

济源市植烟土壤养分时空变异分析

许仪¹, 薛立新¹, 李富欣¹, 符云鹏², 云菲², 金磊¹, 李静静^{1*}

(1. 河南省烟草公司济源市公司, 河南济源 459000; 2. 河南农业大学烟草学院, 河南郑州 450002)

摘要 为全面掌握济源市植烟土壤养分的时空变异特点和丰缺状况, 分别采集了 2008 和 2018 年有代表性的植烟土壤样品进行统计分析。结果表明, 从土壤养分平均含量看, 济源烟区土壤 pH 呈中性, 速效钾、有效锌分别为 266.56、2.45 mg/kg, 含量较丰富; 有机质、全氮、速效氮、速效磷、有效硼、水溶性氯分别为 11.40 g/kg、0.69 g/kg、62.17 mg/kg、15.82 mg/kg、0.52 mg/kg、11.43 mg/kg, 超过 50% 的土壤速效氮含量高、水溶性氯含量低, 基本满足优质烟叶生长需要。经过 10 年来的生产综合利用, pH、有机质、全氮和速效氮含量呈下降趋势, 速效磷和速效钾含量增加, 有效锌和有效硼大幅提升, 水溶性氯有所提高, 全市烟田土壤营养状况较为理想。但是区域间分布不平衡, 有 22% 的土壤有机质含量偏低, 近 40% 的土壤速效磷和有效硼缺乏。根据土壤养分变化、丰缺状况分布和聚类分析结果, 为济源烟区烟田分类合理施肥提供了参考依据。

关键词 烤烟; 土壤养分; 时空变异; 施肥; 济源

中图分类号 S153.6 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)24-0152-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.24.043



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis of Temporal and Spatial Variation of Soil Nutrients for Tobacco Planting in Jiyuan City

XU Yi, XUE Li-xin, LI Fu-xin et al (Jiyuan Tobacco Company of Henan Province, Jiyuan, Henan 459000)

Abstract In order to fully grasp the temporal and spatial variation characteristics and abundance and deficiency of tobacco planting soil nutrients in Jiyuan City, representative tobacco planting soil samples in 2008 and 2018 were collected for statistical analysis. The results showed that the average content of soil nutrients showed that the pH value of soil in Jiyuan tobacco area was neutral. The content of available potassium and zinc were 266.56 and 2.45 mg/kg, abundant in content. The content of organic matter, total nitrogen, available nitrogen, available phosphorus, available boron and water-soluble chlorine were 11.40 g/kg, 0.69 g/kg, 62.17 mg/kg, 15.82 mg/kg, 0.52 mg/kg and 11.43 mg/kg, respectively. More than half of the soil available nitrogen content was high and water-soluble chlorine content was low. The soil nutrients basically met the growth needs of high-quality tobacco. After 10 years of production and comprehensive utilization, the pH, organic matter, total nitrogen and available nitrogen content decreased, the content of available phosphorus and potassium increased significantly, the available zinc and boron increased significantly, and the water-soluble chlorine increased. The soil nutrition of tobacco field in the whole city was ideal. But the regional distribution was not balanced, 22% of the soil organic matter content was low, nearly 40% of the soil available phosphorus and available boron were lack. According to the changes of soil nutrients, the distribution of rich and poor conditions and the results of cluster analysis, it provided a reference for the classified and rational fertilization of tobacco field in Jiyuan tobacco area.

Key words Flue-cured tobacco; Soil nutrients; Temporal and spatial variation; Fertilization; Jiyuan

土壤是影响烟草生长发育重要的环境条件之一, 其养分含量和供应状况直接影响烤烟的产量和烟叶品质^[1-2]。而受成土条件、地形、种植模式、栽培措施等综合因素的影响, 土壤养分含量往往存在空间和时间上的变异性^[3-6]。济源市位于河南省西北部, 是河南省黄河以北主要烤烟种植区。该烟区地形和成土条件复杂, 种烟历史较长, 尤其随着多年来连续的生产利用, 土壤养分含量发生了明显变化, 对烟叶的产量和品质已经产生了不容忽视的影响。近年来针对济源市植烟土壤养分的时空变化进行的系统研究鲜有报道, 因此, 笔者研究济源市植烟土壤养分的变化趋势, 调查养分含量和丰缺状况, 对于烟区实施土壤平衡施肥、基本烟田管理、可持续发展等均具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析 分别采集 2008 和 2018 年 2 个时期的耕层植烟土壤样品。其中, 2008 年采集混合土样 126 个, 2018 年样品采集在 2008 年 GPS 定位系统定位基础上进行, 共采集土样 115 个, 分布在 4 个植烟镇的 23 个重点片区。根

