

澜沧江上游不同土地利用类型土壤 氮含量与土壤酶活性研究^{*}

左智天^{1,3}, 田 昆³, 向仕敏², 陆 梅¹, 李吉玉¹

(1. 西南林学院 环境科学与工程系, 昆明 650224; 2. 贵州省都匀市 黔南州林业局林政科, 贵州 都匀 558000;
3. 西南地区生物多样性保育国家林业局 重点实验室, 昆明 650224)

摘 要:通过对地处澜沧江上游滇西北山区大理洱源县炼铁乡的 6 种不同土地利用类型土壤氮含量与土壤酶活性变化进行分析, 探讨他们的变化及其相互关系, 为退化山地土壤的恢复与可持续利用提供理论依据。结果表明: (1) 不同土地利用类型下土壤氮含量、土壤酶活性均存在较大差异。旱冬瓜林地聚积了丰富的养分, 土壤生态环境良好, 土壤氮含量、土壤酶活性均大于其他土地利用类型。不同土地利用类型土壤氮含量、土壤酶活性的差异, 能比较客观地反映出退化程度的不同。(2) 无论是哪一种土地利用类型均表现出土壤氮含量越高, 土壤酶活性越高。在氮素循环转化的过程中, 氮素营养逐渐衰减, 土壤酶活性也随之降低, 土壤发生不同程度的退化。(3) 从土壤垂直剖面上看, 土壤氮含量与土壤酶活性均随土层加深呈明显下降趋势, 可以看出土地利用类型、人为活动对土壤氮含量与土壤酶活性的影响主要集中在表层(A 层)。(4) 土壤氮含量与土壤酶活性存在一定相关。土壤氮含量和土壤酶活性的降低均会导致土壤退化程度的加深。

关键词:土地利用类型; 土壤氮含量; 土壤酶活性

中图分类号: S153.61; S154.2; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)04-0280-06

Soil Nitrogen Content and Enzyme Activity in Different Utilization Types of Land in the Upper Reaches of Lancang River

ZUO Zhi-tian^{1,3}, TIAN Kun³, XIANG Shi-min², LU Mei¹, LI Ji-yu¹

(1. Department of Environment Science and Engineering, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China; 2. Guizhou Duyun Qiannan Forestry Bureau, Guizhou 558000, China; 3. Southwest Biodiversity Conservation Laboratory, the State Forestry Administration, Kunming 650224, China;)

Abstract: Nitrogen content and enzyme activity under six different kinds of soil utilization types in Eryuan County in Northwest Yunnan mountainous area of the upper reaches of Lancang River were studied, the changes in soil nitrogen and enzyme activities and the interrelationship between these two parameters in these lands were examined in order to restore the deteriorated soils in the mountainous region and provide the theory basis on sustainable land uses. The results showed that: (1) Soil nitrogen content and enzyme activities were different in different land utilization types, which reflected the different degree of soil degradation. Rich nutrients were accumulated in *Alnus nepalensis* forest land, and the soil ecological environment were good, namely soil nitrogen content and enzyme activity were greater than other land utilization types; (2) Under all kinds of land utilization types, the higher is the soil nitrogen content, the greater is the enzyme activity. In the process of nitrogen cycling, the soil enzyme activity decreased with the nitrogen decayed and soil also degraded in various degrees; (3) From the vertical profile of the soil, the land utilization and human activities affected surface layers in these lands since the soil nitrogen content and enzyme activity decreased with the depth of soil profile; (4) Soil nitrogen content had certain correlation with soil

^{*} 收稿日期: 2008-12-09

基金项目: 云南省自然科学基金(2001C0044M)

作者简介: 左智天(1984-), 女, 云南保山人, 硕士研究生, 主要从事土壤特性方面的研究。E-mail: zztian0331@yahoo.com.cn

通信作者: 田昆(1957-), 男, 山西长治人, 博士, 教授, 主要从事环境土壤和湿地生态研究。E-mail: tlkuny@126.com

enzyme activity. The degree of soil degradation became serious along with decrease in soil nitrogen content and the soil enzyme activity.

