

# 保山烟区植烟土壤有机质与腐殖质组分垂直分布特征

宋文静<sup>1</sup>, 李永亮<sup>2</sup>, 王津军<sup>3</sup>, 郭应成<sup>2</sup>, 孟霖<sup>2</sup>, 董建新<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院烟草研究所, 青岛 266101; 2. 云南省烟草公司保山市公司, 云南 保山 678000; 3. 中国烟草总公司云南省公司, 昆明 650224)

**摘要:** 采集测定了云南省保山烟区 5 个主要植烟县 318 个代表性烟田耕层土样的有机质含量和 25 个代表性烟田剖面发生层土样的有机质含量及其腐殖质组分碳量, 分析了有机质的丰缺、剖面垂直分布特征以及与土壤 pH 和成土母质的关系。研究表明, 保山市植烟土壤有机质含量平均值为 37.39 g/kg, 变幅为 6.20~150.09 g/kg, 变异系数为 52.32%; 第四纪红土和岩类风化坡积物母质的烟田土壤有机质含量显著高于岩类风化残积物母质的烟田土壤; 不同成土母质的烟田土壤有机质含量和腐殖质组分的碳量总体上随着土壤深度的增加均呈逐渐降低的趋势; 土壤有机质含量与 pH 呈显著的负相关关系 ( $r=-0.238$ ,  $p<0.05$ )。

**关键词:** 有机质; 植烟土壤; pH; 土壤剖面; 保山

中图分类号: S572.06

文章编号: 1007-5119 (2017) 05-0077-05

DOI: 10.13496/j.issn.1007-5119.2017.05.013

## Vertical Profile Distribution of Soil Organic Matter and Humic Components in Tobacco-growing Soils in Baoshan

SONG Wenjing<sup>1</sup>, LI Yongliang<sup>2</sup>, WANG Jinjun<sup>3</sup>, GUO Yingcheng<sup>2</sup>, MENG Lin<sup>2</sup>, DONG Jianxin<sup>1\*</sup>

(1. Tobacco Research Institute, CAAS, Qingdao 266101, China; 2. Baoshan Branch of Yunnan Province Tobacco Company, Baoshan 678000, China; 3. China Tobacco Corporation Yunnan Company, Kunming 650224, China;)

**Abstract:** Plough-layer samples of 318 typical tobacco-growing fields and profile-horizon samples of 25 typical tobacco-growing fields were collected respectively from the 5 main tobacco-growing counties in Baoshan City of Yunnan Province in order to study the contents, spatial and profile distribution of organic matter, humus and its component carbon and their relationship with pH and soil parental materials. The results showed that the mean content of soil organic matter was 37.39 g/kg with a range from 6.20 to 150.09 g/kg, and the coefficient of variation was 52.32%. The contents of soil organic matter in soil derived from the parental materials the Quaternary red clays and weathered slope washes were significantly higher than that derived from the weathered residuals. The contents of soil organic matter, humus and its component carbon in all profiles decreased with the increase of soil depth. The content of soil organic matter had a significant negative correlation with soil pH ( $r=-0.238$ ,  $p<0.05$ ).

**Keywords:** organic matter; tobacco growing soil; pH; soil profile; Baoshan

土壤有机质是反映土壤肥力状况和供肥特征的决定性因素<sup>[1]</sup>。烤烟生产中适宜的土壤有机质含量能提高土壤肥力, 改善土壤的理化性质和土壤微环境, 促进烟株正常健壮生长, 增强烟株抗性, 抵御自然灾害和病害, 提高烟叶品质<sup>[2-6]</sup>。成土母质是土壤形成的物质基础和植物矿物养分元素的最初来源, 直接影响土壤的理化性质<sup>[7-9]</sup>。有关不同生态

区域内成土母质类型对植烟土壤耕层有机质特征的影响已有广泛报道<sup>[9-12]</sup>, 关于云南省重要植烟区保山市烟田土壤有机质含量方面的研究也有一些报道<sup>[13-15]</sup>, 但主要集中在典型植烟区耕层土壤有机质含量区域分布差异、与其他养分之间的关系和不同尺度下的空间变异性等, 而关于不同成土母质的植烟土壤有机质含量及其腐殖质组成碳含量的剖

