

# 中南丘陵区不同土壤类型下的土地利用景观格局分析

文倩<sup>1,2</sup>, 李青松<sup>1</sup>, 孙水娟<sup>2</sup>

(1. 河南农业大学 资源环境学院, 郑州 450002; 2. 湖南农业大学 资源环境学院, 长沙 410128)

**摘要:**应用 RS, GIS, Fragstats 软件研究了醴陵市土壤类型和景观格局、景观指数的关系。结果表明: (1) 醴陵市主要土壤类型是红壤和水稻土; 景观类型以林地和水田为主, 各景观分布的主要土壤类型为红壤与水稻土, 景观斑块类型在各土壤类型区存在明显差异; (2) 土地利用景观多样性指数和均匀度为: 紫色土 > 水稻土 > 红壤 > 河潮土 > 黄壤, 优势度则相反; (3) 各土壤类型区形状指数变化很小, 分维数一致; (4) 各土壤类型区的廊道密度指数为: 紫色土 > 水稻土 > 河潮土 > 红壤 > 黄壤, 差异较大。

**关键词:**土壤类型; 景观格局; 景观指数; 醴陵市

中图分类号: P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)05-0090-05

## Research on the Land Use Landscape Pattern of Different Soil Types in Central-south Hilly Area

WEN Qian<sup>1,2</sup>, LI Qing-song<sup>1</sup>, SUN Shui-juan<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. College of Resources and Environment, Hu'nan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** By using the softwares of RS, GIS and Fragstats, the relationship between soil type and landscape pattern, landscape indices in Liling City was studied. The result showed that: (1) the major soil types in Liling City were red soil and paddy soil, and landscape types were dominated by wood land and paddy field. There were obvious differences in landscape patch types in the different soil types; (2) landscape diversity index and evenness of land use were as the order of purple soil area > paddy soil area > red soil area > river alluvial soil area > yellow soil area, while dominance was opposite; (3) the shape index changed slightly in each soil type area, and the fractal dimension was basically same; (4) the corridor density index was quite different, it was expressed as purple soil area > paddy soil area > river alluvial area area > red soil area > yellow soil area.

**Key words:** soil type; landscape pattern; landscape index; Liling City

土地利用景观格局是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的排列, 它不仅是景观异质性的重要表现, 亦是各种生态过程在不同尺度上作用的结果<sup>[1]</sup>。土壤作为中等尺度土地利用景观格局形成的基础条件, 其空间分布将在一定程度上影响土地利用的景观格局与演变<sup>[2]</sup>, 例如流域尺度土壤多样性指数与土地利用景观格局呈现出较好的正相关<sup>[3]</sup>; 研究其与土地利用景观格局的关系, 对于了解土壤的形成过程、结构和功能具有重要的意义, 对土壤与植被的关系、植被空间格局以及各种生态过程研究也具有重要参考价值<sup>[4]</sup>。对重庆岩溶地区的研究也表明不同土壤类

型区土地利用景观存在明显差异<sup>[5]</sup>。同时, 土壤理化性质等自然环境要素的差异也影响景观格局的动态变化趋势<sup>[6]</sup>; 土壤养分的空间变异性特征也反映出区域生态功能与景观格局的动态改变<sup>[7-9]</sup>。另一方面, 景观格局及其特征也作用于土壤类型及其成因, 如显著影响土壤侵蚀的类型和速度<sup>[10]</sup>, 土壤侵蚀级别随景观多样性指数的增加而降低等<sup>[11]</sup>。

本文以湖南省醴陵市为研究区域, 在应用遥感影像综合评价区域土地利用的基础上, 结合景观生态学的方法对景观格局进行定量评价, 并对区域内景观类型、景观格局与土壤类型的关系进行定量分析, 以期

