

黄土高原沟壑区林草景观界面土壤养分、水分和微生物的研究

宋西德¹, 叶彦辉¹, 张 永¹, 曾德慧², 韩艳英³

(1 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016;

3 河南农业大学 林学院园艺学院, 河南 郑州 450002)

[摘 要] 对黄土高原沟壑区林草景观界面(包括林地、草地和林-草界面 3 种生态系统)土壤的养分(有机质、氮、磷、钾和 pH)含量、水分含量和微生物(细菌、真菌和放线菌)数量进行测定, 分析比较了其养分、水分和微生物分布特征。结果表明, 林草景观界面 3 种生态系统土壤养分分布不平衡, 有机质、全氮、水解氮和速效钾在 0~40 cm 土层的平均含量为林地>草地>林-草界面; 全磷平均含量为林地>林-草界面>草地; 速效磷平均含量为草地>林地>林-草界面; 全钾平均含量和 pH 为林-草界面>草地>林地; 各种养分含量在各生态系统土壤剖面中有明显的层次性, 表层 0~20 cm 土层的养分含量基本上高于 20~40 cm 土层; 不同土层的土壤水分在水平方向上, 随着水平距离梯度的变化表现出上升或下降的趋势, 草地和林地内水分变化不显著, 而在林-草界面内不同距离梯度上的含水量变化极显著; 随着土层深度的增加, 土壤平均含水量在草地区逐渐升高, 在刺槐林地中呈逐渐降低趋势, 而在林-草界面区域则表现为先降低后升高的趋势; 林草景观界面下土壤中各种微生物数量存在明显差异, 在总体数量上均以细菌为主, 占微生物总量的 98% 以上, 微生物总数量为林-草界面>草地>刺槐林地; 微生物数量的垂直动态明显, 林-草界面和草地 0~20 cm 土层数量较 20~40 cm 土层显著增多, 而林地 0~20 cm 土层微生物数量少于 20~40 cm 土层。

[关键词] 林-草界面; 土壤养分; 土壤水分; 微生物

[中图分类号] S718.55⁺3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)07-0055-06

Study on soil nutrients and moisture as well as soil microorganism at grassland-forestland interface in gully region of Loess Plateau

SONG Xi-de¹, YE Yan-hui¹, ZHANG Yong¹, ZENG De-hui², HAN Yan-ying³

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Applied Ecology,

Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016, China; 3 Forestry and Horticulture College,

He 'nan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: The content of soil nutrients and moisture as well as microorganisms quantity at the landscape interface of forestland-grassland in gully region of Loess Plateau were studied. The results showed that soil nutrients were unevenly distributed and there was obvious hierarchy characteristics in forestland, grassland and forestland-grassland; with changing horizontal distances, soil moisture showed increasing or reducing tendency between different soil layers in horizontal direction, and the soil moisture variation in forestland and grassland was insignificant but significant at the forestland-grassland boundary; the mean soil moisture content increased with the increasing of soil depths in grassland but reduced in forestland while and showed a tendency of increasing first then reducing in grassland-forestland interface; the popula-

* [收稿日期] 2007-01-09

[基金项目] 国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB111506)

[作者简介] 宋西德(1964-), 男, 陕西乾县人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事森林培育与防护林研究。

tions of soil-inhabiting microorganisms under the interface presented different for different kinds;the total amounts of microorganisms in forestland-grassland were higher than those in forestland and grassland. In addition ,the amount of microorganism in 0 - 20 cm soil layer was significantly much more than that in 20 - 40 cm ,and the microorganisms amounts changed a lot in vertical distribution.

Key words : forestland-grassland ;soil nutrient ;soil moisture ;microorganism

景观界面(landscape boundary)是两个或两个以上生态系统之间对水分、养分、能量等物质相互竞争的过渡地带,是生态系统与环境藕合动态过程的空间反应^[1]。界面概念最早源于 20 世纪初,美国生态学家 Clements 将 Ecotone 引入生态学,并将其定义为“相邻两个群落之间的交错区”。此后,有关 Ecotone 的研究引起了全球有关专家的重视,并开展了大量研究^[2]。森林作为一个完整系统与其邻近系统(如村落系统、农田生态系统、草地生态系统、水体生态系统等)所形成的界面,不但具有森林与邻近系统各自具备的某些特点,还具有森林及其邻近系统所不具有的特点,如界面内物种多样性可能都高于两系统,某些生态因子在界面层内的作用强度也不同于在两系统内^[3]。因此,对界面的研究具有非常重要的意义。

