

退耕地表层土壤理化性质及酶活性变化特征^{*}

郑子成, 王永东, 李廷轩, 张锡洲, 吴德勇

(四川农业大学 资源环境学院, 四川 雅安 625014)

摘 要: 采用野外调查及室内试验相结合的方法, 就退耕地土壤理化性质及酶活性特征进行了研究。结果表明: (1) 土壤各粒级含量均表现为粉黏粒> 物理性黏粒> 黏粒, 其中枇杷园三种粒级含量均高于其它退耕地。(2) 土壤有机质的含量表现为杉树人工林> 桉树人工林> 枇杷园> 茶园> 撂荒地; 土壤阳离子交换量表现为桉树人工林> 枇杷园> 茶园> 撂荒地> 杉树人工林, 且不同退耕地间差异不显著; 全氮含量表现为撂荒地> 枇杷园> 茶园> 桉树人工林> 杉树人工林; 全磷含量表现为杉树人工林> 茶园> 撂荒地> 枇杷园> 桉树人工林; 土壤全钾含量表现为枇杷园> 桉树人工林> 茶园> 撂荒地> 杉木人工林。(3) 过氧化氢酶活性表现为杉树人工林> 撂荒地> 枇杷园> 茶园> 桉树人工林; 撂荒地和枇杷园脲酶的活性较高, 撂荒地和枇杷园的差异达极显著水平; 撂荒地碱性磷酸酶的活性最高, 茶园碱性磷酸酶的活性最低; 酸性磷酸酶的活性表现为杉树人工林> 桉树人工林> 枇杷园> 撂荒地> 茶园。(4) 土壤质量综合指数的变化趋势表现为杉木人工林> 桉树人工林> 茶园> 枇杷园> 撂荒地。

关键词: 土壤机械组成; 土壤化学性质; 土壤酶活性; 退耕地

中图分类号: S153; S154.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0208-04

Research on Soil Physical and Chemical Properties and Enzyme Activity of Abandoned Cropland

ZHENG Zi-cheng, WANG Yong-dong, LI Ting-xuan, ZHANG Xi-zhou, WU De-yong

(College of Resources and Environment, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

Abstract: By the method of field investigation and laboratory analysis, the characteristics of soil physical-chemical properties and enzyme activity were studied to the abandoned cropland. The results showed that: (1) The content of soil grain grade ranking from small amount to much was powder viscous grain> physical viscous grain> viscous grain, and the amount of the three kinds of grain in the loquat garden were all more than those under the other conditions. (2) The content of soil organic matter rank was fir plantation> eucalyptus plantation> loquat garden> tea garden> abandoned land. The cation exchange capacity was eucalyptus plantation> loquat garden> tea garden> abandoned land> fir plantation, but there were no significant differences between different land uses. The total nitrogen content ranking from small amount to much was abandoned land> loquat garden> tea garden> fir plantation> eucalyptus plantation, the total phosphorus content rank was fir plantation> tea garden> abandoned land> loquat garden> eucalyptus plantation, the total potassium content rank was loquat garden> eucalyptus plantation> tea garden> abandoned land> fir plantation. (3) The activity of catalase ranking from strong to the weak was fir plantation> abandoned land> loquat garden> tea garden> eucalyptus plantation. The activity of urease in abandoned land and loquat garden was stronger, and the differences between the two were very obvious. The activity of alkaline phosphatase in abandoned land was the strongest while the tea garden's was the weakest, and the activity of the acidic phosphatase rank was fir plantation> eucalyptus plantation> loquat garden> abandoned land> tea garden. (4) The change trend of soil quality comprehensive index was fir plantation> eu-

^{*} 收稿日期: 2009-12-14

基金项目: 国家自然科学基金(40901138); 四川省教育厅重点项目(07ZA059); 四川省科技厅应用基础项目(2008JY0022); 地表过程与资源生态国家重点实验室开放基金资助项目(2008-KF-05); 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放研究基金

作者简介: 郑子成(1976-), 博士, 副教授, 从事土壤生态与水土保持研究。E-mail: zichengzheng@yahoo.com.cn

通信作者: 李廷轩(1966-), 教授, 博士生导师, 主要从事土壤生态与植物营养研究。E-mail: litinx@263.net

calyptus plantation> tea garden> loquat garden> abandoned land.

