

河南省土壤及地形与耕地多样性格局的特征^①

李笑莹^{1,2}, 张学雷^{1,2*}, 任圆圆^{1,2}

(1 郑州大学水利与环境学院, 郑州 450001; 2 郑州大学自然资源与生态环境研究所, 郑州 450001)

摘要: 耕地分布受众多自然因素的影响, 土壤、地形与之密切相关。选取河南省作为研究区, 利用改进的仙农熵测度法和互熵关联分析法对河南省地形、土壤与耕地多样性格局特征进行分析。结果表明: 河南省 18 个地市的地形、土壤的构成组分多样性与各要素的类别丰富度有关, 与面积大小呈弱相关; 其中地形、土壤与其丰富度值的相关系数分别为 0.79 和 0.35, 而与面积大小的相关系数小于 0.1。基于土壤空间分布多样性指数大小的分级划分河南省的优势土类是潮土和褐土, 劣势土类是盐土和碱土, 且不同地市的土壤空间分布多样性格局有显著差异, 显示河南省土壤类型的丰富性。土壤及地形要素与耕地多样性格局的相关性表现为: 地形与耕地的空间分布多样性相关关系除豫南的盆地和豫西丘陵、山地外, 整体为平原>丘陵>山地; 土壤与耕地的空间分布多样性之间的关联度与河南省土壤空间分布多样性的格局特征具有基本一致性。

关键词: 河南省; 地形; 土壤; 耕地; 多样性; 相关性

中图分类号: S159 **文献标识码:** A

土壤多样性的提出与发展立足于生态学, 20 世纪 90 年代初期, 西班牙学者 Ibáñez 等运用由生态学家发展而来的数学工具对土壤多样性理论进行探索与应用, 2001 年土壤多样性理论被引入我国^[1-5]。目前国内外关于土壤多样性的研究主要有地形地貌学与土壤多样性的关系、土壤和景观的多样性在空间和时间上的关系、土壤多样性与土地利用规划, 及分区的问题等方面^[6-12]; 综合来看, 土壤多样性研究已经从自身的发展向多地质要素融合, 并且展开了相关性分析^[13]。本研究从日本 Yabuki 等^[14]关于城市土壤多样性与土地利用方式多样性, 及孙燕瓷等^[15]、郭漩等^[16]关于城镇化发展与土壤多样性、多地质要素的关联性的有关研究中受到启发, 基于不同的土地利用方式考虑, 选取耕地与土壤及地形要素进行多样性格局特征关系的分析。耕地既是重要的土地资源也是重要的土地利用方式之一^[17], 学术界对耕地有关问题的研究与地质要素息息相关, 如翁倩等^[18]对土壤水分状况空间分布特征进行研究, 赵明松等^[19]、杜佩颖等^[20]对耕地表层土壤养分变化特征进行分析, 江叶枫等^[21]、谭永忠等^[22]和李士成等^[23]对耕地土壤有机碳空间变异的主控因素及中国耕地面

积变化格局进行分析。本研究将耕地的空间分布多样性与土壤及地形要素的多样性格局特征相结合, 从新的视觉角度探索河南省土壤及地形与耕地多样性格局的特征及相关关系, 以期对耕地的合理利用及农业管理措施提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

河南省地理坐标为 31°23′ ~ 36°22′N, 110°21′ ~ 116°39′E, 地处华北平原南部的黄河中下游地区, 东临山东、安徽, 西接陕西, 南连湖北, 北界河北、山西, 总面积为 16.7 万 km², 依据自然环境的变迁和社会经济的发展, 河南省被划分为 5 个区(图 1)。河南省整体属于温带大陆性季风气候, 多数地区处于暖温带, 南部跨亚热带, 具有四季分明、日照充足、雨热同期的气候特点, 降雨以 6—8 月份最多, 全年无霜期 201 ~ 285 d, 有利于多种农作物的种植。河南省地势走向为西高东低, 位于北、西、南的太行山、伏牛山、桐柏山和大别山沿省界呈半环形分布, 中、东部为黄淮海冲积平原, 境内有平原、丘陵、山地、盆地 4 种地形分布, 且盆地主要分布在西南部。

①基金项目: 国家自然科学基金项目(41571208)资助。

* 通讯作者(zxzzu@zzu.edu.cn)