据烟区地形地貌、土壤类型、肥力高低、种植制度等差异, 选择有代表性的烟田采集土样。土样采集时间在当年烟叶收获结束后, 整地前的 11—12 月。采用多点混合采样法, 取样深度为 0~20 cm, 每个混合土样取 10 个点, 在室内风干、磨细、过筛后编号送检。分析项目包括土壤 pH、有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾、有效锌、有效硼、水溶性氯 9 项指标, 具体分析测定参照鲁如坤^[7]的方法进行。

1.2 植烟土壤养分分级标准 参照前人植烟土壤养分分级研究结果^[1, 5, 8-10], 结合济源烟区烟叶生产实际, 分析本地多年烟田测土配方施肥结果, 确立了济源烟区土壤养分含量的分级标准(表 1)。

1.3 数据分析 采用 Excel 2007 和 SPSS 25.0 软件对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 济源烟区土壤养分含量的变异分析

2.1.1 土壤 pH 土壤 pH 是评价植烟土壤肥力的一项重要指标^[11]。从表 2 可以看出, 10 年来, 济源市植烟土壤 pH 有所下降, 2018 年土壤 pH 为 7.34, 变化范围在 6.93~7.65, 呈中性至弱碱性。有 78.26% 的土壤 pH 处于适宜范围, 适宜土壤比例较 2008 年增加了 66.36 百分点。

基金项目 河南省烟草公司济源市公司科技计划项目(2020410881240045)。
作者简介 许仪(1979—), 女, 河南周口人, 助理农艺师, 硕士, 从事烟叶生产管理技术推广工作。* 通信作者, 经济师, 硕士, 从事烟叶生产管理与科技创新工作。
收稿日期 2020-04-01

表 1 济源烟区土壤养分含量分级标准

Table 1 Standards for grading of soil nutrient content in Jiyuan tobacco area

项目 Item	pH	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total N g/kg	速效氮 Available N mg/kg	速效磷 Available P mg/kg	速效钾 Available K mg/kg	有效锌 Available Zn mg/kg	有效硼 Available B mg/kg	水溶性氯 Water-soluble chlorine mg/kg
偏低 Low	<5.50	<10.00	<0.65	<40.00	<10.00	<100.00	<1.00	<0.50	<10.00
适宜 Suitable	5.50~7.50	10.00~15.00	0.65~1.00	40.00~65.00	10.00~20.00	100.00~200.00	1.00~2.00	0.50~1.00	10.00~30.00
偏高 High	>7.50	>15.00	>1.00	>65.00	>20.00	>200.00	>2.00	>1.00	>30.00

表 2 济源烟区土壤 pH 变化及分布

Table 2 Variation and distribution of soil pH in Jiyuan tobacco area

年份 Year	平均值 Mean	变化范围 Range of variation	变异系数 Coefficient of variation//%	分布比例 Proportion of different grades//%		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	7.76±0.27	6.70~8.00	3.53	0.00	11.90	88.10
2018	7.34±0.19	6.93~7.65	2.56	0.00	78.26	21.74

2.1.2 土壤有机质。土壤有机质是土壤肥力的重要物质基础,其含量在一定范围内对烟草的生长发育和烟叶品质有利^[12]。由表 3 可知,济源市植烟土壤有机质含量整体呈下降趋势,10 年来平均含量下降了 1.04 g/kg。2018 年,土壤有机

质平均含量为 11.40 g/kg,变化幅度在 5.80~15.80 g/kg,全市有 73.91%的土壤有机质含量适宜,但 21.74%的土壤有机质含量偏低,较 2008 年增加了 5.87 百分点。在烟草生产中,对于有机质含量偏低烟田,应适当增施芝麻饼肥等优质有机肥。

表 3 济源烟区土壤有机质含量变化及分布

Table 3 Variation and distribution of soil organic matter content in Jiyuan tobacco area