Key words: soil particle size distribution; soil chemical properties; soil enzyme activity; abandoned cropland

不同土地利用方式将引起土壤物理、化学和生物学特性的变化,合理的土地利用方式可以改善土壤结构,增强土壤对外界环境变化的抵抗力。土壤酶是土壤营养代谢的重要驱动力,在土壤物质和能量转化过程中起着重要的催化作用,反映了土壤中各种生物化学活性的高低和土壤养分转化强度与方向,其活性是土壤肥力评价的重要指标之一^[1-3]。土壤质量主要取决于土壤的肥力,由于土壤肥力形成机制的复杂性,目前评价指标不尽一致。从 20 世纪 90 年代开始,川西地区根据当地自然条件,结合“退耕还林”和“天保工程”,实行退耕还林还茶,旨在构建长江上游生态屏障。目前,这一区域研究主要集中在植被群落重建、生物多样性等方面,而对退耕还林还茶后土壤理化性质以及土壤酶的活性强度研究甚少。因此,本文选择了长江上游低山丘陵区退耕地作为研究对象,开展退耕地土壤理化性质及酶活性的分布

特征研究,旨在了解该区退耕地土壤质量状况,以期寻求提高土壤质量的最佳土地利用方式,为区域土壤可持续发展及土壤生态恢复提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区域位于四川省名山县中峰乡,地处四川盆地西缘,海拔 500~ 900 m,属于典型的低山丘陵区。该区气候属亚热带季风性湿润气候,四季分明,气候温和,雨量充沛,年降雨量在 1 500 mm 以上,年际变化幅度大,主要集中在 6- 9 月,约占全年的 72.6%,年均气温 15.4℃,日照 953 h,无霜期 294 d。区内为低山丘陵地貌,出露地层为中生代以后的沉积岩,土壤类型为第四纪老冲积物发育而成的黄壤。目前,主要退耕地的利用方式为茶园、枇杷园、桉树人工林、杉木人工林、撂荒地,其基本情况见表 1。

表 1 退耕地基本情况

退耕地 利用方式	立地因子		林分		有机质/ (g·kg ⁻¹)	植被类型
	海拔/m	坡度/(°)	林冠郁闭度	草本层覆盖度/%		
撂荒地	740	28	-	50	28.19	棕叶狗尾草、蕨、芒
桉树人工林	738	30	0.40	80	36.40	桉树、蕨、四季竹等
杉木人工林	728	35	0.85	65	43.27	杉木、油樟、桉木、松树、山楂树等
茶园	742	30	0.60	45	29.11	茶树、零星杉木
枇杷园	751	30	0.60	50	35.84	枇杷、少量蕨、四季竹

1.2 研究方法

1.2.1 野外采样 在野外调查的基础上,基于退耕地、地形等因素,选取撂荒地、桉树人工林、杉树人工林、茶园和枇杷园共 5 种土地利用类型,在每一土地利用方式下,布设 5 个样方,在每一样方内按“梅花”型布点,于 2008 年 9 月上旬采集 0- 20 cm 土层混合土样,带回室内自然风干,用于土壤理化性质的测定。

1.2.2 测定项目及方法 土壤机械组成、全氮、全磷、全钾、有机质、pH 均采用常规分析方法测定^[4]。

土壤脲酶采用靛酚比色法,其活性以 24 h 后 1.0 g 土壤中 NH₃-N 的毫克数表示;磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法,其活性以 2 h 后 100 g 土壤中 P₂O₅ 的毫克数表示,过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法,其活性以 20 min 后 1.0 g 土壤中消耗的 0.02 mol/L 高锰酸钾的毫升数表示^[5]。

1.2.3 土壤质量综合指数 利用 SPSS 软件计算各因子主成分的贡献率和累计贡献率,通过主成分分析的因子负荷量,得到相应的权重^[8]:

$$w_i = C_i / \sum_{i=1}^n C_i \tag{1}$$

式中: C_i ——第 i 个土壤肥力因子的因子负荷量; w_i ——第 i 项因子的权重。

不同土地利用方式的土壤综合质量指数 I_Q 的可通过下式计算^[9]:

$$I_Q = \sum_{i=1}^n (w_i Q_i) \tag{2}$$

式中: Q_i ——各因子的隶属度值。

2 结果与分析

2.1 土壤物理性质的变化特征

由图 1 可知,各退耕地土壤机械组成表现为粉黏粒> 物理性黏粒> 黏粒。除茶园外,其它土地利用方式< 0.05 mm 土壤粉黏粒含量均高于 80%,其中枇杷园的粉黏粒含量最高,达 86.91%,分别是桉树人工林和杉木人工林的 1.04 倍和 1.05 倍,是撂荒地的 1.07 倍,是茶园的 1.1 倍。撂荒地、桉树人工林、杉树人工林三种土地利用方式下粉黏粒的含量差异不显著,而茶园和枇杷园间存在极显著差异。