为县域尺度的景观生态建设、土地合理利用和规划管理、环境保护等提供借鉴与指导。

1 研究区域和研究方法

1.1 研究区概况

醴陵市地处湖南省东部,地理位置北纬 113°09′49″—113°45′43″,东经 27°22′15″—27°58′07″,总面积 215 665.2 hm<sup>2</sup>。境内年均气温 17.6℃,≥0℃年均积温 6 401℃,年均降水量 1 454 mm,年均日照 1 665.1 h,属亚热带东南季风湿润气候。地貌类型以山地、丘陵、岗地为主。地势自东向西平缓下降,东西低,南北高,呈四级阶梯式倾斜分布,属多种地貌类型俱全的多类型盆地。土地利用方式以林地为主,占总面积的 50%以上,其次为水田,约占总面积的 27%。主要农作物包括水稻、红薯、玉米、大小麦、大豆、油菜、柑桔、茶叶。全市现有 36 个乡镇、4 个行政区。截至 2010 年底,全市总人口 100.73 万人,其中农业人口 86.25 万人,占总人口的 85.62%,人均 GDP 为 13 275.77 元。

1.2 数据来源与数据处理方法

采用的数据资料主要有 1995 年和 2009 年的 Landsat 7 ETM+影像(轨道号 123/41),2009 年 1:5 万土地利用分类图,1995 年 1:5 万地形图,以及覆盖研究区的 DEM 数据(30 m 分辨率)和相应的野外调查资料。

本文以《土地利用现状分类》(2009)为依据,综合考虑研究区土地利用的实际情况、区域环境特征、影像可分辨能力及技术处理难易程度等因素,把研究区的土地利用分为水田、旱地、林地、园地、城镇用地、独立工矿用地、水域和未利用地 8 个类型。在 ArcGIS 环境下借助土地利用分类图和野外调查资料对影像进行机助解译并数字化,建立其空间拓扑关系,生成醴陵市土地利用的图形数据库和相应的属性数据库。同时应用景观格局分析软件 Fragstats 计算景观多样性、均匀度和优势度等景观指数。

2 结果与分析

2.1 土壤类型及分区

根据土壤属性的相似性和差异性,按照一定的分类原则和系统,将研究区客观存在的土壤进行分类。将研究区土壤划分为红壤、水稻土、紫色土、黄壤、河潮土、石灰土 6 类(附图 8)。其中水稻土包括淹育性水稻土、潜育性水稻土、渗育性水稻土、潜育性水稻土、沼泽性水稻土和矿毒性水稻土 6 个亚类;红壤包括红壤和黄红壤 2 个亚类;紫色土包括酸性紫色土、中性紫色土和石灰性紫色土 3 个亚类;潮土仅有河潮土 1 个亚类。由于石灰土面积很小以及比例尺较小等原因,故在对土壤图进行矢量化时,将石灰土的图斑并入了相邻地类中。

醴陵市土壤可量算总面积 211 335.57 hm<sup>2</sup>,占土地面积的 97.99%,主要土壤类型为红壤和水稻土,且在西北部和南部呈连片分布(表 1)。红壤面积最大,为 104 804.11 hm<sup>2</sup>,占总面积的 48.60%,主要分布在北部和西南部,且在北部占绝对优势;其次是水稻土,为 83 237.80 hm<sup>2</sup>、占总面积的 38.60%,主要分布在渌江及其支流沿岸;紫色土面积 21 764.62 hm<sup>2</sup>,占总面积的 10.09%,集中在城区以东以南地区,西南山区也有零星分布;黄壤、河潮土面积相对较少,且分布较为零散。

表 1 醴陵市不同土壤类型面积及比例

项目	红壤	水稻土	紫色土	黄壤	河潮土
面积/hm <sup>2</sup>	104804.11	83237.80	21764.62	1169.65	359.39
面积比/%	48.60	38.60	10.09	0.54	0.17

2.2 土壤类型与景观格局的空间分布关系

2.2.1 景观格局与土壤类型总体分布 醴陵市景观类型中分布最广的是林地、水田和城镇用地,面积分别为 118 152.55 422,15 605 hm<sup>2</sup>,占全部景观面积的 89.5%,其余类型景观分布较少(表 2)。各景观类型中红壤、水稻土分布都很广泛,约占总面积的 80%~90%;但黄壤与河潮土分布面积积极低,仅占各景观总分布面积的 0.1%~1.0%。

表 2 醴陵市景观类型与土壤类型面积

项目	水田	旱地	园地	林地	城镇用地	独立工矿用地	水域	未利用地
总面积	55422.2	7212.0	3634.3	118152.5	15605.2	1613.5	4924.8	4771.1
红壤	15645.8	3881.1	1699.1	74432.2	4871.7	528.0	1646.5	2099.7
水稻土	33834.4	2431.1	1460.9	31239.3	9277.9	922.7	2288.3	1783.3
紫色土	5859.5	857.9	459.0	11150.5	1422.7	159.7	984.7	870.6
黄壤	45.4	25.4	15.3	1056.5	19.3	1.5	3.8	2.4
河潮土	37.1	16.5	0.1	274.0	13.6	1.5	1.4	15.1