Key words :land use types ; soil nitrogen content ; soil enzyme activity

氮素是作物生长所必需的营养元素,土壤中氮素的丰缺及供给状况直接影响作物的生长发育。土壤酶是土壤的组成成分之一,数量虽小,但作用颇大,土壤酶作为一类具有专性催化作用的蛋白质,参与了土壤中许多重要的生物化学过程,其活性可以反映土壤中生物代谢和物质转化过程及其程度。进入土壤和累积在土壤中的含氮有机化合物经复杂的生物化学转化,最后转变为植物可以利用的形式,在其转化的每一阶段,均有专性的土壤酶类参与^[1]。因此,不同土壤酶活性的差异也代表着不同土壤氮素的转化情况。从植被类型不同研究氮素营养状况或从不同土地利用方式研究土壤酶活性的报道等较多^[2-5],但是从不同土地利用类型、不同土层的土壤氮含量与土壤酶活性相结合的研究报道少见。针对滇西典型山地不同土地利用类型土壤氮素营养与土壤酶活性开展研究,旨在为退化山地土壤的恢复与可持续利用提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区大理洱源县炼铁乡地处澜沧江上游山区,其地理位置为北纬 25°55′ - 26°00′,东经 99°48′45″ - 99°52′30″,海拔高度多在 3 000 m 以上,属北亚热带高原季风气候。该地区土壤母质为片麻岩、大理岩、滨海 - 浅海相沉积的砂砾岩、白色砂岩夹紫色砂页岩、褐煤层及泥岩,以及河流两岸的洪积母质,土壤类型有红壤、暗棕壤、黄红壤等,其土壤质地黏重,养分贫瘠,通透性差。区内植物种类繁多且分异明显,因过度砍伐和垦荒垦殖,原始植被已消失殆尽,逐渐被次

生植被和人工林所代替,其主要植被类型有旱冬瓜 (*Alnus nepalensis*),桉树 (*Eucalyptus spp.*),云南松 (*Pinus yunnanensis*),梨树 (*Prunus bretschnideri*),桤木 (*Alnus cremastogyne*),圣诞树 (*Acacia dealbata*) 等。研究区现存主要林分类型有旱冬瓜林、桉树林、云南松林、梨树果园、桤木 + 圣诞树混交林、农耕地,其中旱冬瓜林人为干扰较小,森林环境保存较好,其它 5 种类型为原始植被破坏后的次生林和人工栽培利用 (经济林、农作物) 类型。6 种利用类型的林分状况及其样地的环境条件见表 1。

1.2 样品采集与研究方法

采用野外采样及室内分析的方法,根据人为干扰程度,选取干扰较少旱冬瓜林作为研究参照,同时针对当地居民对土地利用方式的不同,分别选取遭受人为干扰较强的云南松林、桉树林、桤木 + 圣诞树混交林、梨树果园、农耕地作为研究样地。在 6 种不同利用类型的试验地中选取具代表性地段各设立 3 块样地,除去所选样点地面的植被和枯枝落叶,耕地只取 A 层土,其他利用类型分别在土壤垂直剖面上对土壤 A、B 层进行采样,剔除其树根、石砾等杂物,将土样充分混匀,带回实验室风干、研磨、过筛、保存。在实验室内对相关项目进行测定。过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法,脲酶采用靛酚比色法,蛋白酶采用改良的茚三酮比色法,蔗糖酶采用 Hofmann 与 Seegerer 法;并按南京土壤所出版的《土壤理化分析手册》中所述方法测定土壤全氮、水解氮、铵态氮、硝态氮、速效钾、速效磷、有机质、酸碱度等。所有数据采用 Microsoft Excel 整理、分析,并运用 SPSS11.5 进行相关分析。