土壤养分、水分和微生物是森林生态系统的重要组成部分,其中养分和水分含量对林草生长有重要影响,微生物则参与土壤的物质循环和能量转化^[4],推动着土壤的代谢过程,从而影响着林草生长。长期以来,有关森林土壤养分、水分和微生物的研究较多^[5-10],但是关于林草景观界面的土壤养分、水分和微生物的研究相对较少。因此,本试验对黄土丘陵沟壑区人工刺槐林-草界面与其相邻两个生态系统之间土壤养分、水分和微生物的变化规律进行了研究,以期为该区的生态环境建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区设在陕西省永寿县马坊林场(108°08'E, 34°49'N)。该地年均气温 10.8℃,极端最高气温 38.9℃,极端最低气温 - 18.0℃;年均降水量 600 mm,多集中于 8~9 月;无霜期 210 d,全年日照 2 166.2 h,≥10℃年活动积温 3 476.3℃,属温带大陆性季风气候。土壤为黄土母质发育而来的黄壤土。标准地设在人工刺槐(*Robinia pseudoacacia*)林与草地交接的界面上,林草界面坡度在 6°左右,阳坡。刺槐林龄 8 年,密度 2 400 株/hm²,郁闭度 0.75,林地平均树高 5.1 m,平均胸径 3.0 cm。草地

植被主要有短叶卫矛(*Euonymus oblongifolius*)。林草景观界面的草本植物种类主要有短叶卫矛、赖草(*Leymus secalinus*)、狗娃花(*Heteropappus hispidus*)、白头翁(*Pulsatilla chinensis*)、白羊草(*Beckmannia ischaemum*)等。

1.2 样地设置

2004-06 在试验区内,选取具有典型特征的刺槐林草地景观界面,在刺槐林与草地之间有一明显边界,以此边界为 0 点,其中林地采样点为林内 4~24 m,林-草界面为林内 4 m 至草地内 4 m,草地为草地内 4~24 m。共设置 3 条向林内、草地各深入 24 m 的样线,样线间隔 10 m,在每条样线上 2,4,8,16 和 24 m 处取 0~20 和 20~40 cm 土壤样品,分别用土壤袋(利于土壤通气,方便带回)和无菌采样袋(保持土壤新鲜)收集后带回实验室,用以测定土壤养分含量和土壤微生物数量。采用土钻法在样线上每隔 2 m 采集 0~210 cm 土层土样,取样深度除表层为 10 cm 外,其余各层均为 20 cm,共采集 11 个层次的土样。林内各样点分别用 L2, L4, ..., L24 表示,草地内各样点分别用 G2, G4, ..., G24 表示。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤养分测定 土壤有机质(OM)采用重铬酸钾外加热氧化法测定,全氮(TN)采用凯氏蒸馏法测定,水解氮(AN)采用碱解扩散法测定,全磷(TP)采用 NaOH 烧融钼锑抗比色法测定,速效磷(AP)采用 NaHCO₃ 浸提钼锑抗比色法测定,全钾(TK)采用 NaOH 烧融火焰光度法测定,速效钾(AK)采用 1 mol/L NH₄Ac 浸提火焰光度法测定, pH 采用 pH 计测量。

1.3.2 土壤微生物数量分析 土壤微生物测定参照《土壤微生物研究法》^[11],土壤微生物区系分析采用平板分析法。细菌采用牛肉蛋白胨培养基,以稀释度为 10⁻⁵和 10⁻⁴的土壤稀释液接种;真菌采用查氏培养基,以稀释度为 10⁻³和 10⁻²的土壤稀释液接种;放线菌采用高氏 1 号琼脂培养基,以稀释度为 10⁻²和 10⁻¹的土壤稀释液接种。各区系分析均采用表面接种法接种,且每一处理设 3 个重复,接种后置 25~28℃温箱内培养,细菌在 18~36 h 检查,真

菌在 3~5 d 检查,放线菌在 7~10 d 检查,并对其菌落进行计数。利用 3 次重复的平均数进行试验数据统计分析。

1.3.3 土壤含水量测定 土壤含水量采用烘干称重法测定,即在 105℃下烘至恒重后称重。土壤含水量/ $\%$ =(原土重-烘干土重)/烘干土重 $\times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 林草景观界面下土壤的养分状况

由表 1 可知,林-草界面及相邻区域土壤养分分布特征各异。OM、TN、AN 和 AK 在 0~40 cm 土

层的平均含量为林地>草地>林-草界面;TP 平均含量为林地>林-草界面>草地,差异不显著;AP 平均含量为草地>林地>林-草界面,差异不显著;TK 平均含量和 pH 为林-草界面>草地>林地,差异不显著。