< 0.01 mm 的物理性黏粒的变化趋势为枇杷园 (66.08%) > 杉木人工林 (65.16%) > 桉树人工林 (64.52%) > 撂荒地 (61.97%) > 茶园 (60.48%)。其差异性与粉黏粒相似,即茶园与枇杷园间差异显著,而其它土地利用方式下差异却不显著。 < 0.001 mm 的黏粒较前两种粒级低,其中枇杷园的含量 (35.88%) 最高,是黏粒含量最低的撂荒地 (28.94%) 的 1.37 倍,是茶园含量的 1.23 倍,而两种林地之间的含量差异不大,约为枇杷园含量的 90%,黏粒的含量只有撂荒地和枇杷园之间存在极显著差异。

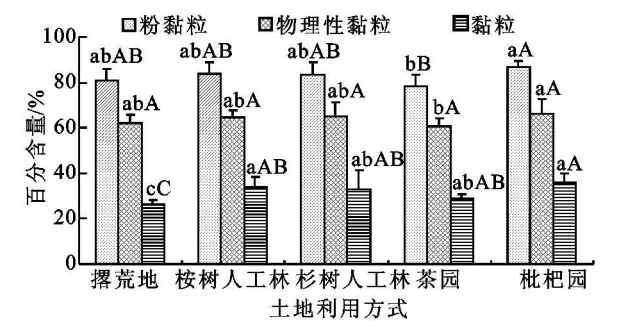


图 1 退耕地土壤机械组成的变化特征

此外,粉黏粒、物理性黏粒、黏粒的含量均为枇杷园最高,茶园和撂荒地最低,杉木人工林和桉树人工林的含量相近。有关研究表明,人工干预程度越大,土壤的黏粒含量呈逐渐减少的变化趋势^[6]。而茶园在所有土地方式中人工干预最强,但研究区域撂荒地的土壤处于退化耕地恢复阶段,故其黏粒含量也较低,枇杷园虽有一定的人工干预,却有利于土壤质地粘化。由此可见,土壤颗粒组成除受土壤质地和地理环境的影响外,还与土地利用方式密切相关。

2.2 土壤化学性质的变化特征

由表 2 可知,退耕地土壤均呈现出明显的酸化特征,pH 值最高的是桉树人工林 (4.40),最低的是杉树人工林 (3.79)。撂荒地和茶园的 pH 值接近且差异不显著,其它土地利用方式均存在极显著差异。土壤阳离子交换量 (CEC) 的变化特征表现为桉树人工林 > 枇杷园 > 茶园 > 撂荒地 > 杉树人工林,且不

同土地利用方式间差异不显著。土壤 CEC 的这种变换趋势主要与土壤质地和 pH 相关。前述分析可知,枇杷园的黏粒含量较高,而在枇杷园中土壤阳离子交换量较高,主要是因为土壤黏粒含量越高,土壤质地越黏重,所带的负电荷越多,阳离子交换量也越高^[7]。