表 1 不同利用类型样地基本情况

林分类型	海拔/m	林分年龄/a	坡度/(°)	坡位	坡向	土壤类型	郁闭度
旱冬瓜林	2481 ~ 2498	> 40	25	上、中、下坡	半阳坡	红壤	0.6
	1944	40	28	上坡	半阳坡	红壤	0.5
云南松林	1954		7	中坡	半阴坡	红壤	0.4
	1968		25	中坡	阳坡	黄红壤	0.3
梨树果园	1893 ~ 1901	10	3	上、中、下坡	阳坡	黄红壤	0.2
桉树林	1887 ~ 1912	20	12 ~ 17	上、中、下坡	阳坡	黄红壤	0.2
生态混交林	1986 ~ 1987	7	1 ~ 2	上坡	阳坡	红壤	0.4
	1894 (小麦)	-	17	中坡	阳坡	耕作土	-
农耕地	1878 (蚕豆)		15	上坡			
	1863 (豌豆)		17	下坡			

2 结果与分析

2.1 不同利用类型土壤氮含量分析

不同土地利用方式必然引起土地经营过程和土壤性质的变化,进而使土壤氮素含量发生改变。不同土地利用类型土壤氮素含量有显著的差异,结果见表 2。

6 种利用类型中以旱冬瓜林地土壤全氮含量最高,A 层土壤全氮含量高达 5 339 mg/kg,是其他利

用类型的 3.27~6.62 倍,其水解氮、铵态氮和硝态氮含量分别为其他利用类型的 1.81~3.76 倍,2.04~4.31 倍,1.91~4.74 倍。其后依次是生态混交林、耕地、梨树果园、桉树林、云南松林。旱冬瓜林地 B 层土壤全氮含量也高达 1 712 mg/kg,甚至高于其他利用类型 A 层土全氮含量,为其他利用类型的 1.33~3.61 倍,其水解氮、铵态氮和硝态氮含量分别为其他利用类型的 1.71~3.17 倍,1.72~3.09 倍,2.09~5.31 倍。

表 2 不同利用类型土壤理化性质

利用类型	土层	土壤含 有机质/ 水量/ %		全氮/ (mg·kg ⁻¹)	水解氮/ (mg·kg ⁻¹)	NH ₄ ⁺ - N/ (mg·kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ - N/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	pH
旱冬瓜林	A	23.05	12.08	5339	394.88	280.3	80.37	27.17	31.09	4.6
	B	18.74	5.60	1712	223.04	118.4	59.66	2.93	10.29	4.5
云南松林	A	7.45	2.49	806	145.10	84.79	27.16	5.48	9.59	5.3
	B	7.66	1.07	506	78.89	49.80	15.03	2.92	6.54	5.2
梨树果园	A	8.63	2.74	1231	183.08	114.00	42.07	36.00	9.28	5.3
	B	9.92	1.87	815	80.98	68.73	19.36	12.98	5.92	5.0
桉树林	A	8.74	2.46	1024	163.36	115.80	20.81	2.24	13.86	5.1
	B	7.36	0.93	474	70.28	38.37	11.23	3.82	7.27	5.0
生态混交林	A	9.24	4.30	1632	218.14	137.30	31.74	3.22	8.18	4.8
	B	10.05	2.27	1288	130.23	57.91	28.48	1.49	6.44	4.8
耕地	A	11.79	2.73	1411	105.11	65.11	16.95	9.31	19.57	7.7

旱冬瓜林地土壤氮含量与其生长环境有密不可分的关系。旱冬瓜林是该研究区正向演替的顶级群落,免受人为干扰或所受干扰较小,土壤内部系统协调稳定,且旱冬瓜为具有固氮功能的阔叶树种,林分的枯落物量大,易分解,归还土壤的养分含量多,所以旱冬瓜林下土壤氮素积累较其他利用类型丰富。除旱冬瓜林,相对来看,桉木+圣诞树混交林土壤氮素含量较其他利用类型高,主要因为该利用类型采取近自然的管理和固氮树种搭配的混交,固氮树种的固氮作用使氮素积累速率增加,使其土壤肥力得到很大的改善和恢复。梨树果园和耕地的氮含量偏低,可能由于林分土壤经过翻耕,土壤有机质易于矿化分解,部分氮素淋失。云南松林和桉树林地土壤氮含量较低。云南松林,树种单一,林下植被稀少,凋落物的有机残体组成含一些难分解物质,分解速度较缓慢,导致返回土壤的养分少;且林下的松针常被当地居民掠走作燃料或沤肥,无法进行生物循环,即切断了养分补充源。桉树林却生长 26 a 平均胸径不到 10 cm,这可能是由于桉树自身的排他作用使得林下缺乏植被;人们为了获取经济利益,过度采