从单个景观分析,63%的林地分布在红壤上,其余主要分布于水稻土(占分布面积的 27%);绝大部分的水田也分布于水稻土和红壤,分别占水田分布面积的 61%和 28%;此外,超过半数(54%)的旱地分布在红壤上,同时旱地在水稻土上也有广泛分布(占分布面积的 34%)。总体来看,除水田、水域外,各景观在红壤的分布面积普遍高于水稻土,但城镇用地和独立工矿却相反,它们在水稻土上的分布面积高达 60%和 57%,是其在红壤分布面积的近 1 倍,此外还有 40%

的未利用地也分布于水稻土。出现这种情况一方面与红壤和水稻土是醴陵市两大主要土壤类型有关,另一方面也反映出醴陵市景观结构布局的不合理。

2.2.2 水稻土景观格局分析 水稻土区域地势平坦,河流纵横。水田景观占优势,达 33 834.43 hm<sup>2</sup>,占本土壤类型区面积的 40.65%、总面积的 15.69%,并大于其它土壤类型区的水田景观面积;林地的数量位居第二,占水稻土总面积的 37.53%,城镇用地的面积也相对较高,约占总面积的 11.2%(表 3)。

表 3 醴陵市水稻土景观格局分析

景观类型	面积/ hm <sup>2</sup>	占本区面积 比/%	占总面积 比/%	斑块 总数/个	斑块密度/ (个·km <sup>-2</sup> )	形状指数	廊道密度指数/ (km·km <sup>-2</sup> )
水田	33834.43	40.65	15.69	4151	4.98	1.55	87.39
旱地	2431.12	2.92	1.13	4059	4.87	1.22	18.86
园地	1460.87	1.76	0.68	1513	1.82	1.25	8.87
林地	31239.26	37.53	14.49	5082	6.10	1.56	92.21
城镇用地	9277.85	11.15	4.30	8227	9.88	1.31	55.27
独立工矿用地	922.68	1.11	0.43	515	0.62	1.29	4.17
水域	2288.30	2.75	1.06	3891	4.67	1.17	17.19
未利用地	1783.30	2.14	0.83	1618	1.94	1.29	10.61

斑块数量特征(个数与密度)为城镇用地>林地>水田>旱地>水域>未利用地>园地>独立工矿用地,表明单位基质面积上城镇用地景观类型分布较多且零散。主要与该区包含了醴陵市城区和人口密度最大的 4 个乡镇、受人为因素干扰强烈,从而导致景观破碎化程度较高有关。从形状指数和廊道密度指数分析,林地和水田的指数值大于其它景观类型,且林地和水田的形状指数相接近,仅差 0.01,反映出林地和水田的形状不规整,破碎化程度较高。其原因是渌江及

其支流横穿境内,同时该区域又是人类居住的主要分布区,道路密集、受自然和人为因素影响较高。

2.2.3 红壤景观格局分析 红壤主要分布在地势较高的北部和西南部,区域内各景观类型面积分异较大(表 4)。景观类型以林地占绝对优势,面积为 74 432.21 hm<sup>2</sup>,占红壤区面积的 71.02%,占土地总面积的 34.51%;其次为水田景观,占红壤区面积的 15%;其余各景观类型面积分布比例皆在 5%以下,特别是独立工矿,仅占红壤区总面积的 0.5%。

表 4 醴陵市红壤景观格局分析

景观类型	面积/ hm <sup>2</sup>	占本区面积 比/%	占总面积 比/%	斑块总数/ 个	斑块密度/ (个·km <sup>-2</sup> )	形状指数	廊道密度指数/ (km·km <sup>-2</sup> )
水田	15645.76	14.93	7.25	5695	5.43	1.53	54.94
旱地	3881.11	3.70	1.80	6421	6.12	1.26	24.81
园地	1699.11	1.62	0.79	1671	1.59	1.25	7.90
林地	74432.21	71.02	34.51	2845	2.71	1.62	95.10
城镇用地	4871.69	4.65	2.26	6910	6.59	1.23	27.78
独立工矿用地	528.03	0.50	0.24	384	0.37	1.26	2.09
水域	1646.50	1.57	0.76	2657	2.53	1.19	9.76
未利用地	2099.70	2.00	0.97	1710	1.63	1.31	9.60

