

邓邦良,袁知洋,温卫华,等. 武功山山地草甸土壤有机质、全氮及碱解氮分布格局及关系[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):414-417.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.130

武功山山地草甸土壤有机质、全氮及碱解氮分布格局及关系

邓邦良^{1,2}, 袁知洋^{1,2}, 温卫华^{1,2}, 樊妮娜^{1,2}, 李艳丽^{1,2}, 李 志^{1,2}, 方 捷¹, 郭晓敏^{1,2}, 张文元^{1,2}

(1. 江西农业大学园林与艺术学院, 江西南昌 330045; 2. 江西农业大学江西省森林培育重点实验室, 江西南昌 330045)

摘要:土壤中有有机质、全氮及碱解氮是草本植物生长的重要限制性营养因子,且它们之间关系密切。以江西省武功山山地草甸为研究对象,分析不同海拔高度(1 600~1 900 m)和不同土壤深度(0~20 cm,20~40 cm)条件下,土壤有机质、全氮、碱解氮的空间分布特征以及3者之间的相互关系。结果发现:(1)武功山山地草甸土壤中有有机质、碱解氮和全氮含量在同一垂直土壤剖面中均随着发生层的下降而降低,在海拔梯度上,3大养分指标的空间变化呈倒“U”形,均于1 750 m左右处达到最高值;(2)利用SPSS回归分析发现,上下层土壤均出现有机质和全氮、全氮和碱解氮相关性极显著,全氮与有机质呈线性正相关,碱解氮与全氮呈非线性正相关,拟合度均较好;(3)草甸上层土壤中有有机质供氮水平高于下层,而下层土壤中碱解氮占全氮比重明显比上层要高。研究揭示了武功山山地草甸土壤有机质、全氮及碱解氮的空间分布格局及其相关性,为武功山山地草甸生态系统的植被恢复提供理论依据。

关键词:草甸土壤;武功山;有机质;全氮;碱解氮;分布格局;相关性

中图分类号: S153 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0414-04

土壤有机质和氮素是土壤肥力的重要影响因素^[1]。土壤有机质是指存在于土壤中的所有含碳的有机物质,它包括土壤中各种动植物残体、新鲜生物体及其分解和合成的各种有机物质^[2]。土壤中氮素主要取决于有机质的积累和分解,土壤氮素的检测通常选择全氮和碱解氮这两大指标,本试验所测武功山土壤氮素也是指这两大指标。土壤中所有形式有机态氮与无机态氮的总和称土壤全氮,反映土壤氮素的总贮量和供氮潜力,碱解氮包括无机态氮和结构简单、能为作物直接吸收利用的有机态氮,可供作物近期吸收利用,它能反映土壤近期的供氮水平^[3]。

关于土壤有机质和全氮及碱解氮分布格局和关系研究深入到了高原、山地、草甸、湿地、农用地、森林等各种土地类型,

如张法伟等在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)对青藏高原高寒草甸土壤有机质、全氮和全磷含量的分布格局对不同土地利用格局的响应进行了研究,通过SPSS软件对测定数据统计分析后得出了响应格局^[4];Wang等对不同土地使用背景下黄土高原小流域土壤全氮的空间格局进行统计学分析^[5];王艳杰等对雾灵山区山地土壤有机质、全氮、碱解氮分析中发现,它们之间有着密切的关系,并且用回归方程进行了拟合^[6];刘世全等对多个地区西藏土壤剖面不同深度土层进行分析,探讨了西藏高寒地区土壤有机质和氮素状况及其影响因素,发现西藏土壤全氮含量与有机质含量呈线性正相关,碱解氮含量与全氮、有机质含量呈非线性正相关^[7];白军红等研究了土壤有机质及全氮在霍林河中下游的科尔沁和向海2个自然保护区湿地表层土壤中的水平分布及线性回归拟合^[8];孙冬梅等对黑龙江农用地不同类型土壤中的有机质、全氮及碱解氮关系进行了回归分析,探讨不同类型土壤对3者关系的影响^[9];Aber等对加拿大森林土壤中的不同枯落物生成的有机质和氮素的计算分析中得出,不同的枯落物对提高森林土壤肥力和供氮能力不一样^[10]。因此,本研究尽量保证在武功山草甸草本植被相同的背景下进行。

江西武功山山地草甸以其面积广和分布基淮海拔低的特

Identification of key odorants[J]. Food Chemistry, 2010, 122(4): 1327-1332.