摘枝叶提炼桉油,缺乏科学管理,使生物循环无法良性进行,土壤养分无法归还于土壤;而且,桉树林为速生树种,在其生长过程中需要大量速效养分。

从速效氮含量看,无论是哪一种利用类型或哪一个土层,铵态氮含量都明显高于硝态氮含量,可能因为铵态氮在土壤中主要以吸附态存在,吸附位点多,铵态氮含量就高,而硝态氮则不易被土壤吸附,易遭淋失^[6]。

2.2 不同利用类型土壤酶活性分析

不同土地利用类型土壤酶活性有显著的差异,结果见表 3。6 种利用类型中以旱冬瓜林地土壤脲酶活性偏高,A 层土中,旱冬瓜林地土壤脲酶活性高达 67.977 mg/g,远远高于其他利用类型,是其他利用类型的 1.72~3.43 倍,其过氧化氢酶活性、蛋白酶活性和蔗糖酶活性分别为其他利用类型的 1.2~1.95 倍,1.22~2.25 倍,1.36~3.28 倍。其后依次是桉树林、生态混交林、云南松林、耕地、梨树果园。B 层土中,生态混交林土壤脲酶活性和蔗糖酶活性最高,高达 17.157、0.377 ml/g,除此之外,旱冬瓜林土壤酶活性均为最高,其过氧化氢酶活性、脲酶活

性、蛋白酶活性和蔗糖酶活性分别为其他利用类型的 1.39 ~ 2.6 倍,1.21 ~ 3.71 倍,1.05 ~ 1.56 倍,1.04 ~ 2.68 倍。

旱冬瓜林土壤肥力性状好,表层土壤疏松,通气性好,有机质和氮含量高,能够提供充足的酶促底物来激活酶活性。云南松林土壤过氧化氢酶活性仅次于旱冬瓜林,高于其他利用类型,而其养分含量均不

高,可能是土壤真菌数量多的原因。有研究表明:通常情况下,针叶林的真菌数量都比阔叶林的数量多,而真菌能分解纤维素、半纤维素和木质素等难分解物质^[7],为其提供酶促底物。总的来看,梨树果园土壤酶活性均偏低,这可能是因为梨树根系当年死亡量少,枯枝落叶少且主要分布在地表,回归的土壤养分含量低,不能提供充足的酶促底物。

表 3 不同利用类型土壤酶活性变化

利用类型	土层	过氧化氢酶/ (ml · g ⁻¹)	脲酶/ (mg · g ⁻¹)	蛋白酶/ (mg · g ⁻¹)	蔗糖酶/ (ml · g ⁻¹)
旱冬瓜林	A	0.767	67.977	5.227	0.846
	B	0.455	16.784	3.824	0.330
云南松林	A	0.641	25.310	3.077	0.465
	B	0.297	4.521	2.806	0.316
梨树果园	A	0.393	19.840	3.749	0.258
	B	0.175	13.847	2.450	0.123
桉树林	A	0.475	39.633	3.139	0.393
	B	0.327	11.686	2.723	0.269
生态混交林	A	0.568	31.145	4.283	0.621
	B	0.320	17.157	3.641	0.377
耕地	A	0.622	23.935	2.323	0.296

表 4 不同利用类型土壤氮含量与酶活性在 A、B 土层中的垂直变化

利用类型	全氮/ (mg · kg ⁻¹)	水解氮/ (mg · kg ⁻¹)	NH ₄ ⁺ - N/ (mg · kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ - N/ (mg · kg ⁻¹)	过氧化氢酶/ (ml · g ⁻¹)	脲酶/ (mg · g ⁻¹)	蛋白酶 / (mg · g ⁻¹)	蔗糖酶/ (ml · g ⁻¹)
旱冬瓜林 A/B	3.119	1.770	2.367	1.347	1.686	4.050	1.367	2.564
云南松林 A/B	1.593	1.839	1.703	1.807	2.158	5.598	1.097	1.472
梨树果园 A/B	1.510	2.261	1.659	2.173	2.246	1.433	1.530	2.098
桉树林 A/B	2.160	2.324	3.018	1.853	1.453	3.391	1.153	1.461
生态混交林 A/B	1.267	1.675	2.371	1.114	1.775	1.815	1.176	1.647