从土壤剖面来看,各种养分含量在各生态系统土壤剖面中有明显的层次性,表层 0~20 cm 土层的养分含量基本上高于 20~40 cm 土层。不同层次间 OM、TN、AN 和 AK 含量大多差异显著;TP、TK、AP 含量和 pH 大多差异不显著。

表 1 林草景观界面下土壤养分的空间分布特征

Table 1 Characteristics of temporal and spatial distribution of soil nutrients in forest-grassland boundary									
生态系统类型 Ecosystem type	层次/cm Depth	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	全氮/ (g·kg ⁻¹) Total N	水解氮/ (mg·kg ⁻¹) Available N	全磷/ (g·kg ⁻¹) Total P	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available P	全钾/ (g·kg ⁻¹) Total K	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available K	pH
林地 Forestland	0~20	15.426	0.806	17.416	0.480	2.196	23.135	109.881	8.52
	20~40	8.738	0.505	11.943	0.521	1.813	22.977	96.652	8.57
	平均 Average	12.082	0.656	14.680	0.501	2.005	23.056	103.267	8.55
草地 Grassland	0~20	15.123	0.636	13.085	0.486	2.383	24.277	108.499	8.57
	20~40	8.576	0.435	10.529	0.479	2.747	24.045	88.577	8.57
	平均 Average	11.850	0.536	11.807	0.483	2.565	24.161	98.538	8.57
林-草界面 Boundary	0~20	12.287	0.554	9.077	0.533	2.139	25.183	102.391	8.67
	20~40	7.934	0.407	12.172	0.463	1.483	23.555	82.470	8.68
	平均 Average	10.111	0.481	10.625	0.498	1.811	24.369	92.431	8.68

2.1.1 有机质分布 有机质是各种营养元素特别是氮、磷的主要来源,是土壤肥力高低的一个重要指标^[12]。表 1 显示,林-草界面及相邻区域土壤有机质含量为 7.934~15.426 g/kg,参考中等肥力土地有机质含量标准(10.0~14.00 g/kg)可知,该地域土壤肥力中等^[12]。林地有机质平均含量高出草地 1.92%,高出林-草界面 16.31%,其原因一方面是林地内人为耕作活动少,未改变有机质含量,另一方面是林地的枯枝落叶使得林地有机质含量增大;草地则由于草本植物根系相对较浅,加之 6 月份草木生长旺盛,消耗了土壤中的养分,因此有机质含量较林地中少;林-草界面由于草地和林木生长均需消耗土壤中的养分,因此有机质含量最低。

2.1.2 氮素分布 TN 含量通常用于衡量土壤氮素的基础肥力,而 AN 含量则与作物的生长关系更为密切^[12]。据报道,永寿县的林地、农田和草地中 TN 含量均在 0.5 g/kg 左右,我国黄土高原地区 TN 含量多在 0.30~0.99 g/kg^[12]。从表 1 可以看出,试验地土壤全氮含量为中等。

林地 AN 含量比草地平均高出 19.57%,比林-

草界面平均高出 27.62%,说明刺槐林地固氮作用很强,草地则会消耗有效氮,林-草界面由于林、草生长的共同消耗而使得 AN 含量最低。

2.1.3 磷素分布 由表 1 知,林草景观界面 TP 含量为 0.463~0.533 g/kg,远低于黄土母质的 TP 含量(1.3~1.6 g/kg)^[12]。

AP 含量变化趋势为草地>林地>林-草界面,在垂直层次上,草地 0~20 cm 土层的 AP 含量低于 20~40 cm 土层;林地和林-草界面 0~20 cm 土层的 AP 含量高于 20~40 cm 土层,两土层间 AP 含量差异较 TP 含量明显,但整体含量依然很低^[13]。

2.1.4 钾素分布 土壤中钾含量主要受黄土本身特征的影响,与土地利用方式关系不大^[14],TK 由于黄土矿物组成的均一性,变幅较小。AK 变化趋势是林地>草地>林-草界面,层次间是 0~20 cm 土层 AK 含量高于 20~40 cm 土层,且变幅较大,林地速效钾含量平均比草地高 4.58%,比林-草界面高 10.49%。林草景观界面中 TK 和 AK 含量都比较高。