- [6] 童军茂,周 红,杨彬彬,等. 冬瓜复合汁加工技术的研究[J]. 食品与发酵工业,2001,27(12):77-79.
- [7] 梁迎春. 有益于健康的冬瓜皮[J]. 农产品加工,2012,20(8):27.
- [8] 张丽华,李顺峰,刘兴华,等. 猕猴桃果肉叶绿素的提取及抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报,2012,12(7):29-35.
- [9] 朱艳霞,郭玉海. ICP-AES 测定肉苁蓉及其提取物中矿质元素

含量[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(3):813-816.

- [10] 李 光,余 霜,邓 银,等. 金荞麦叶黄酮提取技术研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):264-266.
- [11] 王倩倩,王振斌,王世清,等. 葡萄籽多酚的超声波辅助提取技术[J]. 江苏农业科学,2011,39(6):436-438.
- [12] 艾志录,王育红,潘治利,等. 苹果渣中多酚物质的抗氧化活性研究[J]. 食品科学,2006,27(12):160-163.
- [13] 李孟婕,范秀萍,吴红棉,等. 翡翠贻贝糖胺聚糖的体外抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技,2011,27(7):759-762.

收稿日期:2014-11-10

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAC11B00);国家自然科学基金(编号:31360177)。

作者简介:邓邦良(1990—),男,江西南昌人,硕士研究生,主要从事水土保持植被恢复研究。E-mail:1178156906@qq.com。

通信作者:张文元,博士,讲师,主要从事森林培育理论和技术、油茶养分管理方面的教学与研究。E-mail:zwyl5@126.com。

点在华东植被垂直带谱中具有典型性和特殊性,是气候变化的重要指示植被类型^[11]。山地草甸在山岳型旅游景点的要素构成中是难得的景观类型,武功山是一个国家级旅游风景区,人为践踏等破坏因素造成植被死亡,土壤裸露且蓄水能力降低,养分循环受阻。目前关于武功山草甸生态恢复的研究多集中在旅游活动的管理研究上,很少有关于草甸土壤养分状况的研究。因此本研究以武功山主峰金顶山地草甸土壤为研究对象,分析不同海拔高度(1 600~1 900 m)和不同土壤深度(0~20 cm,20~40 cm)条件下,土壤有机质、全氮、碱解氮的空间分布特征及其相关性,为改良武功山山地草甸土壤养分状况、合理开展草甸生态系统保育工作提供科技支撑和理论依据,为我国亚热带季风气候区南方丘陵山地草甸的保育提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 武功山草甸概况

武功山位于江西省西部,毗邻湖南省,地处 114°10′~114°17′E、27°25′~27°35′N,属罗霄山脉北段,南北走向绵延约 120 km,总面积大约 260 km²,年平均温度约为 14~16℃,年降水量 1 350~1 750 mm,为赣江水系和湘江水系的分水岭,武功山岩石主要由花岗岩和片麻岩构成^[12],草甸区土壤以南方山地草甸黑壤为主。主峰金顶海拔 1 918.3 m,在我国华东植被区划中具有重要地位。山体垂直,海拔较高,且山势陡峻,导致气候、土壤、植被的垂直地带性分异明显。尤其是主峰周边大面积分布的山地草甸更使之成为难得的植被垂直地带性的天然博物馆。而在江西省境内,除武夷山外,其他山体(庐山、井冈山等)均不具有典型的山地草甸植被类型。

本试验区位于武功山金顶风景区,海拔 1 600~1 900 m,土壤是山地草甸土,由于枯枝落叶丰富以及积水、低温等因素,有机物腐烂分解缓慢,土层浅薄,色泽黝黑,干后成块。在天然草地上,主要有禾本科的野古草(*Arundinella anomala*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、茅根(*Perotis indica*)等。

1.2 试验样地设置和样品采集

2014 年 4 月在武功山金顶主峰草甸区(该区域统一东北坡向,坡度 0~50°左右)进行样地设置和土样采集,沿山脊线在海拔 1 600~1 900 m 范围,每隔 50 m 海拔间距设置 7 个梯度(1 600、1 650、1 700、1 750、1 800、1 850、1 900 m),在每个

梯度上选择自然未退化的草甸,随机设置 4 个 10 m×10 m 的样方,所在样地的每个样方的土壤分上、下 2 层(0~20 cm、20~40 cm)进行取样,将这 5 个样点的每层土样约 1 kg 土壤进行同层混匀,共 534 份土样,带回实验室晾干后,取出细根、石粒等杂质,用 0.1 mm 孔径土塞磨制成待测土壤样品。