基金项目: 云南省烟草公司科技计划项目“保山烟区植烟土壤面源污染综合防治技术研究与应用”(2015YN23);

中国农业科学院科技创新工程(ASTIP-TRIC03)

作者简介: 宋文静(1983-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事土壤生态方面研究。E-mail: songwenjing@caas.cn. \*通信作者, E-mail: dongjainxing@caas.cn

收稿日期: 2017-05-29

修回日期: 2017-08-09

面垂直分布特征以及植烟土壤 pH 与有机质空间分布的关系研究报道较少。为此,以云南保山植烟土壤为研究对象,旨在揭示保山植烟土壤的有机质含量及其腐殖质组成碳含量、空间分布特征和垂直分布特征及其与土壤 pH 和成土母质之间的关系,为植烟土壤的质量评价和有机肥合理施用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

保山市位于云南省西南部,介于东经 98°25′~100°02′和北纬 24°08′~25°51′,地处横断山脉滇西纵谷南端,地势自西北向东南延伸倾斜,海拔介于 535~3781 m,境内地形复杂多样,其中坝区占 8.20%,山区占 91.80%。保山属低纬山地亚热带季风气候,但由于地处低纬高原,地形地貌复杂,立体气候明显,气候类型有北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带和高原气候共 7 个气候类型。其特点年温差小,日温差大,年均气温为 14~17 °C;降水充沛、干湿分明,分布不均,年降雨量 700~2100 mm。

保山市是云南省重要烤烟产区之一,近年来烤烟种植面积基本维持在近 4 万  $\text{hm}^2$ ,收购烟叶约 7 万 t,烤烟生产是保山重要的经济产业,对全市的社会经济发展有着举足轻重的地位。保山市植烟土壤主要集中在隆阳、腾冲、施甸、龙陵和昌宁,植烟

土壤主要是地理发生分类上的黄壤、红壤、水稻土和火山灰土。

### 1.2 代表性烟田确定、土样采集与测定

依据植烟区域、植烟面积、地形地貌、成土母质、烟田常年长势等因素,分别在腾冲、昌宁、隆阳、施甸和龙陵分别确定 86、61、75、41 和 55 个合计 318 个代表性烟田采集耕作层(0~20 cm)土壤样品,采样方式:同一烟田内按‘S’形随机取样 8~10 个点,土样充分混匀后四分法留取 1.5 kg 土壤备用。另外从上述 5 个植烟区域再分别确定 5 个不同成土母质的代表性烟田,挖掘宽 1.0、深 1.2~1.5 m 的土壤剖面,划分发生层后采集各层土样。

采集后的土样经风干、去杂、研磨后,分别过 20 目(2 mm)100 目(0.15 mm)筛,土样测定在中国农业科学院烟草研究所农业部烟草生物学与加工重点实验室进行,有机质和腐殖质组成碳含量均采用重铬酸钾氧化外加热法测定,pH 采用电位计法测定,具体测定方法详见参考文献[16]。

### 1.3 土壤有机质分级标准

土壤有机质含量分级依据全国第二次土壤普查肥力评价标准(表 1)[17]。

### 1.4 数据分析

数据处理与统计分析采用 IBM Statistics SPSS 16.0 及 Microsoft Excel 2007 软件进行。

表 1 全国第二次土壤有机质普查分级标准

含量分级	>40	30~40	20~30	10~20	6~10	<6
丰缺水平	一级(很丰富)	二级(丰富)	三级(中等)	四级(缺乏)	五级(很缺乏)	六级(极缺乏)

## 2 结果

### 2.1 耕层土壤有机质含量的区域差异

由表 2 可见,保山市植烟土壤耕层土壤有机质含量的平均值为 37.39 g/kg,变幅为 6.20~150.09 g/kg,变异系数为 52.32%。依据全国第二次土壤普查肥力评价标准,土壤有机质含量总体上处于丰富水平,其中腾冲县耕层土壤有机质含量最高,显著