2.2 林草景观界面下土壤的水分状况

2.2.1 土壤水分垂直变化规律 图 1 表明,在草地

中,随着土层深度的增加,土壤平均含水量逐渐升高;在刺槐林地,土壤平均含水量表现为逐渐降低的趋势;而在林-草界面,土壤平均含水量则表现为先降低后升高的趋势。在 0~10 cm 土层,草地平均含水量为 17.17%,是土壤含水量最低的一层,这是因为该层与大气交换十分活跃,土壤蒸发强烈,且这一层是草本植物根系分布与水分吸收的主要层次。而

在刺槐林内,由于林分郁闭度(0.75)较大,林下植被发育较好,土壤蒸发量小,使得该层水分含量在林地区域内处于最高水平,达到 18.58%。林-草界面处于林地与草地之间,一方面草本植物根系吸收水分,另一方面刺槐林郁闭度大使得蒸发量小,因此界面含水量为 17.90%,介于林地与草地之间。

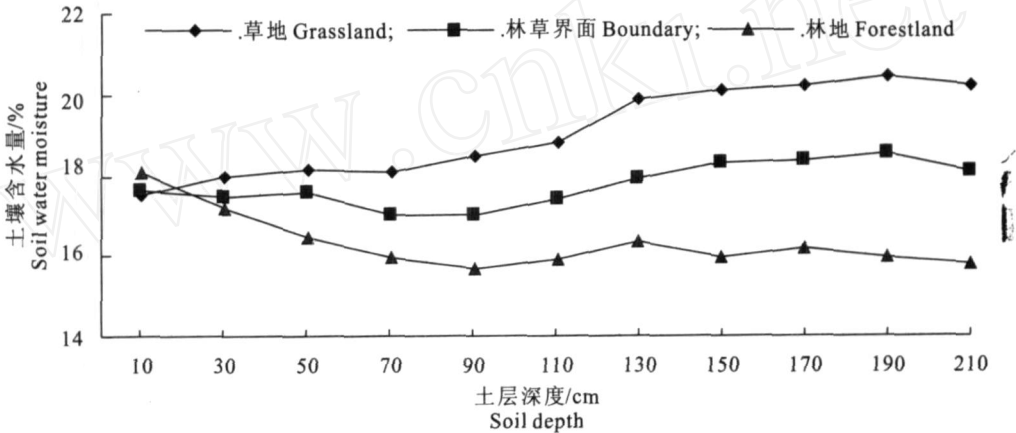


图 1 林草景观界面土壤水分的垂直分布

Fig. 1 Vertital distribution of different depth of soil water at forest-grassland landscape boundary

2.2.2 土壤水分水平变化规律 图 2 揭示了不同的变化规律。
层次土壤水分沿水平距离梯度在不同生态系统之间

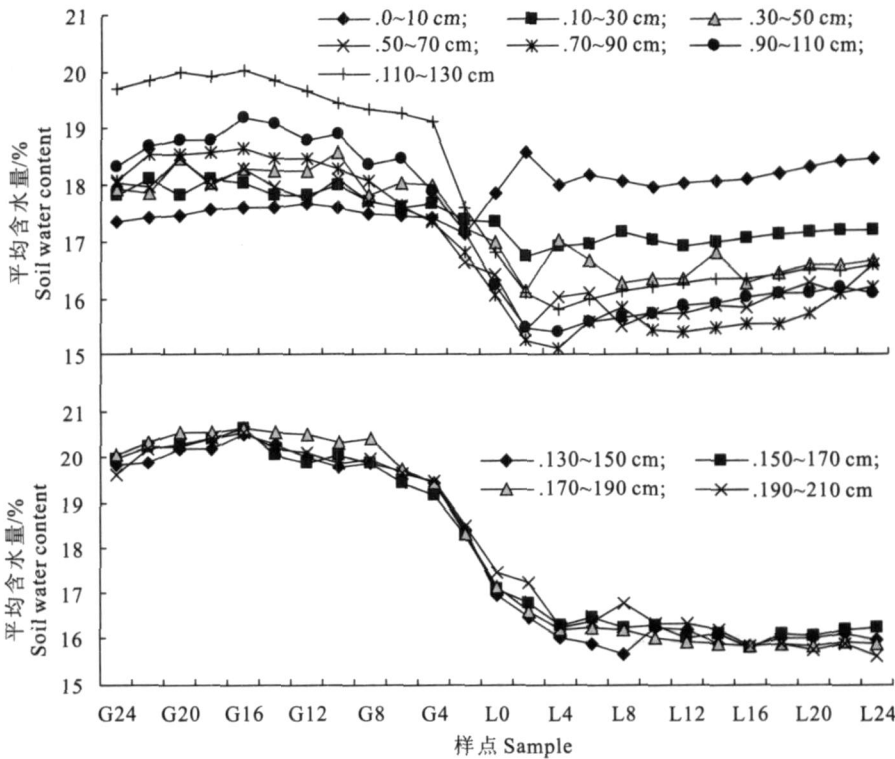


图 2 林草景观界面不同层次土壤水分的水平分布

Fig. 2 Horizontal distribution of different layers of soil water at forest-grassland landscape boundary