各土壤类型中城镇用地的斑块数和斑块密度最大,分别为 6 910 个和 6.59 个/km<sup>2</sup>;其次为旱地,独立工矿用地了的斑块数和斑块密度最小,仅为 384 个和 0.37 个/km<sup>2</sup>。表明城镇用地单位基质面积上空隙分布最广,空间异质性最大;这与山区尤其是北部山区农村居民点分布十分分散,多为单家独户有关。形状指数和廊道密度指数以林地最高,反映出林地形

状不规则、边界曲折、破碎程度高。其原因为红壤区地貌复杂、地势陡峭、地表破碎,同时又零星分布有条带状水库,更加剧了林地的破碎化程度。

2.2.4 黄壤与河潮土景观格局分析 黄壤与河潮土零星分布在研究区的北部和南部山地区,林地景观占绝对优势,分别占各土壤类型区面积的 90.33%和 76.25%,其余景观类型分布稀少,除河潮土水田分布

面积达到 10.34%外,其它景观类型面积都在 5%以下甚至更低,如黄壤独立工矿比例为 0.13%、河潮土中园地景观仅为 0.03%(表 5)。

黄壤区旱地、水田和城镇用地斑块个数总计 131 个,占本区总面积的 7.8%;同时这三种景观的破碎化程度远高于其它景观类型,其中又以水田和旱地最为突出,其斑块密度分别为 3.59 个/km<sup>2</sup> 和 4.61 个/km<sup>2</sup>。可见水田和旱地景观受外来人为土地利用干

扰较多,同时本土壤区农业生产、经营规模化程度较低,农业收入仍是主要经济来源,土地利用活动剧烈。黄壤与河潮土两种土壤类型区中林地的形状指数和廊道密度指数都最高,城镇用地、独立工矿用地和园地则相对较小,表明两区中占绝对优势的天然林景观,受人为因素影响程度弱,边界较曲折、生态系统稳定。而城镇用地、独立工矿用地和园地属人工与半人工景观类型,经过人为的规划之后形状简单且规整。

表 5 醴陵市黄壤与河潮土景观格局分析

土壤类型	景观类型	面积/ hm <sup>2</sup>	占本区面积 比/%	占总面积 比/%	斑块数/ 个	斑块密度/ (个·km <sup>-2</sup> )	形状指数	廊道密度指数/ (km·km <sup>-2</sup> )
黄壤	水田	45.42	3.88	0.02	42	3.59	1.35	19.63
	旱地	25.36	2.17	0.01	54	4.61	1.24	16.40
	园地	15.29	1.31	0.01	12	1.03	1.36	5.95
	林地	1056.51	90.33	0.49	14	1.20	1.67	61.85
	城镇用地	19.34	1.65	0.01	35	2.99	1.18	10.20
	独立工矿用地	1.53	0.13	0.00	3	0.26	1.23	0.97
	水域	3.78	0.32	0.00	5	0.43	1.44	2.26
	未利用地	2.43	0.21	0.00	3	0.26	1.31	1.23
河潮土	水田	37.14	10.34	0.02	17	4.73	1.41	38.54
	旱地	16.46	4.58	0.01	14	3.89	1.40	23.69
	园地	0.09	0.03	0.00	1	0.28	1.00	0.33
	林地	274.04	76.25	0.13	14	3.89	1.59	97.26
	城镇用地	13.58	3.78	0.01	17	4.73	1.24	21.02
	独立工矿用地	1.53	0.43	0.00	4	1.11	1.23	3.67
	水域	1.44	0.40	0.00	2	0.56	1.06	2.17
	未利用地	15.11	4.20	0.01	9	2.50	1.22	15.02

2.2.5 紫色土景观格局分析 紫色土分布在渌水中游平原地区和东部低山丘陵地区,土地利用以林地和水田景观类型为主,面积共 17 009.94 hm<sup>2</sup>、占紫色土面积的 78.15%;旱地与园地景观分布则相对较小(表 6)。