退耕地土壤有机质含量表现为杉树人工林 > 桉树人工林 > 枇杷园 > 茶园 > 撂荒地,这主要是由于林地枯枝落叶多,土壤中的动物、微生物量丰富,有助于有机质的形成;茶园虽为灌木型,林下凋落物虽不及桉树幼林多,但由于定期的施肥,易于有机物质的积累;撂荒地以稀疏植被为主,有机质含量较低。桉树人工林与杉木人工林的有机质含量存在显著差异,这种差异与 pH 值变化相吻合;枇杷园与杉木人工林和撂荒地差异极显著,而茶园和除撂荒地以外的其它土地利用方式的差异显著。同时土壤有机质的变化趋势也与 CEC 的变化趋势一致,呈正相关。全氮含量表现为撂荒地 (1.18 g/kg) > 枇杷园 (1.0 g/kg) > 茶园 (0.79 g/kg) ≥ 桉树人工林 (0.786 g/kg) > 杉树人工林 (0.75 g/kg)。撂荒地的全氮含量最高,这一结果主要是由于撂荒地的前茬作物是茶叶,撂荒时,采取直接焚烧的方式进行,这样会增加土壤中氮素的含量^[8];茶园和枇杷园氮素含量较高,主要是因为人工施用氮肥,使土壤中氮素含量增高;相关研究发现,随着杉木的成长,会消耗土壤中大量的氮素,加之研究区杉木林均已成林,所以土壤的全氮含量相对较低。撂荒地与杉木人工林,茶园和枇杷园之间全氮含量存在极显著差异。杉树人工林的全磷最高 (0.53 g/kg),而茶园、撂荒地、枇杷园和桉树人工林的全磷含量分别为杉木人工林的 90%、90%、45% 和 32%。撂荒地、杉树人工林、茶园与桉树人工林、枇杷园之间全磷含量存在极显著差异。枇杷园的全钾含量 (25.42 g/kg) 是杉木人工林的 1.36 倍,撂荒地的 1.14 倍,茶园的 1.08 倍,桉树人工林的 1.05 倍。与全磷类似,撂荒地,桉树人工林和茶园不存在差异,而杉树人工林和枇杷园有显著差异。

表 2 退耕地土壤化学性质的变化特征

退耕地类型	CEC/(cmol·kg ⁻¹)	全氮/(g·kg ⁻¹)	全磷/(g·kg ⁻¹)	全钾/(g·kg ⁻¹)	有机质/(g·kg ⁻¹)	pH
撂荒地	11.61±1.15aA	1.18±0.22aA	0.48±0.07aA	22.21±3.82abA	28.19±4.36cC	4.00±0.06bCD
桉树人工林	11.75±1.83aA	0.79±0.12abAB	0.17±0.07bB	24.11±4.93abA	36.40±4.31bAB	4.40±0.09aA
杉树人工林	13.47±2.39aA	0.75±0.16bB	0.53±0.21aA	18.61±2.66bA	43.27±5.49aA	3.79±0.12cD
茶 园	11.99±1.95aA	0.79±0.26bB	0.48±0.12aA	23.50±6.49abA	29.11±2.19cBC	4.10±0.14bCD
枇杷园	13.22±2.01aA	1.00±0.23bB	0.24±0.09bB	25.42±7.13aA	35.84±2.18bB	4.32±0.23aAB

注:同一列小写字母表示 P<0.05 差异显著水平,大写字母表示 P<0.01 差异极显著水平,下同。

2.3 土壤酶活性变化特征

过氧化氢酶是参与物质和能量转化的一种重要

氧化还原酶,并与腐殖质的形成有关,所以其活性与土壤有机质及土壤理化状况密切相关。在一定程度

上可以表征土壤生物氧化过程的强弱^[9]。由表 3 可以看出, 过氧化氢酶的活性表现为杉树人工林> 撂荒地> 枇杷园> 茶园> 桉树人工林, 不同土地利用方式下差异不显著。桉树人工林的酶活性比杉树人工林降低了 20%, 而茶园酶的活性仅为杉木人工林的 82%。脲酶的活性可表征土壤氮素供应状况^[10-11], 其活性的提高有利于土壤有机氮向有效氮的转化, 提高土壤中氮素的含量。脲酶的活性表现为撂荒地和枇杷园的活性较高, 分别为 0.52 和 0.38, 这与不同土地利用方式下全氮的含量变化特征相一致, 枇杷园和茶园由于施肥的原因, 氮素含量较高。桉树人工林、杉木人工林和茶园脲酶活性差异不显著, 撂荒地和枇杷园差异达极显著水平。

碱性磷酸酶的活性, 撂荒地活性最高为 9.04, 茶园碱性磷酸酶的活性最低为 4.19, 不到撂荒地的 50%。两种林地和两种园地之间差异不显著, 而撂

荒地 > 茶园和枇杷园之间存在显著差异。酸性磷酸酶的活性, 杉树人工林> 桉树人工林> 枇杷园> 撂荒地> 茶园, 杉木人工林的活性最高为 47.80, 茶园酶的活性最低为 27.20, 只有杉木人工林的 60%。撂荒地、茶园和枇杷园不存在差异, 而两种林地与其它退耕地之间存在极显著差异。