从图 2 可以看出,历经草地 - 林-草界面 - 刺槐 林地 3 个区域,不同层次的土壤水分呈现不同的变

化趋势,在草地和林地内水分变化不显著,而在林-草界面内不同距离梯度上的含水量变化极显著。这种变化是气候波动和植被时空动态变化在土壤水分上的直接反映。在土壤表层 0~10 cm,土壤平均含水量由草地向林内逐渐升高,在二者之间的林-草界面区内含水量波动明显,在 L2 样点附近出现了含水量的最高值。这是因为空旷的草地表层土壤受光照、风速等环境因子影响显著,土壤蒸发较林内强烈,因此表层土壤含水量较林内低。

在 10~210 cm 土层,从草地到林-草界面与林地的交界处(G24~L4),各土层土壤平均含水量均呈下降趋势,并且在界面区域内变化显著。这是由于刺槐林冠对降水的拦蓄作用,使降水入渗补给土壤的水分少于草地,加之刺槐林根系对水分的大量消耗,要求土壤能够持续为其供应水分,在驱动力的作用下,土壤水分沿着水平方向由含水量较高的草地向林地内运移,形成了一个在功能、强度上介于二者之间的界面区域,其与相邻的两个生态系统发生着强烈的交互作用,是边缘地带多种“应力”交叉作用的地带,较相邻生态系统更为复杂、异质和多变。

从界面与林地的交界处至林内方向上(L4~L24),随着距界面距离的增加,10~130 cm 土层内

各取样层土壤含水量均呈上升趋势,而 130~210 cm 土层则表现为相反的趋势,这可能是植被根系对土壤水分的一种响应机制。植物对水分的吸收主要靠根系吸水完成,在黄土高原地区,供刺槐生长的根系主要分布在 0~100 cm 土层内^[15]。林内土壤含水量低于林外,为了竞争水分,这部分根系争相向林缘生长,在林缘附近形成了一个吸水根分布密集区,其对水分的消耗高于林内,表现为在 0~130 cm 土层内,林地靠近界面附近处各取样层的含水量低于林内;越远离界面,刺槐根系对林缘附近水分的竞争能力也就越弱,为补充水分而对深层土壤水分的消耗也就越多,表现为在 130~210 cm 土层深度内,随着水平距离梯度的增加,各取样层含水量逐渐降低。

2.3 林草景观界面下土壤的微生物状况

土壤微生物是土壤有机无机复合体的重要组成部分,其数量直接影响土壤的生物化学活性及土壤养分的组成与转化,是土壤肥力的重要指标之一^[16-17]。表 3 表明,在土壤微生物区系中,细菌是数量最多的一个类群,占到微生物总数的 98%以上,这说明在一定的土壤环境下,对土壤生物活性起决定作用的微生物是细菌。

表 3 林草景观界面下土壤微生物的数量

Table 3 Soil microorganism quantity statistics at forest-grassland landscape boundary								10 ⁵ /g
生态系统类型 Ecosystem type	土层深度/cm Soil depth	微生物数量 Microorganism quantity	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycetes	
			数量	比例/ %	数量	比例/ %	数量	比例/ %
			Quantity	Rate	Quantity	Rate	Quantity	Rate
草地 Grassland	0 ~ 20	1 178.64	1 172.54	99.48	0.29	0.03	5.81	0.49
	20 ~ 40	824.44	820.11	99.47	0.58	0.07	3.75	0.46
林-草界面 Boundary	0 ~ 20	1 238.29	1 234.62	99.70	2.29	0.19	1.38	0.11
	20 ~ 40	207.97	207.50	99.77	0.14	0.07	0.33	0.16
林地 Forestland	0 ~ 20	337.45	332.97	98.67	0.55	0.16	3.93	1.17
	20 ~ 40	705.48	704.36	99.84	0.59	0.08	0.53	0.08

