 苜蓿同农地之间差异不显著 ($P < 0.05, n = 3$); 20–40 cm 土层则为柠条、天然草地同农地之间差异显著 ($P < 0.05, n = 3$), 苜蓿同农地之间差异不显著 ($P < 0.05, n = 3$)。

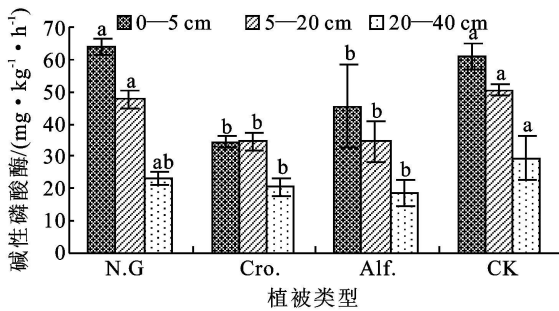


图 5 不同土地利用方式土壤碱性磷酸酶活性

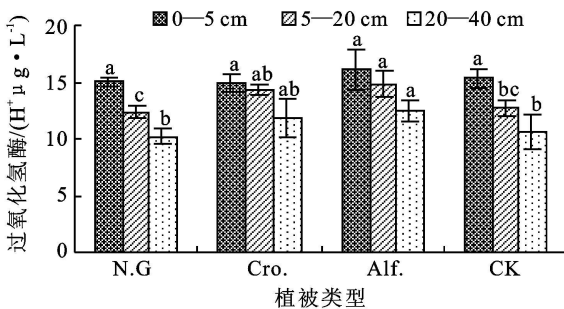


图 6 不同土地利用方式土壤过氧化氢酶活性

2.3.3 农田退耕后植被恢复对土壤过氧化氢酶活性的影响 由图 6 可知, 农田退耕后通过不同植被恢复

措施, 表层土壤过氧化氢酶活性稍微有所增强, 天然草地、苜蓿、柠条林地分别是农地的 1.01 倍、1.08 倍、1.03 倍; 5–20 cm 土层土壤过氧化氢酶活性随苜蓿、农地、柠条、天然草地呈降低趋势; 20–40 cm 土层土壤过氧化氢酶活性随苜蓿、农地、柠条、天然草地呈降低趋势。显著性分析发现: 表层土壤天然草地、苜蓿、柠条和农地的过氧化氢酶活性之间均无显著差异 ($P < 0.05, n = 3$); 苜蓿和农地的过氧化氢酶活性之间 5–20 cm 土层、20–40 cm 土层都存在显著差异 ($P < 0.05, n = 3$)。

2.3.4 农田退耕后植被恢复对土壤脲酶活性的影响

图 7 表明, 农田退耕后不同植被恢复下, 0–5 cm 土层土壤脲酶活性有所增强, 天然草地、柠条、苜蓿分别是农地的 2.70 倍、1.83 倍、1.18 倍, 5–20 cm 土层土壤脲酶活性随天然草地、柠条、农地、苜蓿呈降低趋势, 20–40 cm 土层土壤脲酶活性随柠条、天然草地、农地、苜蓿依次降低。由显著性分析可知, 农田退耕后通过不同的植被恢复措施, 表层、5–20 cm 土层、20–40 cm 土层土壤脲酶活性差异性相同: 苜蓿和农地之间无显著差异 ($P < 0.05, n = 3$), 柠条、天然草地和农地之间存在显著差异 ($P < 0.05, n = 3$)。

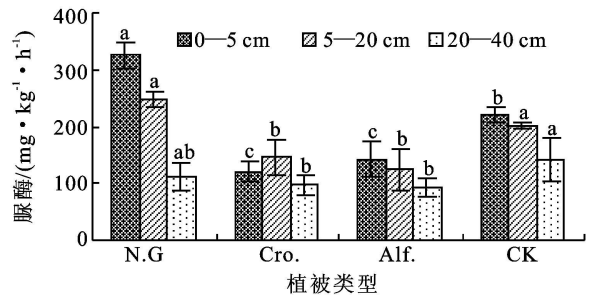


图 7 不同土地利用方式土壤脲酶活性

2.4 土壤微生物生物量、酶活性及养分的相关分析

由表 3 可知, 土壤微生物生物量碳同土壤有机质、碱解氮、全氮、速效钾呈极显著相关, 而同土壤速效磷不具有显著相关性; 微生物生物量氮同有机质、碱解氮、速效钾、速效磷具有极显著相关性, 与全氮具有显著相关性; 微生物生物量磷同有机质、碱解氮具有极显著相关性, 与速效钾具有显著相关性; 微生物生物量碳、氮、磷含量两两之间有极显著相关性或显著相关性。这进一步肯定了已有研究中的结论: 土壤微生物生物量碳、氮、磷在作为评价土壤质量的生物学指标时具有可行性和协同性^[11]。土壤酶活性与土壤养分之间的相关性分析可知: 土壤转化酶同速效钾、速效磷具有显著相关性; 碱性磷酸酶同有机质、速效钾、速效磷具有极显著相关性; 土壤过氧化氢酶同有机质、全氮、速效钾、速效磷具有极显著相关性, 与