2.3 不同利用类型土壤氮含量与酶活性在 A、B 土层中的垂直变化

土壤氮含量与酶活性在 A、B 土层中的垂直变化因土地利用类型的不同存在一定差异。表 4 表明,A 层土壤的全氮含量是 B 层土壤的 3.119 ~ 1.267 倍,水解氮含量是 B 层土壤的 2.324 ~ 1.675 倍,铵态氮含量是 B 层土壤的 3.018 ~ 1.659 倍,硝态氮含量是 B 层土壤的 2.173 ~ 1.114 倍,过氧化氢酶活性是 B 层土壤的 2.246 ~ 1.453 倍,脲酶活性是 B 层土壤的 5.598 ~ 1.433 倍,蛋白酶活性是 B 层土壤的 1.530 ~ 1.097 倍,蔗糖酶活性是 B 层土壤的 2.564 ~ 1.461 倍,可见土壤氮含量与酶活性均随土层加深呈现出明显的下降趋势。

不同土地利用类型土壤 A 层较 B 层积累了较丰富的氮素营养,可能因为 A 层土壤有大量枯枝落

叶层,枯枝落叶能分解形成较多的腐殖质。土壤酶活性随土层的加深也呈下降趋势,这与有关报道酶活性一般出现表层富集效应一致^[8-9],这可能是由于土壤表层积累了较多的枯枝落叶和腐殖质,有机质含量高,有充分的营养源支持微生物的生长,加之水热条件和通气状况好,使微生物生长旺盛,代谢活跃,呼吸强度加大而使表层的土壤酶活性较高。

2.4 不同利用类型土壤氮素含量与土壤酶活性相关性分析

分析结果(表 5)表明:土壤氮含量与酶活性存在显著相关或极显著相关,与大多数研究结果相一致。不同土地利用类型土壤的全氮与水解氮、铵态氮、硝态氮含量呈极显著相关,相关系数分别为 0.922^{**} (P<0.01)、0.937^{**} (P<0.01)、0.865^{**} (P<0.01)。土壤水解氮与铵态氮、硝态氮呈极显

著相关, 相关系数分别为 0.975^{**} ($P < 0.01$)、 0.934^{**} ($P < 0.01$)。铵态氮和硝态氮相关系数为 0.877^{**} ($P < 0.01$)。不同利用类型土壤酶活性之间也呈一定的正相关, 其中, 蔗糖酶活性与过氧化氢酶活性、脲酶活性、蛋白酶活性均呈极显著相关, 相关系数分别为 0.797^{**} ($P < 0.01$)、 0.840^{**} ($P < 0.01$)、 0.830^{**} ($P < 0.01$)。土壤氮含量与土壤酶活性的变化, 从某种程度上反映了土壤肥力的变迁变化, 二者存在一定的相关性, 分析结果也显示: 二者呈一定的正相关关系。过氧化氢酶活性与土壤氮含量呈一定正相关, 而脲酶、蛋白酶和蔗糖酶这 3 种水解酶活性与土壤氮含量均呈显著相关 ($P < 0.01$) 或极显著相关 ($P < 0.01$), 表明脲酶、蛋白酶和蔗糖酶从某种程度上可以说明土壤的氮素供应状况。脲