年份 Year	平均值 Mean//g/kg	变化范围 Range of variation//g/kg	变异系数 Coefficient of variation//%	分布比例 Proportion of different grades//%		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	12.44±2.21	8.10~17.00	17.76	15.87	76.19	7.94
2018	11.40±2.63	5.80~15.80	23.02	21.74	73.91	4.35

2.1.3 土壤大量元素。土壤氮素是限制植物生长和产量形成的重要因素。从表 4 可以看出,全市植烟土壤全氮和速效氮平均含量均呈明显下降趋势。其中,全氮平均含量为 0.69 g/kg,较 2008 年降低了 0.23 g/kg,大部分烟田处于适宜范围,不存在全氮含量偏高的情况。速效氮含量在 0.35~0.89 mg/kg,平均含量为 62.17 mg/kg,较 2008 年降低了

34.71 mg/kg;分布差异大,处于适宜范围的比例明显减少,比 10 年前降低了 33.84 百分点,超过 50%的土壤速效氮含量偏高,因此,在烟田施肥时,应结合品种特性,适当控制氮肥用量,避免因土壤氮素含量过高影响烟叶品质;对于速效氮含量偏低的烟田,应综合考虑土壤全氮和速效氮含量,合理施用氮肥。

表 4 济源烟区土壤大量元素含量变化及分布

Table 4 Variation and distribution of soil elements in Jiyuan tobacco area

年份 Year	全氮 Total N						速效氮 Available N					
	平均值 Mean g/kg	变化范围 Range of variation g/kg	变异系数 Coefficient of variation %	分布比例 Proportion of different grades//%			平均值 Mean mg/kg	变化范围 Range of variation mg/kg	变异系数 Coefficient of variation %	分布比例 Proportion of different grades//%		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	0.92±0.17	0.39~1.26	18.12	3.97	64.28	31.75	96.88±25.72	34.40~146.70	26.54	3.97	64.28	31.75
2018	0.69±0.16	0.35~0.89	23.00	21.74	78.26	0.00	62.17±14.41	33.20~84.80	23.17	13.04	30.44	56.52
年份 Year	速效磷 Available P						速效钾 Available K					
	平均值 Mean mg/kg	变化范围 Range of variation mg/kg	变异系数 Coefficient of variation %	分布比例 Proportion of different grades//%			平均值 Mean mg/kg	变化范围 Range of variation mg/kg	变异系数 Coefficient of variation %	分布比例 Proportion of different grades//%		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	14.08±7.96	6.40~44.70	56.55	31.75	60.31	7.94	246.00±32.47	183.40~294.40	13.20	0.00	15.87	84.13
2018	15.82±10.47	5.10~47.10	66.18	39.13	34.78	26.09	266.56±55.81	164.10~375.70	20.94	0.00	17.39	82.61

磷素是烟草生长发育和新陈代谢必需的营养元素,而土壤速效磷是烟叶磷素营养的直接来源^[13]。由表 4 可知,与 2008 年相比,济源市植烟土壤速效磷呈增加趋势,平均含量为 15.82 mg/kg,且分布不平衡,变幅在 5.10~47.10 mg/kg,变

异系数达 66.18%,其中,含量适宜的烟田比例大幅减少,含量偏低和丰富的比例明显增加。因此,生产中在制定施肥方案时,应特别考虑磷肥的合理平衡施用。

钾是烟草最重要的品质元素,土壤速效钾对烟株的钾素

营养状况有直接影响^[14]。从土壤速效钾分析结果来看(表4),全市植烟土壤的速效钾平均含量明显增加,达266.56 mg/kg,较10年前提高了20.56 mg/kg,变幅在164.10~375.70 mg/kg。从分布状况看,10年来烟田土壤的速效钾含量变化幅度不大,均处于适宜和丰富范围,这可能与济源烟区一直十分重视钾肥的科学施用有关。

2.1.4 土壤微量元素。锌是烟草必需的微量元素之一,有促

进烟草生长发育、提高产量、改善品质等作用^[15]。从表5可以看出,与2008年相比,济源市植烟土壤有效锌含量明显增加,平均含量为2.45 mg/kg,较10年前增加了1.13 mg/kg,处于较高水平。绝大多数烟田的有效锌能满足烟株生长需要,其中,60.87%的植烟土壤有效锌含量处于偏高水平,分布比例较10年前增加了56.90个百分点,这得益于烟区近年来对锌等微肥施用的重视。