作者简介: 李笑莹(1994—), 女, 河南巩义人, 硕士研究生, 主要从事土地资源多样性研究。E-mail: 1535174053@qq.com

河南省土类丰富,主要有褐土、潮土、棕壤、黄褐土等 15 种类型,因气候、地形等因素的影响其分布位置有显著差异,如潮土主要在河谷平原与山间谷地;褐土主要在豫西、豫北的低山、丘陵地区;典型稀盐土盐土和碱土主要在黄河两岸的现背河洼地和古背河洼地。

1.2 数据来源与处理

研究中的遥感数据为美国地球资源卫星 (Landsat 8) 的 OLI 影像,河南省域范围内的 18 个地市遥感数据获取时间为 2015 年 5—9 月。土壤数据为第二次土壤普查数字化土壤图(图 2);地形图(图 3)由河南省原始 DEM 数据获得,通过提取山体阴影

并叠加渲染,利用高程值提取出平原、丘陵、山地,又以 10 m 等高线为基准获得盆地。研究区采用 WGS 坐标系,投影采用 UTM 投影,利用 ENVI 4.5 将研究区的 OLI 影像按照《土地利用现状分类》国家标准(2007 版)划分为 6 类土地利用,首先选用 6、5、4 波段对影像进行合成,然后再对合成的影像进行校正、图像增强、监督分类,其中监督分类采用最大似然法,并结合 Google Earth 高清地图对影像进行比对和校正,最后在 ArcGIS 10.0 中对监督分类结果进行矢量化(图 4)。