表 2 保山植烟区耕层土壤有机质含量

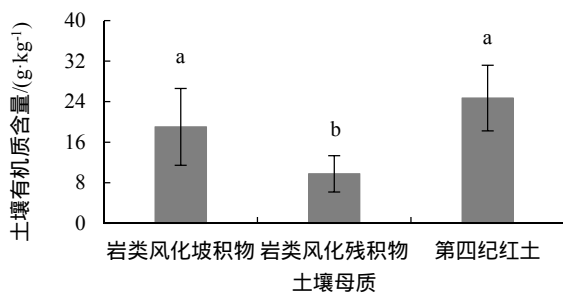
区域	样本数	(均值±标准差)/(g·kg <sup>-1</sup> )	变幅/(g·kg <sup>-1</sup> )	变异系数 CV/%
腾冲县	86	49.73±23.47a	14.94~150.09	47.19
昌宁县	61	28.77±15.62b	9.30~76.37	54.29
隆阳区	75	32.95±13.53b	6.20~73.71	41.05
施甸县	41	32.95±18.39ab	7.60~86.09	50.33
龙陵县	55	30.71±14.64ab	7.78~72.83	47.67
平均		37.39±19.56	6.20~150.09	52.32

注:表中同列不同小写字母表示不同区域间差异在  $p<0.05$  水平显著。

高于昌宁县和隆阳区，但与施甸县和龙陵县差异不显著。

### 2.2 不同成土母质的耕层土壤有机质含量差异

保山市植烟土壤的土壤母质类型可以划分为岩类风化坡积物、岩类风化残积物和第四纪红土三大类。图 1 表明，第四纪红土发育形成的土壤，耕层有机质含量最高，其次为岩类风化坡积物发育形成的土壤，虽然两者之间差异不显著，但均显著高于岩类风化残积物发育而成的土壤。



注：柱图上方小写字母不同表示不同成土母质间差异显著( $p < 0.05$ )。

图 1 不同成土母质土壤有机质含量

Fig. 1 Contents of soil organic matter of different parent materials

### 2.3 不同成土母质土壤剖面有机质含量及 pH 垂直分布特征

土壤剖面是土壤长期发育过程中形成的立体结构<sup>[18]</sup>。研究土壤有机质含量剖面垂直分布特征有助于了解土壤碳库贮量以及指导烟田的深耕和深

松。表 3 表明，不同成土母质的植烟土壤有机质含量均是耕层含量最高，随着土壤垂直深度的加深，土壤有机质含量不断减少。第四纪红土发育形成的土壤，耕作层 (Ap) 有机质含量较高，而岩类风化残积物较低。不同成土母质的植烟土壤 pH 总体上表现为耕层较低，不同层次之间 pH 差异不显著。

### 2.4 不同成土母质土壤腐殖质组分碳量剖面垂直分布特征

不同成土母质的植烟土壤腐殖质及其组分碳量的剖面垂直分布特征见表 4。表 4 表明，不同成土母质的植烟土壤腐殖质总碳量耕层最高，随土壤深度增加而降低，与有机质含量的剖面垂直分布特征基本一致。岩类风化物母质的植烟土壤腐殖质组分碳量也随土壤深度增加而逐渐降低，而第四纪红土母质的植烟土壤腐殖质组分碳量却表现为 B 层 (心土层) 最高。这可能与第四纪红土通体黏粒含量均较高，B 层土壤温度低于耕层，因此该层土壤有机质矿化慢于耕层有关。

### 2.5 土壤 pH 与有机质含量的关系

土壤 pH 与土壤有机质的分解和矿化速度有着密不可分的关系<sup>[19-20]</sup>。保山市植烟土壤 pH 介于 4.5~8.0，平均为 6.3，土壤 pH 主要集中在 5.5~6.5，总体上属于适宜植烟范围。由图 2 可知，保山市植烟土壤 pH 与有机质含量呈显著的负相关关系 ( $r = -0.238, p < 0.05$ )。

表 3 不同成土母质烟田土壤有机质含量剖面层次分布

Table 3 Profile vertical distribution of soil organic matter contents of different parent materials