由表 3 可知,林草景观界面下土壤中各种微生物数量存在明显差异,在总体数量上均以细菌为主,放线菌次之,真菌较少。在 0~20 cm 土层,林-草界面的细菌和真菌数量显著高于草地和刺槐林地,但放线菌数量是后两者大于前者。20~40 cm 土层细菌和放线菌数量是草地>林地>林-草界面,真菌数量是林地>草地>林-草界面。

微生物数量在不同土层深度的表现是:草地和林-草界面 20~40 cm 土层的微生物数量远小于 0~20 cm 土层,而刺槐林地是 20~40 cm 土层远多于 0~20 cm 土层。这主要是因为 在草地和林-草界面上草的根系浅,适宜微生物生存;而刺槐林地 20~40 cm 土层的 pH 值大于 0~20 cm 土层,更适宜细菌

生长。

3 结 论

1) 研究区土壤养分分布不平衡,有机质含量中等,其他肥力要素含量较低,特别是全磷和速效磷含量趋于贫瘠化。在林草景观界面上,有机质、全氮、水解氮、速效钾平均含量为林地>草地>林草界面;速效磷平均含量为草地>林地>林-草界面;全钾、pH 值平均含量为林-草界面>草地>林地;全磷平均含量为林地>林-草界面>草地。在土壤层次上,0~20 cm 土层的养分含量基本上高于 20~40 cm 土层。

2) 不同土壤层次的水分含量,在水平方向上随

着水平距离梯度的变化表现出上升或下降的趋势,在草地和林地内水分变化不显著,而在林-草界面内不同距离梯度上的含水量变化极显著,这与不同生态系统中植被组成及其根系分布等密切相关。在垂直方向上,随着土层深度的增加,草地中土壤平均含水量逐渐升高,刺槐林地中土壤平均含水量表现为逐渐降低的趋势,而在林-草界面中则表现为先降低后升高的趋势。

3) 不同生态系统土壤中各种微生物数量存在明显差异,在总体数量上均以细菌为主,占微生物总量 98 % 以上,放线菌次之,真菌较少。林-草界面的微生物总数量高于草地和刺槐林地。土壤微生物数量的垂直动态明显,林-草界面和草地中以 0 ~ 20 cm 土层的微生物数量多,且与 20 ~ 40 cm 土层有显著差异,而林地中 0 ~ 20 cm 土层的微生物数量少于 20 ~ 40 cm 土层。

[参考文献]

- [1] 常禹,布仁仓,胡远满,等. 长白山北坡苔原/岳桦景观边界的定量检测[J]. 地理科学, 2003, 23(4): 477-483.
- [2] Cadenasso M L, Pickett S T A, Weathers K C, et al. An interdisciplinary and synthetic approach to ecological boundaries [J]. Bio Science, 2003, 53: 717-722.
- [3] 韩士杰, 廖利平, 姜凤岐. 关于森林界面生态学的思考[J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 538-542.
- [4] 张萍. 西双版纳次生林土壤微生物生态分布及其生化特性的研究[M]. 生态学杂志, 1995, 14(1): 20-26.
- [5] 刘梦云, 寇宝平, 常庆瑞, 等. 安塞小流域土壤养分分布特征研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(1): 21-24.
- [6] 包耀贤, 吴发启, 谭红朝. 坝地土壤养分分布特征研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25(2): 12-16.
- [7] 李广文, 孙虎, 肖军. 不同景观植被类型下土壤含水量对比研究——以西安南郊为例[M]. 安徽农业科学, 2006, 34(1): 110-111.
- [8] 何福红, 黄明斌, 党廷辉. 黄土高原沟壑区小流域土壤水分空间分布特征[J]. 水土保持通报, 2002, 22(4): 6-9.
- [9] 柯明哲. 厦门市版头林场森林土壤微生物生态分布研究[J]. 福建林业科技, 2000, 27(1): 5-9.
- [10] 贾志红, 杨珍平, 张水清, 等. 麦田土壤微生物三大种群数量的研究[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(3): 53-56.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [12] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1986, 33-89.
- [13] 陕西省土壤普查办公室. 陕西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 363-445.
- [14] 张春霞, 郝明德, 王旭刚, 等. 黄土高原沟壑区小流域土壤养分分布特征[J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 21-24.
- [15] 王迪海, 赵忠, 薛文鹏, 等. 水分生态环境对刺槐细根垂直分布的影响[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 200-202.
- [16] 薛立, 陈红跃, 邝立刚. 湿地松混交林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1): 157-159.
- [17] 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): 36-41.