酶与氮素中的铵态氮相关性最高, 其相关系数达 0.911^{**} ($P < 0.01$), 表明脲酶可能是影响铵态氮的主要因子。土壤脲酶是一种作用于线型酰胺键的水解酶, 能催化尿素和有机氮转化, 有利于铵态氮的形成, 而尿素的水解产物 - 氨是高等植物氮素营养的直接来源, 可用脲酶活性来表征土壤中有机态氮的转化情况^[10]; 而在土壤中呈交换性铵状态存在的铵态氮, 是可以为植物直接吸收利用的一种速效性氮素。蛋白酶、蔗糖酶与水解氮相关性最高, 究其原因, 两种酶均属水解酶, 蛋白质分解是土壤氮循环中重要环节, 蛋白酶是催化有机态氮分解为无机态氮的酶类, 其活性高, 说明土壤可利用态氮丰富。总的来看, 过氧化氢酶对氮素循环转化的影响不大, 而氮素含量与脲酶、蛋白酶和蔗糖酶活性之间相互影响较大。

表 5 土壤氮素含量与土壤酶活性相关性分析

性质	水解氮	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	过氧化氢酶	脲酶	蛋白酶	蔗糖酶
全 氮	0.922^{**}	0.937^{**}	0.865^{**}	0.664^*	0.868^{**}	0.809^{**}	0.807^{**}
水解氮		0.975^{**}	0.934^{**}	0.703^*	0.859^{**}	0.929^{**}	0.845^{**}
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$			0.877^{**}	0.683^*	0.911^{**}	0.867^{**}	0.832^{**}
$\text{NO}_3^- - \text{N}$				0.537	0.669^*	0.869^{**}	0.653^*
过氧化氢酶					0.775^{**}	0.531	0.797^{**}
脲 酶						0.707^*	0.840^{**}
蛋白酶							0.830^{**}

**表示在 0.01 水平下相关性极显著, *表示在 0.05 水平下相关性显著。

各种不同利用类型受人为干扰程度不同而引起不同程度的土壤退化, 影响了土壤微生物、土壤动物和植物根系的活动, 降低了土壤酶的分泌, 阻碍了受微生物活动影响及相应酶参与的各种土壤生化反应, 从而降低了土壤酶活性。在氮素循环转化的过程中, 氮素营养逐渐衰减, 其土壤酶活性也随之降低, 土壤发生不同程度的退化。

3 结 论

不同土地利用类型, 由于其利用类型、植被和人为干扰的不同使得土壤氮含量、土壤酶活性均存在明显差异, 总体表现为旱冬瓜林土壤性状较好, 其他 5 种利用类型均存在不同程度的退化, 即天然阔叶林破坏后, 无论代之以用材林、经济林或农作物都一定程度上诱导了氮素营养的衰减, 引起土壤一定程度上的退化。结果表明: (1) 不同土地利用类型下土壤氮含量、土壤酶活性均存在较大差异。旱冬瓜林地聚积了丰富的养分, 土壤生态环境良好, 土壤氮含量、土壤酶活性均大于其他土地利用类型。不同土地利用类型土壤氮含量、土壤酶活性的差异, 能比较

客观地反映出退化程度的不同。(2) 无论是哪一种土地利用类型均表现出土壤氮含量越高, 土壤酶活性越高。在氮素循环转化的过程中, 氮素营养逐渐衰减, 土壤酶活性也随之降低, 土壤发生不同程度的退化。(3) 从土壤垂直剖面上看, 土壤氮含量与土壤酶活性均随土层加深呈明显下降趋势, 可以看出土地利用类型、人为活动对土壤氮含量与土壤酶活性的影响主要集中在表层(A 层)。(4) 土壤氮含量与土壤酶活性存在一定相关。土壤氮含量和土壤酶活性的降低均会导致土壤退化程度的加深。

参考文献:

[1] 孙国荣, 彭永臻, 岳中辉, 等. 不同改良方法对盐碱土壤氮素营养状况的影响[J]. 植物研究, 2004, 3(24): 369-373.

[2] 王百群, 吴金水, 赵世伟, 等. 子午岭林区植被类型对土壤氮素的效应[J]. 水土保持通报, 2002, 6(22): 23-25.

[3] 马宗斌, 熊淑萍, 何建国, 等. 氮素形态对专用小麦中后期根际土壤微生物和酶活性的影响[J]. 生态学报, 2008, 4(28): 1544-1551.