成土母质	平均土层数	发生层	发生层深度/cm	土壤有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	土壤 pH
岩类风化坡积物(15)	5.00	Ap	20.20±0.44	19.02±7.59a	5.69±0.90a
		AB	18.60±3.29	13.71±5.30ab	5.92±1.03a
		Btr1	23.20±4.86	12.44±4.03b	5.93±1.14a
		Btr2	19.00±4.24	9.79±3.29bc	5.89±1.22a
		Btr3	25.00±4.12	6.99±2.26c	6.14±1.34a
岩类风化残积物(6)	2.19	Ap	18.14±3.30	9.76±3.38a	6.32±1.86a
		R	12.25±1.32	7.44 ±3.10b	6.53± 1.41a
第四纪红土 ( 4 )	4.28	Ap	20.00±3.24	24.70±2.19a	6.62±1.63a
		BC	23.45±1.58	19.73±3.17a	7.09±2.24a
		Bt	30.00±6.44	10.86±4.48b	6.74±1.39a
		Btr	25.47±8.21	11.43±2.17b	5.90±1.73a

注：Ap(Plough horizon)，耕作层；AB(Transition horizon)，过渡层；Bt(Argic horizon)，黏化层；BC(Transition horizon)，过渡层；R(Sandstone)，砂岩。表中同列不同小写字母表示不同成土母质间差异在  $p < 0.05$  水平显著。

表4 不同成土母质烟田土壤腐殖质组分含量剖面垂直分布

Table 4 Profile distribution of carbon contents of different soil humic components of different parent materials

成土母质	土层	腐殖质全碳量/(g·kg <sup>-1</sup> )	腐殖酸碳量/(g·kg <sup>-1</sup> )	胡敏酸碳量/(g·kg <sup>-1</sup> )	胡敏素碳量/(g·kg <sup>-1</sup> )	富啡酸碳量/(g·kg <sup>-1</sup> )	胡富比
岩类风化坡积物(15)	Ap	14.18 ± 1.99a	6.08 ± 1.23a	2.29 ± 0.75a	8.09 ± 1.61a	3.80 ± 1.83a	0.79 ± 0.51a
	AB	9.90 ± 2.51a	3.31 ± 1.02ab	1.12 ± 0.96a	6.59 ± 1.65a	2.19 ± 0.97a	0.29 ± 0.09b
	Btr1	8.38 ± 2.77ab	2.34 ± 1.84b	0.88 ± 0.54ab	6.04 ± 1.09a	1.46 ± 1.53ab	0.92 ± 0.44a
	Btr2	6.47 ± 2.36b	1.71 ± 0.73b	0.68 ± 0.38b	4.76 ± 1.65ab	1.26 ± 0.86b	0.75 ± 0.70a
	Btr3	4.22 ± 1.55b	1.95 ± 2.42b	0.40 ± 0.14b	2.27 ± 1.55b	0.32 ± 0.15c	1.11 ± 0.83a
岩类风化残积物(6)	Ap	6.23 ± 1.21a	2.39 ± 1.02a	1.61 ± 0.67a	3.84 ± 1.21a	0.78 ± 0.15a	2.06 ± 1.01a
	R	4.75 ± 0.95a	1.54 ± 0.65a	0.77 ± 0.32b	3.21 ± 0.75a	0.77 ± 0.09a	1.00 ± 0.21b
第四纪红土(4)	Ap	15.74 ± 3.84a	6.44 ± 1.39a	0.21 ± 0.09c	9.30 ± 1.12a	6.23 ± 0.95a	0.03 ± 0.01c
	BC	12.57 ± 5.67a	7.43 ± 2.34a	0.84 ± 0.61b	5.14 ± 1.23b	6.59 ± 1.26a	0.13 ± 0.05b
	Bt	13.47 ± 7.14a	3.48 ± 0.95b	2.14 ± 0.95a	9.99 ± 0.34a	1.34 ± 1.08b	1.60 ± 0.58a
	Btr	6.87 ± 1.08b	2.18 ± 1.11b	0.06 ± 0.02d	4.69 ± 2.11b	2.12 ± 0.28b	0.03 ± 0.01c