各景观类型中城镇用地的斑块数和斑块密度最大,分别为 2 057 个和 9.44 个/km<sup>2</sup>,表明城镇用地景观类型在该区分布较广。这与本类型区地势平坦并有上瑞高速和 320 国道经过,城镇发展主要以公路为依托、沿公路方向向前和向外扩展,从而造成城镇和

农村居民点用地分布零散有关。从斑块形状指数来看,林地>水田>未利用地>独立工矿用地>园地>旱地>城镇用地>水域,但除林地、水田外,各景观的斑块形状指数相差不大。表明紫色土区各景观类型斑块的形状较为简单、规则,同时也说明本区空间异质性程度较低、生态系统稳定。廊道密度指数则以林地最大、为 123.12 km/km<sup>2</sup>,其次为水田、廊道密度指数 98.28 km/km<sup>2</sup>,独立工矿用地最小、仅 2.36 km/km<sup>2</sup>;这与该区人口分布集中、交通发达、人类活动频繁、林地和水田分布广泛有关。

表 6 醴陵市紫色土景观格局分析

景观类型	面积/ hm <sup>2</sup>	占本区面积 比/%	占总面积 比/%	斑块总数/ 个	斑块密度/ (个·km <sup>-2</sup> )	形状指数	廊道密度指数/ (km·km <sup>-2</sup> )
水田	5859.48	26.92	2.72	1855	8.52	1.56	98.28
旱地	857.92	3.94	0.40	1295	5.95	1.23	24.22
园地	458.96	2.11	0.21	433	1.99	1.28	10.65
林地	11150.46	51.23	5.17	1503	6.90	1.61	123.12
城镇用地	1422.73	6.54	0.66	2057	9.44	1.22	39.04
独立工矿用地	159.73	0.73	0.07	67	0.31	1.30	2.36
水域	984.73	4.52	0.46	1573	7.22	1.16	27.11
未利用地	870.6	4.00	0.40	679	3.12	1.34	19.23

## 2.3 不同土壤类型下土地利用景观格局特征分析

2.3.1 景观多样性、均匀度与优势度 不同土壤类型之间多样性指数、均匀度和优势度三种景观指数差异较大。景观多样性指数和均匀度从高到低依次为紫色土>水稻土>红壤>河潮土>黄壤,优势度则相反(表 7)。说明土地利用景观多样性和空间异质性程度以及景观分布比例不均匀、随各土壤类型的多样性指数、均匀度下降而下降;优势度增加则说明一种

或几种景观在整体中占越来越明显的支配性地位。其中,黄壤与河潮土的多样性指数和均匀度较小、优势度则较高;紫色土和水稻土多样性指数和均匀度均较大,优势度较低。说明黄壤与河潮土类型区土地利用景观类型较为简单,主要为大面积的林地斑块,而紫色土和水稻土是人类活动影响强烈的地区,土地利用的景观空间异质化程度较高,各土地利用景观类型均有分布,因此多样性指数和均匀度较高。

表 7 醴陵市不同土壤区景观格局指数

土壤类型	斑块数/ 个	斑块周长/ km	多样性 指数	均匀度	优势度	形状指数	分维数	廊道密度指数/ ( $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$ )
水稻土	29056	14549790	1.38	0.67	1.62	1.35	1.06	174.68
红壤	28293	14010240	1.03	0.49	1.97	1.34	1.06	133.59
黄壤	168	88350	0.47	0.22	2.53	1.31	1.06	75.48
河潮土	78	49800	0.89	0.43	2.11	1.36	1.06	138.47
紫色土	9462	4248600	1.39	0.67	1.61	1.35	1.06	195.07

2.3.2 形状指数、分维数与廊道密度指数 各土壤类型区的形状指数都比较小,变化幅度为 1.31~1.36,且各土壤类型区的分维数相同,都是 1.06。说明自然因素和人类活动对各土壤类型的影响程度不高,各土壤类型的斑块形状较为简单。

但不同土壤类型区之间的廊道密度指数差异较大,这不仅直接影响土地利用景观类型的分布,而且还分割了土地利用景观格局、使景观破碎化程度加深<sup>[6]</sup>。研究区的廊道类型主要为水系和道路,廊道密度指数在紫色土区和水稻土区最高,分别达到了 195.07 和 174.68;黄壤区最低,仅 75.48。这与紫色土和水稻土区是农业、工业生产的主要场所,水系密集、人口稠密、交通发达有关,因此破碎化程度也最高;而在以林地景观为主的黄壤区,景观类型简单、人为干扰少、破碎化程度也相应较低。