表5 济源烟区土壤大量元素含量变化及分布
Table 5 Variation and distribution of soil trace elements in Jiyuan tobacco area

年份 Year	平均值 Mean mg/kg	变化范围 Range of variation mg/kg	变异系数 Coefficient of variation // %	有效锌 Available Zn		
				分布比例 Proportion of different grades // %		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	1.32±0.37	0.81~2.11	28.01	19.84	76.19	3.97
2018	2.45±1.13	0.71~4.57	45.90	4.35	34.78	60.87

年份 Year	平均值 Mean mg/kg	变化范围 Range of variation mg/kg	变异系数 Coefficient of variation // %	有效硼 Available B		
				分布比例 Proportion of different grades // %		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	0.15±0.07	0.08~0.40	45.85	100.00	0.00	0.00
2018	0.52±0.12	0.28~0.81	23.64	39.13	60.87	0.00

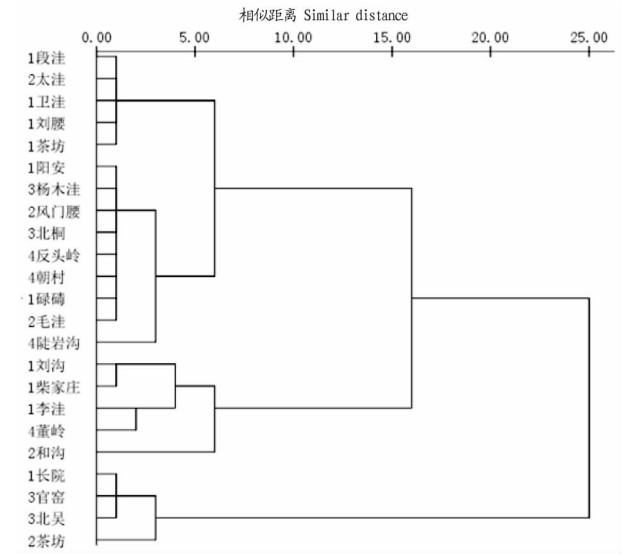
年份 Year	平均值 Mean mg/kg	变化范围 Range of variation mg/kg	变异系数 Coefficient of variation // %	水溶性氯 Water-soluble chlorine		
				分布比例 Proportion of different grades // %		
				偏低 Low	适宜 Suitable	偏高 High
2008	10.93±5.80	5.50~31.80	53.03	64.28	31.75	3.97
2018	11.43±5.04	7.00~24.50	44.09	52.17	47.83	0.00

硼在烟草的生理生化过程中发挥着非常重要作用,影响烟株的生长发育、产量和品质^[16]。与10年前相比(表5),全市植烟土壤有效硼含量大幅提升,平均含量达0.52 mg/kg,较2008年增加了0.37 mg/kg,其中,处于适宜比例的植烟土壤增加了60.87个百分点,改变了10年前普遍缺硼的状况。但仍有39.13%的植烟土壤有效硼含量在临界值(0.50 mg/kg)以下,因此,在烟叶生产中,仍应科学合理补施硼肥。

氯是烟草生长发育必需的营养元素,也是评价烟叶品质的重要指标之一。研究表明,土壤含氯量与烤烟氯含量呈明显正相关关系,通常把土壤含氯量作为判断烟区适宜种烟的重要指标之一^[17-18]。由表5可知,与2008年相比,济源市植烟土壤水溶性氯含量有所提高,平均含量为11.43 mg/kg,变幅在7.00~24.50 mg/kg,不存在水溶性氯含量超限(大于30.00 mg/kg)的情况,其中52.17%的植烟土壤水溶性氯含量低于10.00 mg/kg。

2.2 济源烟区土壤养分含量的聚类分析 为研究区域间土壤养分分布的相似性,对济源烟区2018年23个重点植烟片区的土壤养分含量进行多变量系统聚类分析,结果见图1和表6。由图1和表6可以看出,全市植烟片区划分为3个类群,各类群主要特征:I类包括14个片区,占全市重点植烟片区总数的60.87%,与其他两类相比,该类群土壤的全氮、速效氮、有效锌含量高,pH、有机质、速效磷、速效钾、有效硼含量居中,水溶性氯含量低;II类包括5个片区,占片区总数的