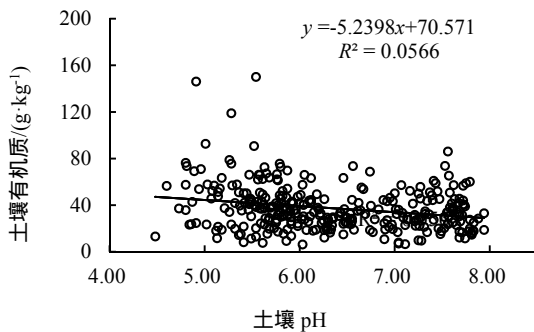


图2 耕层土壤 pH 与有机质含量关系

Fig. 2 Relationship between contents of soil organic matter and pH

### 3 讨论

保山市植烟土壤成土母质主要以石灰岩、板页岩等岩石的风化残积物和坡积物以及古红土为主。LU 等研究表明<sup>[20]</sup>, 不同成土母质发育的土壤有机质含量存在一定的差异, 这与本文的研究结果基本一致。保山植烟土壤耕层有机质含量的平均值为 37.39 g/kg, 符合优质烤烟生产的土壤有机质需求。随着土层加深, 不同成土母质发育形成的有机质含量逐渐下降。植烟土壤腐殖质组分的垂直分布与有机质总量的分布表现趋于一致, 均随土层深度增加而降低, 这也是多数农田土壤类型共有的趋势, 与施肥、秸秆还田和作物根系在土壤中分布和残留有关<sup>[21-22]</sup>。相关研究发现, 合理耕层构建可以改善土壤有机质的垂直分布, 优化烤烟生长的土壤环境养分均衡性<sup>[23-24]</sup>。

在 3 类成土母质的烟田中, 岩类风化坡积物和第四纪红土母质的烟田, 一般位于坡度较缓的地带,

水土流失轻微, 土体较为稳定, 由于施肥、秸秆还田和作物根系残留, 土壤有机质总体上处于不断积累过程中。而岩类风化残积物母质的烟田往往位于坡度较陡的地带, 土体较薄, 水土流失较为严重, 肥沃的耕层土壤始终处于流失状态, 原来的耕层逐渐变薄, 但植烟要求起垄高达到 30 cm, 因此在起垄过程中会有耕层之下的有机质含量低的“新土”混入, 造成烟田耕层有机质含量在 3 类成土母质中最低。

土壤 pH 对土壤有机质的分解转化速度和矿化代谢有着十分重要的影响<sup>[25-27]</sup>, 戴万宏等<sup>[28]</sup>研究发现, 中国西南地区土壤有机质含量与土壤 pH 呈显著负相关线性关系; 张萍等<sup>[29]</sup>研究了宜昌土壤有机碳垂直分布特征及演变规律, 发现土壤有机质含量与土壤 pH 呈负相关关系。本研究表明, 保山植烟土壤 pH 绝大多数集中在 5.50~6.50, 且与土壤有机质含量呈现显著的负相关关系。

由于施用酸性肥料原因, 农田土壤耕层一般会发生一定的酸化, 本研究中也发现了此现象, 表现为耕层土壤 pH 最低, 因此需要注意防止烟田土壤耕层过酸而不利于烤烟生长的现象, 对于 pH 低于 5.5 的烟田, 可以考虑适当施用碱性物料改良酸性。

### 4 结论

保山植烟土壤耕层有机质含量的平均值为 37.39 g/kg, 变幅为 6.20~150.09 g/kg, 变异系数为 52.32%, 总体上适宜烤烟生长; 随着土层深度的增