碱解氮具有显著相关性; 土壤脲酶同土壤速效钾具有极显著相关性; 除脲酶和过氧化氢酶之间无相关性以外, 转化酶、磷酸酶、过氧化氢酶、脲酶两两之间具有显著相关性或极显著相关性。

表 3 土壤微生物生物量、酶活性及其养分之间的相关性分析

指标	有机质	碱解氮	全氮	速效钾	速效磷	微生物碳	微生物氮	微生物磷	转化酶	磷酸酶	过氧化氢酶	脲酶
有机质	1. 000	0.948 [*]	0.726 ^{**}	0. 853 ^{**}	0. 537	0. 947 [*]	0. 770 [*]	0. 817 ^{**}	0. 548	0. 591 [*]	0. 691 ^{**}	0. 361
碱解氮		1. 000	0.704 ^{**}	0. 850 ^{**}	0. 505	0. 955 [*]	0. 731 ^{**}	0. 699 ^{**}	0. 490	0. 515	0. 602 [*]	0. 277
全氮			1. 000	0. 576 [*]	0. 546	0. 742 [*]	0. 599 [*]	0. 535	0. 235	0. 204	0. 723 ^{**}	- 0. 141
速效钾				1. 000	0. 810 [*]	0. 855 [*]	0. 906 [*]	0. 685 [*]	0. 663 [*]	0. 730 [*]	0. 778 ^{**}	0. 561 ^{**}
速效磷					1. 000	0. 536	0. 805 ^{**}	0. 527	0. 646 [*]	0. 689 [*]	0. 895 ^{**}	0. 504
微生物碳						1. 000	0. 795 [*]	0. 776 ^{**}	0. 533	0. 554	0. 659 [*]	0. 291
微生物氮							1. 000	0. 614 [*]	0. 618 [*]	0. 663 [*]	0. 752 ^{**}	0. 459
微生物磷								1. 000	0. 579 [*]	0. 716 [*]	0. 741 ^{**}	0. 472
转化酶									1. 000	0. 920 [*]	0. 645 [*]	0. 870 ^{**}
磷酸酶										1. 000	0. 691 ^{**}	0. 914 ^{**}
过氧化氢酶											1. 000	0. 445
脲酶												1. 000

3 讨论

土壤微生物直接参与养分的转化和循环, 土壤微生物生物量的大小和转化能力直接影响植物对养分的吸收^[12], 同时, 植物的生长也对土壤微生物群落产生很大影响, 而植被类型、多样性和盖度的差异都会对土壤微生物产生不同影响^[13-15]。土壤中微生物生物量越高, 微生物群落活跃程度越高, 在一定程度上反映土壤生态系统具有越强的物质循环能力。土地利用是人类干预土壤质量最重要、最直接的活动, 通过对不同物质的时空配置和循环, 干扰和调整土壤生物地质循环过程, 从而使土壤肥力发生变化, 并且导致土壤生物学质量的改变^[16]。本研究将农田以及退耕后不同植被恢复下的土壤微生物生物量相比较, 讨论农田退耕后不同植被恢复对于土壤微生物活性的影响。由以上分析可知, 农田退耕后不同植被恢复下表层、5- 20 cm 土层、20- 40 cm 土层土壤微生物生物量碳含量是农地的 1. 04~ 3. 12 倍, 说明农田退耕有利于土壤微生物生物量碳含量的积累。这与前人的研究报道大概一致。Jenkinson 和 Powlson 对林地、草地、耕地表层土壤微生物生物量 C 的测定结果表明, 草地和林地土壤微生物生物量 C 为耕地土壤的 2~ 4 倍^[17]。其中天然草地和柠条的微生物生物量碳含量提升的幅度很大, 这也与已有报道相一致^[11]。天然草地相对人工植被恢复而言, 存在更加丰富的植物多样性, 另外草本植物不仅地上部分生长量大, 为土壤微生物提供大量凋落物, 而且根系发达, 密集于表层, 根系的分泌物和衰亡的根更是微生物丰富的能源物质^[17]。对于土壤微生物生物量氮含量而言, 本研究中农田退耕后通过不同植被恢复措施, 表层稍微

有所提升, 从相关性分析来看, 微生物生物量氮和微生物量碳、微生物生物量磷都有显著相关, 这可能是其他养分的协同作用而导致的; 5- 20 cm 土层和 20 - 40 cm 土层微生物生物量氮含量为农地偏高, 这可能与农田利用过程中有机无机肥料的施用有关, 外源物质的加入为土壤微生物提供了碳源, 使得土壤中微生物活动变得更加频繁, 相应地引起土壤微生物生物量氮含量的增多。和微生物生物量碳、氮相比, 微生物生物量磷含量对于不同植被恢复措施的响应比较小, 差异性比较均无显著差异就说明微生物生物量磷含量比较稳定。