## 3 结论

(1) 醴陵市主要土壤类型是红壤和水稻土、主要景观类型是林地和水田。各景观类型都主要分布在红壤和水田上,这与醴陵市土壤类型结构是一致的。需要指出的是建设用地在水稻土上的分布面积远高于红壤,此外还有近 40% 的未利用地也分布于水稻土上,这种景观分布格局将对保护与提高土壤质量、维护景观的稳定性与多样性产生不利影响。今后醴陵市在新增建设用地上应尽可能避开水稻土区域,同时加强土地开发与复垦力度,从而巩固和维护醴陵市作为粮食主产区的地位,切实保障国家粮食安全。

(2) 醴陵市的优势景观类型是林地和水田,有明显的景观基质特性,各土壤类型区景观斑块类型差异明显。因此,应切实保护好林地和水田两种景观类型

不受干扰和破坏,以发挥它们控制区域景观生态格局及发展的作用,维护区域生态平衡与景观的稳定性、多样性。

(3) 土地利用景观多样性指数和均匀度为:紫色土>水稻土>红壤>河潮土>黄壤,优势度则相反。各土壤类型区形状指数差异很小,分维数一致;廊道密度指数差异较大,紫色土区和水稻土区最高、黄壤区最低。紫色土与水稻土多分布于海拔较低、地势平坦的区域<sup>[12]</sup>,是醴陵市生活、生产与经济活动的中心,虽然景观类型丰富,但破碎化程度高、受人为影响大、生态系统稳定性低,也是全市的景观生态脆弱区,今后应着重加强对这两个区域的保护和规划。

### 参考文献:

- [1] 梁友嘉,钟方雷,徐中民.基于 RS 和 GIS 的张掖市土地利用景观格局变化及驱动力[J].兰州大学学报:自然科学版,2010,46(5):24-30.
- [2] 曾辉,孔宁宁,李书娟.卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响[J].生态学报,2001,21(12):1996-2001.
- [3] 陈利顶,张淑荣,傅伯杰,等.流域尺度土地利用与土壤类型空间分布的相关性研究[J].生态学报,2003,23(12):2497-2504.
- [4] Schleinger W H, Raikes J A, Hartley A E, et al. On the spatial pattern of soil nutrient in desert ecosystem[J]. Ecology,1996,77(2):364-374.
- [5] 王子芳,屈双荣,李阳兵,等.重庆岩溶地区不同土壤类型的土地利用多样性分析[J].水土保持学报,2006,20(2):153-156.
- [6] 孔繁花,李秀珍,尹海伟.大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局的变化[J].南京林业大学学报:自然科学版,2005,29(2):33-36.

(下转第 99 页)

土壤 TP 含量由于沿土层有所波动,因而在各土层间并未表现出显著性差异,这与王洪杰<sup>[13]</sup>等的研究一致,但与陆安祥<sup>[5]</sup>的研究不一致。这可能与土壤母质或耕作者的施肥习惯有关,还需进一步研究证实。

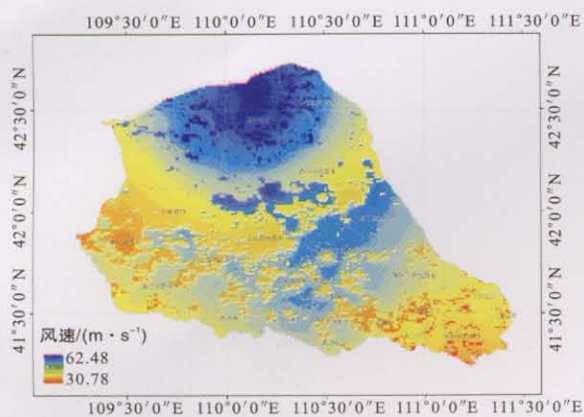
(3) 不同土地利用方式土壤 0—100 cm 内有机质含量排序为:设施农业>传统农业>撂荒地>坡耕地>林地,并且设施农业有机质含量显著高于坡耕地和林地。在 5 个土层内,不同土地利用方式间土壤有机质含量差异不显著,只在 20—40 cm 土层内设施农业与坡耕地、林地之间达到显著性差异。土壤有机质含量沿土层自上而下逐层降低,但在不同土地利用方式下,各土层间的显著性差异不一致。由此可见,土壤有机质含量与土壤 TN 含量在不同土地利用方式间的含量排序及其剖面分布方面表现出较高的一致性,这与两者往往表现出较强相关性的结论是一致的。然而,土壤有机质与土壤 TN 含量在不同土地利用方式间的显著性差异并不一致。这是因为土壤有机质比土壤氮素更易受环境因素的影响,导致其在土壤剖面中的含量偏离人类耕作活动的控制。