1.3 数据统计分析方法

1.3.1 土壤有机质和 2 种氮素的测定方法 土样有机质、全氮、碱解氮含量的测定基于《土壤理化分析》中规定的方法^[13],土壤有机质采用重铬酸钾浓硫酸消煮法测定,土壤全氮采用全自动凯氏定氮仪测定,土壤碱解氮采用碱解扩散法测定。

1.3.2 数据处理 应用 SPSS 17.0 统计软件对所有的数据进行统计分析,显著性水平设定为 $\alpha=0.01$ 、 $\alpha=0.05$ 这 2 个水平,数据经正态分布检验,用方差分析和 Duncan's 检验分析土壤有机质和氮素的空间分布状况。用 SPSS 回归分析评价土壤有机质与土壤 2 类氮素,以及全氮和碱解氮的相关性。本研究所有数据的图形处理采用 Microsoft Excel 2003 完成。

2 结果与分析

2.1 土壤有机质和氮素统计分析

通过对采集的 28 个样地的上、下层土壤的有机质、全氮和碱解氮进行试验分析,得出的数据通过 SPSS 中描述分析生成 quantile-quantile(Q-Q)图进行上、下层这 3 大指标的正态分布检验,得出上、下层土壤每个系列的数据点均分布在坐标轴对角线上或者附近,说明数据基本符合正态分布,因此这些数据具有良好的统计学意义,进而可以对得出的数据在 SPSS 17.0 中进行统计分析。从表 1 可知,武功山采样区金顶山地草甸上层(0~20 cm)土壤有机质、全氮和碱解氮含量的变化范围分别为 58.41~152.43 g/kg、2 420.00~5 377.36 mg/kg、241.15~408.15 mg/kg;山地草甸下层(20~40 cm)土壤有机质、全氮和碱解氮含量的变化范围分别为 45.28~125.70 g/kg、1 710.40~4 788.80 mg/kg、180.40~320.80 mg/kg。3 者变异系数均在 16%~30%之间,均呈现轻度变异^[14]。一般把耕层含有有机质 200 g/kg 以上的土壤称为有机质土壤,而在 200 g/kg 以下的称为矿质土壤^[3]。因此,武功山的草甸土壤可以划归为矿质土壤。

表 1 武功山不同海拔梯度样地草甸土壤上层(0~20 cm)和下层(20~40 cm)有机质、全氮及碱解氮统计分析

项目	上层土(0~20 cm)					下层土(20~40 cm)				
	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数
有机质含量(g/kg)	152.43	58.41	99.97	24.23	24.23%	125.70	45.28	84.26	23.52	27.91%
全氮含量(mg/kg)	5 377.36	2 420.00	3 559.49	588.20	16.52%	4 788.80	1 710.40	2 793.71	727.77	26.05%
碱解氮含量(mg/kg)	408.15	241.15	314.03	55.05	17.53%	320.80	180.40	256.49	55.62	21.69%

2.2 土壤有机质和氮素的分布格局

方差分析结果显示了武功山山地草甸 0~20 cm 与 20~40 cm 土层有机质、全氮、碱解氮含量呈垂直分布格局,在整体草甸海拔 1 600~1 900 m 的梯度上,土壤有机质在所取土壤上、下层上均存在极显著差异(0~20 cm, $P=0.0001$;20~40 cm, $P=0.0001$);较为特殊的是土壤全氮含量在上层不存在显著性差异(0~20 cm, $P=0.0594$),而下层土壤全氮含量

却存在极显著性差异(20~40 cm, $P=0.0006$);土壤碱解氮含量在土壤上、下层中,在整体海拔上均存在极显著差异(0~20 cm, $P=0.0014$;20~40 cm, $P=0.0004$)(图 1 至图 3)。因此,除了上层土壤全氮含量随海拔变化显现出的差异性不明显外,即表层土壤全氮含量在整体海拔上表现波动性较小,其他指标均在整体海拔梯度上呈现显著差异,全氮指标出现这种情况极可能是因为武功山草甸表层植被单一,均为五节

芒等,草甸山体在保水效率低和低温的水土气候环境下导致来自有机质腐殖化而形成的全氮比较稳定,因此在表层形成的氮素含量在各处的差异不大,因此今后研究外来干扰导致草甸退化的机制时,可以侧重对全氮这一指标的检测,在整个海拔梯度上研究土壤全氮在退化样地和正常样地的差异性。