加,土壤有机质含量和腐殖质总碳量及组分碳量总体上呈现逐渐降低的趋势;土壤有机质含量与 pH 呈显著的负相关关系。

### 参考文献

- [1] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科技出版社, 2005.
- [2] 尚斌,李德成,徐宜民,等. 武陵山烤烟产区土壤有机质与 pH 特征研究[J]. 土壤通报, 2015, 46(3): 590-596.
- [3] 陈留美,张甘霖. 土壤时间序列的构建及其在土壤发生研究中的意义[J]. 土壤学报, 2011, 48(2): 419-428.
- [4] 刘国顺. 烟田施用有机肥对土壤理化性状和烟叶香气成分含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(3): 29-33.
- [5] 张金,许明祥,王征,等. 黄土丘陵区植被恢复对深层土壤有机碳储量的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(10): 2721-2727.
- [6] 刘飞鹏,储双双,裴向阳,等. 华南3种人工林土壤有机质和养分含量及其综合评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2014, 38(2): 81-85.
- [7] 武雪萍. 有机无机肥配施对烟叶化学成分和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005(1): 10-13.
- [8] 曹鹏云,鲁世军,张务水. 植烟土壤有机质含量与有机肥施用概况[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(6): 40-42.
- [9] 王合玲,张辉国,秦璐,等. 新疆艾比湖流域土壤有机质的空间分布特征及其影响因素[J]. 生态学报, 2012, 32(16): 4969-4980.
- [10] 付晶莹,朱晓芳. 庐山不同海拔高度土壤养分含量分析[J]. 安徽农学通报. 2008, 14(15): 73-74.
- [11] 黎妍妍,李锡宏,李进平. 恩施州不同海拔高度植烟区气候和土壤条件分析[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2008, 26(1): 110-114.
- [12] 焦敬华,刘春奎,许自成,等. 湖北宣恩不同海拔植烟土壤养分含量状况分析与综合评价[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(28): 8936-8937, 8949.
- [13] 谭智勇,周冀衡,王超,等. 云南保山市植烟土壤养分含量及肥力适应性评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2013, 39(3): 429-434, 444.
- [14] 龚玖零. 基于植烟土壤养分及烟叶质量的云南保山市植烟分区[D]. 昆明:云南农业大学, 2015.
- [15] 濮永瑜,侯战高,马旭,等. 保山市植烟土壤的主要养分状况[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(3): 92-95.
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 1999: 166-187.
- [17] 陈江华,李志宏,刘建利,等. 全国主要烟区土壤养分丰缺状况评价[J]. 中国烟草学报, 2004, 11(3): 14-18.
- [18] 罗建新,石丽红,龙世平. 湖南主产烟区土壤养分状况与评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2005, 31(4): 376-380.
- [19] 朱彩云,贺春强,储亚云,等. 成土母质及质地对土壤全氮与有机质关系的影响[C]//江苏耕地质量建设江苏耕地质量建设论文集,南京:河海大学出版社, 2008: 189-193.
- [20] LU S Q, CHEN D J, WANG S Y, et al. Rock magnetism investigation of highly magnetic soil developed on calcareous rock in Yun-Gui Plateau, China: Evidence for pedogenic magnetic minerals[J]. Journal of applied geophysics, 2012, 77: 39-50.
- [21] PANG J L, HUANG C C. Mid-Holocene soil formation and the impact of dust input in the middle reaches of the Yellow River, Northern China[J]. Soil science, 2006, 171(7): 552-563.
- [22] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [23] 刘逊,邓小华,吴秋明,等. 湘西植烟土壤有机质含量及其影响因素[J]. 核农学报, 2012, 26(7): 1037-1042.
- [24] 朱书法,刘丛强,陶发祥,等. 贵州喀斯特地区棕色石灰土与黄壤有机质剖面分布及稳定碳同位素组成差异[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 169-173.
- [25] 郑庆福,刘艇,赵兰坡,等. 东北黑土耕层土壤黏粒矿物组成的区域差异及其演化[J]. 土壤学报, 2010, 47(4): 736-746.
- [26] 蔡方平,胡雪峰,杜艳,等. 安徽郎溪黄棕色土-红土二元结构土壤剖面的成因与长江流域第四纪晚期古气候演变[J]. 土壤学报, 2012, 49(3): 220-229.
- [27] 王立春,马虹,郑金玉. 东北玉米耕地合理耕层构造研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(4): 13-17.
- [28] 戴万宏,黄耀,武丽,等. 中国地带性土壤有机质含量与酸碱度的关系[J]. 土壤学报, 2009, 46(5): 851-860.
- [29] 张萍,黄永文,杨杨,等. 宜昌地区土壤有机质的空间分布及演变特征[J]. 湖北农业科学 2012, 51(3): 462-465.