#### 参考文献:

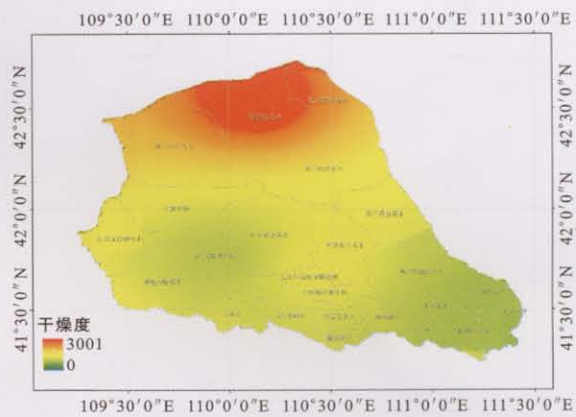
- [1] 段永蕙,张乃明. 滇池流域农村面源污染状况分析[J]. 环境保护,2003(7):28-30.
- [2] Zhao G X, Li X J, Wang R Y, et al. Soil nutrients in intensive agricultural areas with different land-use types in Qingzhou County, China[J]. Pedosphere, 2007, 17(2):165-171.
- [3] 罗春燕,张维理,雷秋良,等. 嘉兴农村不同土地利用方式下沟渠底泥中的氮磷形态分布特征[J]. 环境科学研究,2009,22(4):415-420.
- [4] 曾希柏,白玲玉,李莲芳,等. 山东寿光不同利用方式下农田土壤有机质和氮磷钾状况及其变化[J]. 生态学报,2009,29(7):3737-3746.
- [5] 陆安祥,赵云龙,王纪华,等. 不同土地利用类型下氮、磷在土壤剖面中的分布特征[J]. 生态学报,2007,27(9):3923-3929.
- [6] 陈伏生,曾德慧,陈广生,等. 土地利用变化对沙地土壤全氮空间分布格局的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(6):953-957.
- [7] 赵瑞芬,张一弓,张强,等. 不同土地利用方式对土壤养分状况的影响:以太原市为例[J]. 中国农学通报,2011,27(14):262-266.
- [8] 刘世梁,傅伯杰,吕一河,等. 坡面土地利用方式与景观位置对土壤质量的影响[J]. 生态学报,2003,23(3):414-420.
- [9] 张玉斌,吴发启,曹宁,等. 泥沟流域不同土地利用土壤养分分析[J]. 水土保持通报,2005,25(2):23-26.
- [10] 巩杰,陈利顶,傅伯杰,等. 黄土丘陵区小流域土地利用和植被恢复对土壤质量的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(12):2292-2296.
- [11] 王鑫,刘建新,张希彪,等. 黄土高原半干旱地区土地利用变化对土壤养分、酶活性的影响研究[J]. 水土保持通报,2007,27(6):50-55.
- [12] 胡江玲,张高,赵枫,等. 新疆精河流域不同土地利用方式对土壤质量的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(4):92-99.
- [13] 王洪杰,李宪文,史学正,等. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成关系[J]. 水土保持学报,2003,17(2):44-46,50.
- [14] 马群,赵庚星. 集约农区不同土地利用方式对土壤养分状况的影响[J]. 自然资源学报,2010,25(11):1834-1844.