茶园与其他退耕地相比, 磷酸酶的含量最低; 过氧化氢酶, 酸性磷酸酶的活性都是杉木人工林最高, 而脲酶的活性在这种土地利用方式下最低, 这与全氮的含量相关; 撂荒地中碱性磷酸酶的活性和脲酶的活性都最高。

2.4 土壤质量的综合评价

由表 4 可知, 13 个土壤质量因子中, 前 4 个质量因子的累计贡献率达到 77.55%, 作为主成分因子。可以综合反映出所有土壤质量要素的绝大部分差异信息。

表 3 退耕地土壤酶的活性特征

土地利用方式	过氧化氢酶	脲酶	碱性磷酸酶	酸性磷酸酶
	(ml/ g · 20min)	(mg/ g · 24h)	(mg/ 100g · 2h)	(mg/ 100g · 2h)
撂荒地	1.62±0.18aA	0.52±0.09aA	9.04±5.14aA	29.03±10.50bB
桉树人工林	1.48±0.61aA	0.27±0.03cBC	5.80±2.53abA	38.24±9.31abAB
杉树人工林	1.84±0.76aA	0.25±0.03cC	7.88±2.15abA	47.80±7.07aA
茶园	1.50±0.45aA	0.32±0.09bcBC	4.19±1.17bA	27.20±13.44bB
枇杷园	1.61±0.48aA	0.38±0.05bB	4.46±0.78bA	29.95±7.28bB

表 4 土壤质量因子主成分分析

项 目	粉黏粒	物理性黏粒	黏粒	CEC	TK	TP	TN	pH	OM	过氧化氢酶	脲酶	酸性磷酸酶	碱性磷酸酶
贡献率	34.74	19.11	14.29	9.30	7.05	5.52	2.90	2.54	1.88	1.01	0.69	0.61	0.26
累计贡献率	34.74	53.86	68.25	77.55	84.59	90.12	93.02	95.55	97.43	98.44	99.13	99.74	100
因子负荷量	0.38	0.36	0.22	0.003	0.15	0.10	0.09	0.11	0.05	0.06	0.16	0.02	0.16
权重	0.20	0.19	0.12	0.002	0.08	0.06	0.05	0.06	0.03	0.03	0.08	0.008	0.08

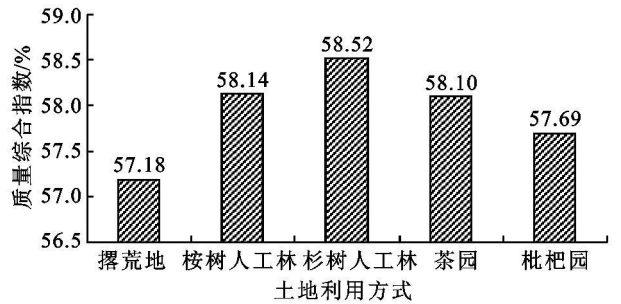


图 2 不同土地利用方式的土壤质量综合指数

从土壤质量综合指数 I_q 大小可知(图 2), 各退耕地土壤的质量存在一定的差异, 但是这种差异并不明显。各退耕地土壤质量变化的次序为杉木人工林(58.52%)> 桉树人工林(58.14%)> 茶园(58.10%)> 枇杷园(57.69%)> 撂荒地(57.18%)。结果表明, 林地有良好的生态环境, 保持了较高水平

的土壤质量; 而随着人为因素的干预(如耕作、不合理的开采和土地利用)的加强, 土壤的养分易于流失, 土壤的质量呈现一个下降的趋势。

3 结 论

随着退耕方式的变化, 退耕地土壤机械组成表现为粉黏粒> 物理性黏粒> 黏粒。粉黏粒、物理性黏粒、黏粒的含量均为枇杷园最高, 茶园或撂荒地最低, 杉木人工林和桉树人工林的含量相近; 随着退耕方式的变化, 土壤化学及酶活性均有一定程度的变化。总体而言, 园地变化幅度较大, 撂荒地次之, 林地最小; 退耕地土壤质量变化为杉木人工林> 桉树人工林> 茶园> 枇杷园> 撂荒地, 且它们之间差异不明显。

(下转第 284 页)