21.74%,该类群速效磷、速效钾、有效硼含量高,全氮、速效氮、水溶性氯含量居中,pH、有机质、有效锌含量低;III类包括4个片区,占片区总数的17.39%,该类群pH、有机质、水溶性



注:1、2、3、4 分别代表邵原、王屋、下冶、大峪 4 个植烟镇
Note:1,2,3 and 4 respectively represent four tobacco planting towns of Shaoyuan, Wangwu, Xiaye and Dayu

图1 济源市各植烟片区土壤养分的聚类分析
Fig.1 Cluster analysis of soil nutrients in different tobacco areas of Jiyuan City

氯含量高,有效锌含量居中,全氮、速效氮、速效磷、速效钾、有效硼含量低。统计分析表明,不同植烟片区类群之间的土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾和水溶性氯存在显著差异,而 pH、有效锌、有效硼差异不显著。

表 6 济源烟区各类别土壤养分含量比较
Table 6 Comparison of soil nutrient content of different types in Jiyuan tobacco area

类群 Type	pH	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total N g/kg	速效氮 Available N mg/kg	速效磷 Available P mg/kg	速效钾 Available K mg/kg	有效锌 Available Zn mg/kg	有效硼 Available B mg/kg	水溶性氯 Water-soluble chlorine //mg/kg
I	7.32±0.18 a	12.26±1.86 a	0.74±0.10 a	69.49±8.78 a	14.64±6.73 b	263.75±26.47 b	2.65±1.19 a	0.52±0.13 a	10.20±3.25 b
II	7.25±0.19 a	12.14±1.76 a	0.74±0.09 a	55.28±15.62 b	26.08±15.59 a	341.84±22.31 a	2.07±1.30 a	0.54±0.06 a	10.52±4.16 b
III	7.52±0.10 a	7.48±2.43 b	0.44±0.17 b	45.18±12.18 b	7.13±0.96 b	182.30±13.88 c	2.24±0.67 a	0.51±0.10 a	16.90±8.33 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异达显著水平($P<0.05$)
Note: Different small letters in the same column mean significant difference at 0.05 level

3 结论与讨论

该研究结果表明,从土壤养分平均含量看,济源烟区土壤 pH 呈中性,有机质、全氮、速效氮、速效磷、有效硼、水溶性氯含量分别为 11.40 g/kg、0.69 g/kg、62.17 mg/kg、15.82 mg/kg、0.52 mg/kg、11.43 mg/kg,均在适宜范围;速效钾、有效锌含量分别为 266.56、2.45 mg/kg,含量较丰富,基本满足了优质烟叶生长需要。

经过 10 年来的生产综合利用,济源市植烟土壤养分含量变化较大,土壤营养状况整体表现较为理想 pH 明显下降,从碱性土壤为主转变为中性至弱碱性为主;有机质、全氮和速效氮含量呈下降趋势,大多数在适宜和偏高范围,其中速效氮含量偏高的比例增加了 25%;速效磷和速效钾含量明显增加,其中速效磷含量变异较大,速效钾含量较丰富;有效锌和有效硼大幅提升,缺乏比例明显降低;水溶性氯有所提高,所有土壤均在临界值 30 mg/kg 以下,处于适宜种烟水平。

但土壤养分在区域间分布不平衡,超过 80%的植烟土壤速效钾含量丰富,22%的土壤呈碱性,22%的土壤有机质含量低于 10 g/kg,57%的土壤速效氮含量偏高,12%的土壤表现为缺氮,39%的烟田速效磷含量偏低,39%的烟田硼含量低于临界值 0.5 mg/kg,52%的烟田水溶性氯含量低于 10 mg/kg。

根据土壤养分变化、丰缺状况分布和聚类结果,应结合生产实际,大力推行分区划片精准施肥,加大芝麻饼肥、兔粪肥等优质有机肥施用,促进有机质分解转化,改善土壤生态环境,提升肥料利用率。在烟草专用肥配方选择时,按照种植模式和品种需肥特性,对于I类烟区应参照控氮、稳磷钾的原则,适当调减氮肥用量;Ⅲ类烟区应重点加强土壤保育,适当加大有机肥用量,增施磷肥,稳定氮肥和钾肥用量;Ⅱ类烟区可继续选用原有烟草专用肥配方。并且根外追施适量的硼肥,有针对性地补充锌肥,满足烟株生长发育需要,避免出现缺素症状。同时,仍要坚持定期开展测土评价,及时跟踪改进配方施肥方案,进一步促进区域间土壤养分平衡,为烟