#### (上接第 94 页)

- [7] Miller R E, VerHoef J M, Fowler N L. Spatial heterogeneity in eight central Texas grassland[J]. Journal of Ecology,1995,83(6):919-928.
- [8] Dutilleul P, Legendre P. Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept[J]. Oikos,1993,66(1):152-167.
- [9] 王根绪,郭晓寅,程国栋. 黄河源区景观格局与生态功能的动态变化[J]. 生态学报,2002,22(10):1587-1598.
- [10] 张素梅,王宗明,闰百兴,等. 辉发河流域景观格局与土壤侵蚀的关系研究[J]. 生态学报,2008,22(3):29-35.
- [11] 查轩,张萍. 基于 GIS 的重要水源地东圳库区土壤侵蚀与景观格局分析[J]. 水土保持学报,2007,21(3):43-47.
- [12] 崔卫国,文倩,吴大放,等. 基于 DEM 的土壤理化性质空间统计与三维表达:以醴陵市为例[J]. 地理与地理信息科学,2007,23(3):78-82.



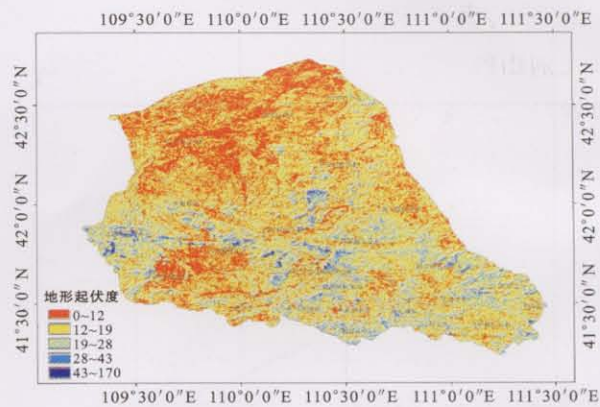
附图1 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的风速空间分布



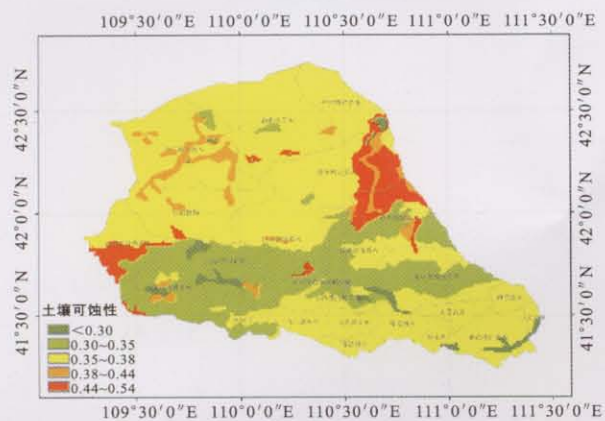
附图2 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的干燥度空间分布



附图3 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的植被指数空间分布



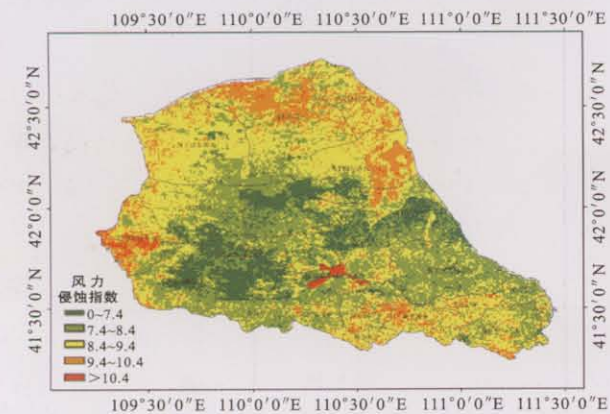
附图4 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的地形起伏度空间分布



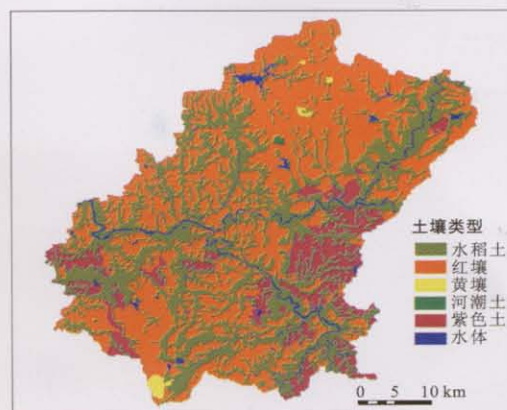
附图5 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的土壤可蚀性空间分布



附图6 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的放牧压力指数空间分布



附图7 内蒙古达尔罕茂明安联合旗的土壤风力侵蚀指数空间分布



附图8 湖南省醴陵市土壤类型分布