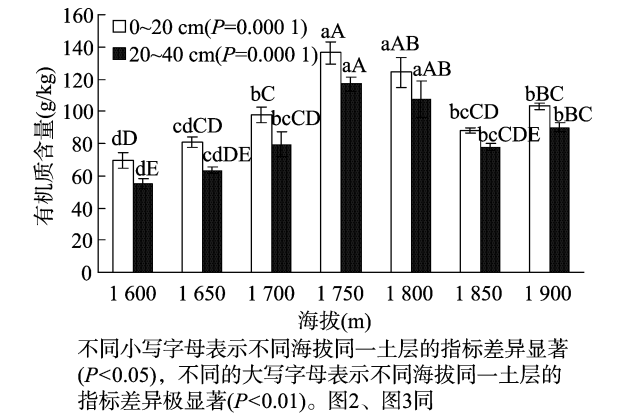


图1 不同海拔及不同土层土壤有机质的含量

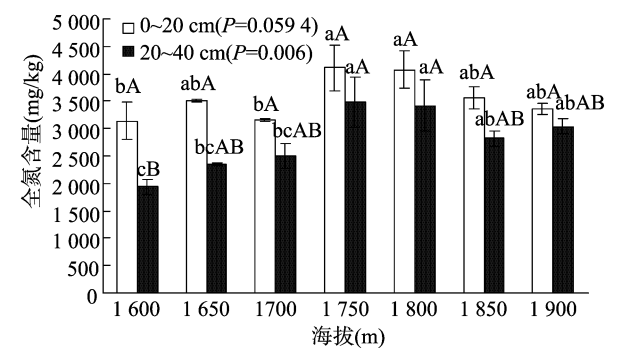


图2 不同海拔及不同土层土壤全氮的含量

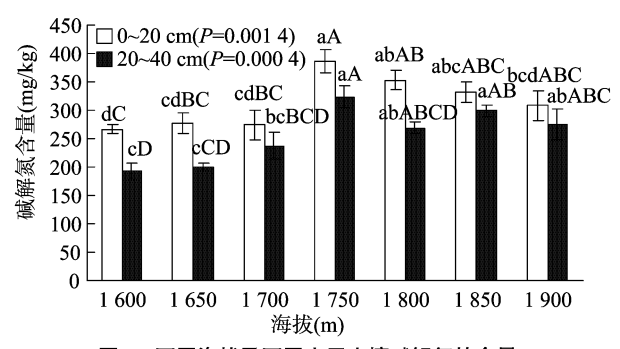


图3 不同海拔及不同土层土壤碱解氮的含量

0~20 cm 土层土壤有机质、全氮及碱解氮含量均高于 20~40 cm 土层,因此这 3 大养分在同一垂直土壤剖面中均随着发生层的下降而减少,并且都在 1 750 m 这个草甸海拔中间点测到最大值,在此处测到最大值不一定代表这个海拔的养分含量就是峰值;进一步发现在海拔 1 750、1 800 m 3 种养分均出现不显著差异,即 1 800 m 的 3 种养分含量均比较接近 1 750 m(图 1 至图 3)。因此,准确表述为在武功山主峰 1 750 m 左右存在 3 种土壤养分峰值,土壤有机质、全氮及碱解氮含量均呈现倒“U”形,先增后减的格局,初步表现出了变化一致性,可以判断在武功山草甸土壤中 3 者的关系密切,可以进行进一步的回归分析,通过回归方程来找出 3 者之间的

定量关系。

2.3 土壤有机质与氮素、全氮和碱解氮的关系

将 7 个海拔梯度 4 个重复共 28 个样地分上、下层,测出的有机质、全氮和碱解氮含量(单位统一为 mg/kg),用 SPSS 回归方法分析得出上层、下层土壤中有有机质(OM,mg/kg)与全氮(TN,mg/kg)、碱解氮(AN,mg/kg)的关系(表 2、表 3),接着用逐步回归分析方法分上下层分析上述 3 者之间的关系(显著性水平为 0.01)时,均发现有机质与全氮的关系极显著,而碱解氮被剔除,说明有机质与碱解氮的关系不如有机质与全氮的关系明显。因此碱解氮不与有机质作方程模拟,有机质直接与全氮进行线性回归分析得出回归方程。因为碱解氮是全氮中可以被植物短期吸收的氮素,是从属关系,但是碱解氮易受土壤水热条件和生物活动的影响而发生变化^[15],不能简单采用线性回归分析。因此,本研究采用线性回归分析和曲线模拟结合,发现上层土壤的全氮和碱解氮关系用二次曲线模拟效果比较好,而下层用指数模拟比较好,因此分析结果如下。