- [4] 谈嫣蓉,蒲小鹏,张德罡,等.不同退化程度高寒草地土壤酶活性的研究[J].草原与草坪,2006(3):20-22.
- [5] 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):67-70.
- [6] 王敬国.植物营养的土壤化学[M].北京:北京农业大学出版社,1995:63-85.
- [7] 北京林业大学.土壤学[M].北京:中国林业出版社,2002.
- [8] 高明,周保同,魏朝富,等.不同耕作方式对稻田土壤动物、微生物及酶活性的影响研究[J].应用生态学报,2004,15(7):1177-1181.
- [9] 姜勇,梁文举,闻大中.免耕对农田土壤生物学特性的影响[J].土壤通报,2004,35(3):347-351.
- [10] 薛立,邱立刚,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] 毕江涛,贺达汉,黄泽勇,等.退化生态系统植被恢复过程中土壤微生物群落活性响应[J].水土保持学报,2008,4(22):195-200.
- [12] 蔡晓布,张永青,邵伟.不同退化程度高寒草原土壤肥力变化特征[J].生态学报,2008,3(28):1034-1044.
- [13] 李春艳,李传荣,许景伟,等.泥质海岸防护林土壤微生物、酶与土壤养分的研究[J].水土保持学报,2007,21(1):156-159.
- [14] 王耀生,张玉龙,黄毅,等.渗灌对保护地土壤脲酶和过氧化氢酶活性的影响[J].安徽农业科学,2006,34(1):103-105.
- [15] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:科学技术出版社,1978.
- [16] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987.
- [17] 薛莲,刘国彬,戴全厚,等.不同植被恢复模式黄土丘陵区侵蚀土壤微生物量的影响[J].自然资源学报,2007,22(1):20-26.
- [18] 秦嗣军,吕德国,李作轩,等.樱桃根际土壤酶活性与土壤养分动态变化及其关系研究[J].土壤通报,2006,37(6):1175-1178.
- [19] 陆梅,田昆,陈玉惠,等.高原湿地纳帕海退化土壤养分与酶活性研究[J].西南林学院学报,2004,24(1):34-37.
- [20] 杨涛,徐惠,方德华,等.樟子松林下土壤养分、微生物及酶活性的研究[J].土壤通报,2006,37(2):254-257.

欢迎订阅 2010 年《水土保持通报》

《水土保持通报》创刊于 1981 年,双月刊,中文版,属环境科学类期刊,连续 5 届被认定为我国中文核心期刊。主管单位为中国科学院,由中国科学院水利部水土保持研究所与水利部水土保持监测中心联合主办。被《中国科技论文统计源期刊》、《中国科学引文数据库统计源期刊》以及日本《科学技术文献速报(JICST)》、《中国期刊精品荟萃》等收编。本刊为 A4 开本,216 页/期。刊号为:ISSN 1000-288, CN 61-1094/X。国内邮发代号:52-167,国外发行代号:4721BM,定价:20.0 元/册。

办刊宗旨:紧密跟踪水土保持学科的发展动向,及时报道本学科前沿领域科学理论、技术创新及其实践应用研究最新成果,积极引导和推动水土保持学科和水土保持实践的发展与繁荣。

报道内容:土壤侵蚀、旱涝、滑坡、泥石流、风蚀等水土流失灾害的现状与发展动态;水土流失规律研究、监测预报技术研发成就与监测预报结果;水土流失治理措施与效益分析;水土流失地区生态环境建设与社会经济可持续发展研究;计算机、遥感工程、生物工程等边缘学科新技术、新理论、新方法在水土保持科研及其实践中的应用;国外水土流失现状及水土保持研究新动态等。

读者对象:从事水土保持科学技术研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人员;国内外环境科学、地学、农业、林业、水利等相关学科科教人员及大专院校师生。

地址:陕西省杨凌区西农路 26 号 中国科学院水利部水土保持研究所《水土保持通报》编辑部

邮编:712100

电话:(029)87018442

E-mail:bulletin@ms.iswc.ac.cn

http://www.iswc.ac.cn