草生长和优质烟的形成创造适宜的土壤条件。另外,济源市植烟土壤的钾含量较丰富,在河南省烟区处于较高水平^[19-20],对于这一典型特征与烟叶品质关系的分析和挖掘,有待今后进一步研究。

参考文献

[1] 张翔,黄远炯,范艺宽.河南植烟土壤与烤烟营养[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009:40-53.
[2] 查道喜,汤四海.植烟土壤改良措施对土壤和烟叶产量与质量的影响[J].现代农业科技,2017(18):38-39.
[3] 张秋菊,江厚龙,刘国顺,等.植烟土壤养分的空间变异性研究[J].河南农业大学学报,2011,45(1):116-122.
[4] 李强,周冀衡,杨荣生,等.马龙县植烟土壤养分空间变异特征及适宜性评价[J].土壤,2011,43(6):897-902.
[5] 黄元炯,张翔,毛家伟.豫西烟区土壤养分现状及其演变与烤烟施肥技术[J].中国烟草学报,2009,15(4):39-42.
[6] 刘勇军,黎娟,唐春闰,等.宁乡植烟土壤主要养分时空分布研究[J].湖南农业科学,2018(2):58-62.
[7] 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,1998.
[8] 苏志军,乔中兴,薛立新,等.济源烟区土壤营养状况评价研究[J].江西农业学报,2010,22(8):67-70.
[9] 毛家伟,李华荣,李彰,等.洛阳烟区土壤养分演变及不同茬口土壤特性分析[J].河南农业科学,2012,41(11):69-73.
[10] 符云鹏,王小翠,陈雪,等.毕节烟区土壤 pH 值分布状况及与土壤养分的关系[J].土壤,2013,45(1):46-51.
[11] 林毅,梁颂捷,朱其清.三明烟区土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J].烟草科技,2003(6):35-37.
[12] 李佳颖,刘新源,李洪臣,等.三门峡土壤有机质含量分布特征及其与烟叶品质的关系[J].江苏农业科学,2016,44(12):475-479.
[13] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003:146-150.
[14] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003:141-150.
[15] 韩锦峰.烟草栽培生理[M].北京:中国农业出版社,2003:189-221.
[16] 崔国明,黄必志,柴家荣,等.硼对烤烟生理生化及产质量的影响[J].中国烟草科学,2000,21(3):14-18.
[17] 伦锦,焦绍赫,赵攀攀,等.豫中烟区土壤与烤烟氯含量的地区分布特点及两者间的关系分析[J].云南农业大学学报(自然科学),2018,33(3):500-505.
[18] 张翔,范艺宽,黄元炯,等.烤烟吸收氯的主要来源及其在体内分布的研究[J].土壤肥料,2006(2):62-64.
[19] 张翔,范艺宽,黄元炯,等.河南烟区土壤钾素含量与分布[J].烟草科技,2003(3):37-39.
[20] 黎妍妍,张翔,许自成,等.河南烟区土壤养分状况分析[J].安徽农业科学,2006,34(10):2207-2208.

(上接第 129 页)

[6] MURPHY P,PRITCHARD M P,SMITH B.The destination product and its impact on traveller perceptions[J].Tourism management,2000,21(1):43-52.
[7] 姚娟,陈颢,田世政.少数民族地区游客乡村旅游质量感知研究:以新疆昌吉州杜氏农庄为例[J].旅游学刊,2008,23(11):75-81.
[8] 张立军.旅游服务质量模糊综合评价方法研究[J].数量经济技术经济研究,2003,20(1):85-88.
[9] 祁黄雄,谢钱.基于 BCM 模型的乡村旅游企业服务质量测评——湖州顾渚村的实证调查[J].地理研究,2011,30(7):1331-1340.
[10] 江波,郑红花.基于旅游目的地八要素的服务质量评价模型构建研究[J].商业研究,2007(8):148-153.
[11] 黄源财.基于游客感知的乡村旅游区生态环境质量评价研究[D].福州:福建农林大学,2011.