2.3.1 上层土壤(0~20 cm)的三者关系 上层土壤有机质和全氮的关系: $OM = 221.428TN + 47.853$ ($r = 0.672$,显著性水平为 0.01);全氮和碱解氮的关系: $TN = 671.199 - 2.354AN + 0.005AN^2$ ($r = 0.645$,显著性水平为 0.01)。

2.3.2 下层土壤(20~40 cm)三者的关系 下层土壤有机质和全氮的关系为: $OM = 223.511TN + 25.486$ ($r = 0.864$,显著性水平为 0.01);全氮和碱解氮的关系为: $TN = 158.655 + 0.003\ln AN$ ($r = 0.601$,显著性水平为 0.01)。

表 2 不同海拔梯度山地草甸上层(0~20 cm)土壤有机质、全氮和碱解氮相关关系

项目	有机质	全氮	碱解氮
有机质	1.000		
全氮	0.672 **	1.000	
碱解氮	0.663 **	0.645 **	1.000

注:** 显著性水平 0.01;* 显著性水平 0.05。表 3 同。

表 3 不同海拔梯度山地草甸下层(20~40 cm)土壤有机质、全氮和碱解氮相关关系

项目	有机质	全氮	碱解氮
有机质	1.000		
全氮	0.864 **	1.000	
碱解氮	0.661 **	0.601 **	1.000

2.4 上下层土壤供氮状况和氮素成分对比分析

武功山草甸土壤有机质、氮素的回归关系,揭示了土壤全氮和有机质、全氮和碱解氮的紧密关系。对上层、下层土壤中全氮(TN,mg/kg)和有机质(OM,mg/kg)的比值、碱解氮(AN,mg/kg)和全氮(TN,mg/kg)的比值作对比分析,发现上层土壤中有有机质含量在高于下层土壤的情况下,大部分上层土壤的全氮和有机质含量的比值高于下层,说明上层土壤的肥力不仅在量上占优,在质上也同样占优(图 4)。结果还发现,虽然上层土壤全氮和碱解氮的含量都高于下层,但是下层土壤中碱解氮和全氮的比值却普遍高于上层(图 5),出现这种状况,极可能是在土壤垂直面上植物根系对氮素吸收的影响^[16],武功山草甸中的草本植物根系多集中在表层土,吸收

碱解氮大都集中在 0~20 cm 附近土壤层,加上土壤的淋溶作用和可矿化氮的转化作用^[17],使土壤下层碱解氮在全氮中的比例比较高,初步判定下层土壤中的氮素大多为无机氮或可溶性有机氮等。

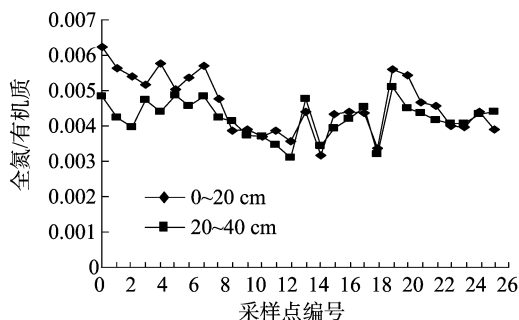


图4 上下层土壤全氮和有机质比值

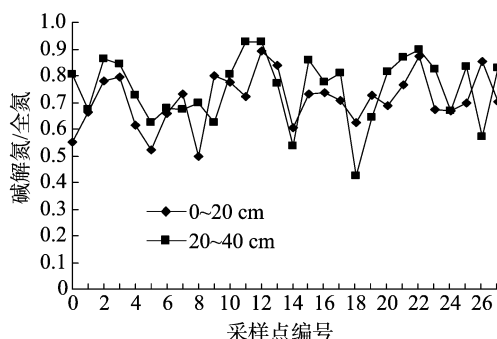


图5 上下层土壤碱解氮和全氮比值

3 结论与讨论

(1) 武功山主峰山地草甸土壤中有机质、碱解氮和全氮含量在同一垂直土壤剖面中均随着发生层的下降而减少,在海拔梯度上,3 大养分指标的空间变异呈倒“U”形,于 1 750 m 左右处均达到最高值。