土壤酶活性是土壤生物活性的总体表现, 反映了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程, 它可以作为衡量土壤肥力水平高低的较好指标^[18]。由酶活性的数据分析可以看出, 农田退耕后通过不同植被恢复措施, 表层土壤的转化酶活性、碱性磷酸酶活性、过氧化氢酶活性以及脲酶活性均有所提高, 其中脲酶活性提高的幅度最大, 为农地的 1. 95 倍, 碱性磷酸酶、转化酶次之, 过氧化氢酶活性变化的幅度最小; 5- 20 cm 土层的土壤转化酶活性、碱性磷酸酶活性也有一定幅度的提高, 但是幅度比较小。植物根系分泌物、残体(含凋落物和根系脱落物) 在土壤分解过程中刺激了微生物活动, 从而增加了土壤酶活性^[19]。农田退耕后, 实施不同的植被恢复措施, 进入土壤中的植物凋谢相对农田较多, 归还给土壤的物质多并且丰富, 相应地引起土壤中微生物数量的增多, 这就使得植物- 土壤之间的互动机制得到充分发挥。天然草地可明显提高土壤的转化酶活性和碱性磷酸酶活性, 这与已有报道结论相一致^[20]。天然草地、柠条可明显提高土壤的碱性磷酸酶活性和脲酶, 有研究已明确

指出碱性磷酸酶和脲酶可以作为评价土壤肥力的指标^[18], 这说明天然草地、柠条可以在一定程度上提高土壤肥力。

4 结论

农田退耕后通过天然草地、苜蓿、柠条三种植被恢复措施, 表层(0–5 cm 土层)土壤的养分, 除速效磷以外, 有机质、碱解氮、全氮、速效钾含量都有所提升; 土壤微生物生物量碳含量提高幅度比较大, 微生物生物量氮含量为农田较高, 微生物生物量磷则相对稳定; 表层(0–5 cm 土层)土壤的脲酶活性提高幅度最大, 碱性磷酸酶、转化酶次之, 过氧化氢酶活性变化的幅度最小。可见, 从微生物生物量和酶活性变化特征来看, 农田退耕后, 通过不同的植被恢复措施, 使土壤生态系统由以输出为主的农田生态系统转变为半封闭的人工生态系统, 土壤的生物肥力有所提高。

参考文献:

- [1] 薛玲仙, 郜志芹. 西部地区实施退耕还林的成就、问题与完善政策建议[J]. 新西部, 2010(6): 39–40.
- [2] Harris J A, Birch P. Soil microbial activity in opencast coal mine restoration[J]. Soil Use and Management, 1989, 5(4): 155–160.
- [3] 黄昌勇. 土壤学[M]. 1版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [4] 周玲玲, 孟亚利, 王友华, 等. 盐胁迫对棉田土壤微生物数量与酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(2): 242–246.
- [5] 刘雨, 郑粉莉, 安韶山, 等. 燕沟流域退耕地土壤有机碳、全氮和酶活性对植被恢复过程的响应[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 221–225.
- [6] Brookes P C, Landman A, Pruden G, et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen, a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1985, 17(6): 837–842.
- [7] Jenkinson D S, Powlson D S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil, a method for measuring soil biomass[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1976, 8(3): 209–213.
- [8] 杨绒, 赵满兴, 周建斌. 过硫酸钾氧化法测定溶液中全氮含量的研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(12): 107–111.
- [9] Brookes P C, Powlson D S, Jenkinson D S. Phosphorus in the soil microbial biomass[J]. Soil Biol Biochem., 1984, 16(2): 169–175.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 1999: 75–81.
- [11] 成毅, 安韶山, 李国辉, 等. 宁夏黄土丘陵区植被恢复对土壤养分和微生物生物量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 261–266.
- [12] Roy A, Singh K P. Dynamics of microbial biomass and nitrogen supply during primary succession on blastfurnace slag dumps in dry tropics[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2003, 35(3): 365–372.
- [13] 马建军, 李青丰, 张树礼. 沙棘与不同类型植被配置下土壤微生物、养分特征及相关性研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(6): 163–167.
- [14] Chung H, Zak D R, Reich P B, et al. Plant species richness, elevated CO₂, and atmospheric nitrogen deposition alter soil microbial community composition and function[J]. Global Change Biology, 2007, 13(5): 980–989.
- [15] 李骁, 王迎春. 土壤微生物多样性与植物多样性[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2006, 37(6): 708–713.
- [16] 王晓龙, 胡锋, 李辉信, 等. 红壤小流域不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 143–147.
- [17] Smith J L, Paul E A. The significance of soil microbial biomass estimations[M]// Bollag J M, Stotzky G. Soil Biochemistry. New York: Marcel Dekker, Inc, 1991: 359–396.
- [18] 董炜华, 梁品文, 郑直. 浅析土壤的生物肥力[J]. 长春师范学院学报: 自然科学版, 2010, 29(2): 88–93.
- [19] 徐雁, 向成华, 李贤伟. 土壤酶的研究概况[J]. 四川林业科技, 2010, 31(2): 14–19.
- [20] 刘梦云, 常庆瑞, 齐雁冰, 等. 宁南山区不同土地利用方式土壤酶活性特征研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(3): 68–70.