2.3 要通过政策和财政补贴资助发展乡村林业

森林具有重要的生态服务功能, 农民发展乡村林业所获得的木材、薪材和各种林副产品收入, 只是森林全部收益的一小部分, 相关投入和更多的效益应通过“森林生态效益补偿基金制度”, 由有关部门、受益行业或政府予以补偿。

2.4 小流域治理要依靠乡村林业

小流域治理需要山、水、田、林、路合理规划, 综合治理, 需要保护现有的古树名树, 建设农田林网, 推进绿色通道建设。村落是小流域的基本单位, 对地域特色的形成和文化传统的传承具有重要的意义^[5-7]。对古树、古建筑要加以保护, 栽种景观或经济类树种, 增加环境的绿色和新气象, 形成整洁的村容村貌, 茂密的树木植被、清澈的水塘与河流、防护林带、经济林果、苗木花卉、绿色通道、湿地河道等人居环境优美, 文化特色鲜明的和谐田园应是小流域治理的重要内容。

2.5 发展乡村林业, 促进生态文化建设

农村自然条件各异, 不同地域有不同自然景观和树木森林, 形成丰富多彩的文化现象, 如森林文化、竹文化、花文化、湿地文化、自然保护区文化等, 为人们提供各种各具特色的物质产品和精神文化服务。在小流域治理中, 通过乡村林业发展景观林、经济林、果树园艺业等, 对休闲农业、观光农业和旅游农业的建设具有重要作用。

2.6 培训农民林业知识技能, 提高乡村林业发展水平
要使农民从根本上转变传统的生产方式或某些

不适宜的生活方式和价值观, 适应小流域治理需求, 帮助农民转变观念, 认识林业在生态环境方面的重要性, 确立尊重多样性和以生态为中心的价值观。通过各种传媒信息或通过观摩、体验、示范和接受培训, 提高农民结合技能。让广大农民了解林业的普通栽培抚育知识、生态系统功能科普知识和专业化扩展的相关知识, 让部分农民专业户了解林业的生物技术, 生态系统功能知识。在林木抚育和发展林业事业中, 需要有培育、保护、经营和开发等科技知识的支撑, 林业专业户还需要有接受科技成果推广应用的能力。

参考文献

[1] 徐国帧. 乡村林业[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 46-78.

[2] 王礼先. 流域治理与林业科学[J]. 世界林业研究, 1991, 4(4): 50-56.

[3] 苏杰南, 秦秀华, 温中林. 乡村林业在社会主义新农村建设中的作用[J]. 科技创新导报, 2008(22): 255-256.

[4] 唐洪潜, 杜受祐. 林地、林木权属与社会林业[M]. 成都: 四川科技大学出版社, 1995: 10-12.

[5] 张丽君. 新农村建设中河南贫困山区林业发展研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(12): 5215-5216, 5229.

[6] 江泽慧. 中国林业发展与新农村建设[J]. 林业经济, 2006(5): 3-5.

[7] 佟福锁, 楼浙辉, 欧斌. 新农村建设中基于生态理念的林业发展[J]. 南京林业大学学报: 人文社会科学版, 2008, 8(2): 108-114.

(上接第 211 页)

参考文献:

[1] 曹慧, 杨洁, 孙波, 等. 太湖流域丘陵地区土壤养分的空间变异[J]. 土壤, 2002, 34(4): 201-205.

[2] 贺明蔡, 冷寿慈. 桃粮间作对土壤养分状况及土壤生物活性的影响[J]. 土壤通报, 1994, 25(4): 188-189.

[3] 白文娟, 焦菊英. 黄土丘陵沟壑区退耕地主要自然恢复植物群落的多样性分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 140-145.

[4] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 142-168.

[5] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 67-80.

[6] 郑立臣, 宇万太, 马强, 等. 农田土壤肥力综合评价研究进展[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 156-161.

[7] 黄昌勇, 李保国, 徐建明, 等. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

[8] 陈尚洪, 刘定辉, 朱钟麟, 等. 四川盆地秸秆还田免耕对土壤养分及碳库的影响[J]. 中国水土保持科学, 2008(6): 54-56.

[9] 邱莉萍, 张兴昌. 子午岭不同土地利用方式对土壤性质的影响[J]. 自然资源学报, 2006, 11(6): 965-972.

[10] 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.

[11] 杨鹏, 薛立, 陈红, 等. 不同混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 湖南林业科技, 2004, 31(4): 43-45.