(2) 利用 SPSS 回归分析发现,上、下层土壤均表现出有机质和全氮含量、有机质和碱解氮含量、全氮和碱解氮含量关系极显著,有机质有机质 (OM, mg/kg) 作为自变量和全氮 (TN, mg/kg) 及碱解氮 (AN, mg/kg) 2 个因素作因变量的逐步回归分析时,均出现碱解氮被剔除。因此,利用回归分析得出上层土壤 (0~20 cm) 有机质和全氮的关系: $OM = 221.428TN + 47.853$ ($r = 0.672$, 显著性水平为 0.01), 全氮和碱解氮的关系为: $TN = 671.199 - 2.354AN + 0.005AN^2$ ($r = 0.645$, 显著性水平为 0.01); 下层土壤 (20~40 cm) 有机质和全氮的关系为: $OM = 223.511TN + 25.486$ ($r = 0.864$, 显著性水平为 0.01), 全氮和碱解氮的关系为: $TN = 158.655 + 0.003\ln AN$ ($r = 0.601$, 显著性水平为 0.01), 今后可以利用这些回归方程对未知养分含量进行估算。

(3) 草甸上层土壤中有机质供氮水平高于下层,肥力指

标全面优于下层,而下层土壤中碱解氮占全氮比重明显比上层要高。说明上、下层土壤的养分发生条件有差别,下层土壤虽然有机质含量高但是全氮含量相比上层土壤出现较大亏损,是否与土壤淋溶作用和烧山活动累计有机质有关,值得进一步细致探讨,今后可从有机质质量和全氮的有机、无机 2 个部分具体组成进行下一步研究工作。

参考文献:

- [1] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [2] Nelson D W, Sommers L E. Total carbon, organic carbon and organic matter[M]// Sparks D L, Page A L, Helmke P A, et al. Methods of soil analysis, Part 3 - chemical methods. Madison, WI: SSSA, 1996: 961 - 1010.
- [3] 陆欣. 土壤肥科学[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [4] 张法伟, 李英年, 汪诗平, 等. 青藏高原高寒草甸土壤有机质、全氮和全磷含量对不同土地利用格局的响应[J]. 中国农业气象, 2009(3): 323 - 326, 334.
- [5] Wang Y Q, Zhang X C, Huang C Q. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China[J]. Geoderma, 2009, 150(1/2): 141 - 149.
- [6] 王艳杰, 付桦. 雾灵山地区土壤有机质全氮及碱解氮的关系[J]. 农业环境科学学报, 2005(增刊1): 85 - 90.
- [7] 刘世全, 高丽丽, 蒲玉琳, 等. 西藏土壤有机质和氮素状况及其影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 54 - 57, 67.
- [8] 白军红, 邓伟, 朱颜明, 等. 湿地土壤有机质和全氮含量分布特征对比研究[J]. 地理科学, 2002, 22(2): 232 - 237.
- [9] 孙冬梅, 陈学昌. 黑龙江省土壤有机质与全氮和碱解氮的相关分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1995, 8(2): 57 - 60.
- [10] Aber J D, Melillo J M. Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils[J]. Canadian Journal of Botany, 1980, 58(4): 416 - 421.
- [11] 赵晓蕊, 郭晓敏, 张金远, 等. 武功山山地草甸土壤磷素分布格局及其与土壤酸度的关系[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(6): 1223 - 1228.
- [12] 楼法生, 舒良树, 于津海, 等. 江西武功山穹隆花岗岩岩石地球化学特征与成因[J]. 地质论评, 2002, 48(1): 80 - 88.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.
- [14] 李卫, 解燕, 周冀衡, 等. 不同海拔高植烟土壤有效钙镁的分布状况[J]. 土壤, 2010, 42(6): 946 - 951.
- [15] 李云玲, 延晋芳, 侯沁文, 等. 生物菌肥在不同水分条件下对土壤碱解氮的影响[J]. 长治学院学报, 2006, 23(2): 5 - 7.
- [16] McClaugherty C A, Aber J D, Melillo J M. The role of fine roots in the organic matter and nitrogen budgets of two forested ecosystems[J]. Ecology, 1982, 63(5): 1481 - 1490.
- [17] 李菊梅, 王朝辉, 李生秀. 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 232 - 238.