1.3 研究方法

传统的多样性测度方法包括丰富度指数、种类丰

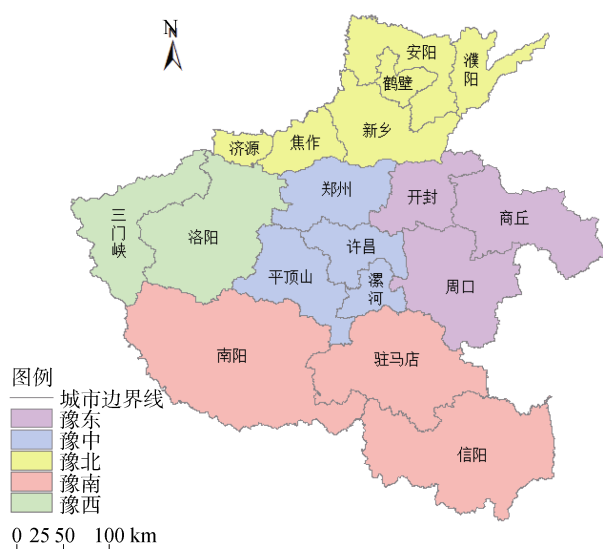


图 1 河南省行政区划图

Fig. 1 Division of administrative divisions in Henan Province

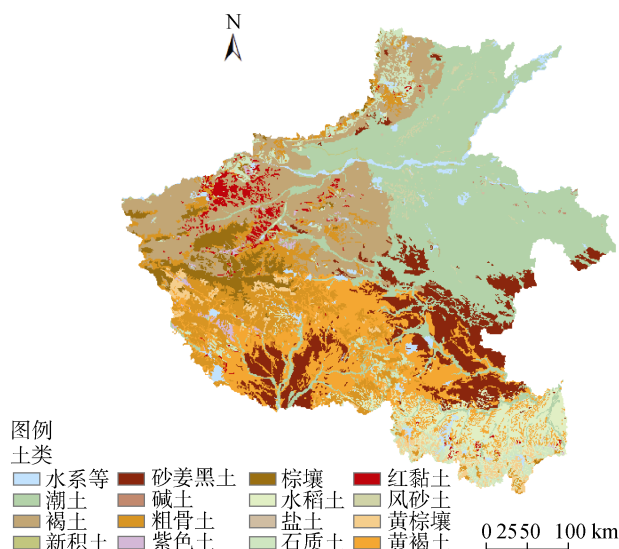


图 2 河南省土壤图

Fig. 2 Soil map of Henan Province

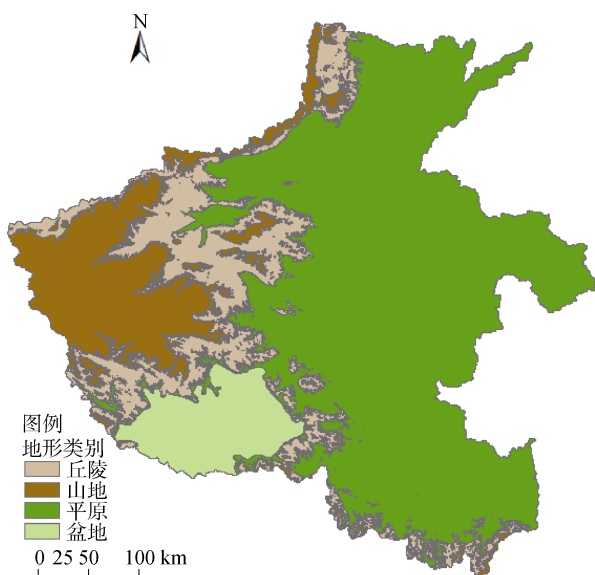


图 3 河南省的地形类别图

Fig. 3 Terrain map of Henan Province

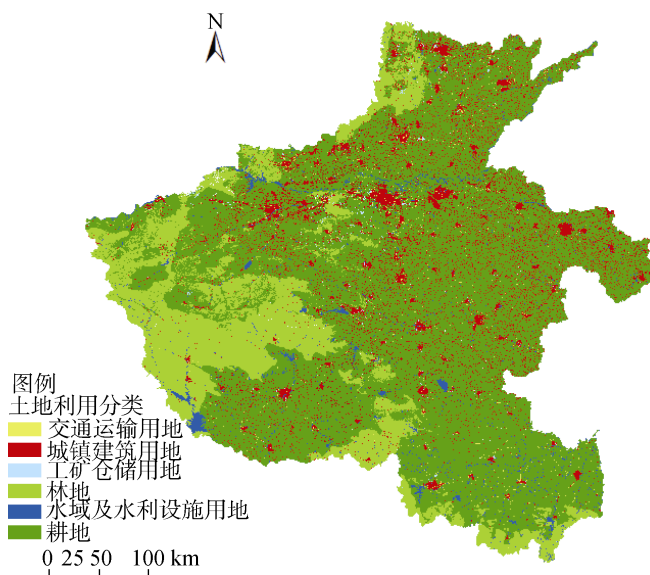


图 4 河南省土地利用分类

Fig. 4 Land use type map of Henan Province

富程度的多样性表达指数、种类丰富程度的多度分布模型^[24]，在土壤多样性研究中有经典的仙农熵公式即多样性 H' 、均匀度指数 E 、丰富度指数 S 和改进的仙农熵公式 Y_h ^[25]，经典的土壤多样性指数仅表示土壤分类单元的数目、分类单元构成的复杂程度等，而改进的仙农熵公式可以利用网格尺度更好地评价研究对象的空间分布特征。随着研究方法的引入和变化，土壤多样性研究也与土地利用变化、城市化、生物多样性等相结合^[26]，因此本研究应用改进的仙农熵公式探索多地学要素和耕地的多样性特征及关联性。

1.3.1 仙农熵的变形公式

$$Y_h = \frac{-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i}{\ln S}$$

(1)

式中：当表示土壤构成组分多样性时， S 为土类/地形单元个数， P_i 表示第 i 个土类/地形占有土类/地形总面积的比例，这时 Y_h 表示所有分类单元在数量构成上的均匀度指数。当表示土壤/地形空间分布多样性时， S 为空间网格总数目， P_i 表示第 i 个空间网格里某一土类/地形占有土类/地形总面积的比例，这时 Y_h 表示的是单个土类空间分布的多样性格局。在以上两种情况下， Y_h 的取值范围是 $[0-1]$ ，当只有一个或者少数几个对象占支配地位时，取值趋近于 0，说明研究对象的相对丰度极不均匀，反之取值越接近

1，说明研究对象分布越均匀。

1.3.2 互熵关联分析

$$r(A,B) = \frac{2Y_h(A,B)}{Y_h(A) + Y_h(B)}$$

(2)

$$Y_h(A) = \frac{-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i}{\ln S}$$

(3)

$$Y_h(B) = \frac{-\sum_{j=1}^S p_j \ln p_j}{\ln S}$$

(4)

$$Y_h(A,B) = \frac{-\sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S p(i,j) \ln p(i,j)}{\ln S}$$

(5)

式中 A 和 B 分别代表某类地形(或土类)和耕地面积， $r(A,B)$ 表示某类地形(或土类)和耕地面积的关联系数。 $r(A,B)$ 的取值范围为 $[0-1]$ ，当地形(或土壤)类别和耕地面积的空间分布完全相同时， $r(A,B)=1$ ，即地形(或土壤)类别和耕地面积的空间分布关系最为密切；当 $r(A,B)=0$ 时，即地形(或土壤)类别和耕地面积的空间分布完全没有关系。

2 结果与讨论

2.1 地形、土壤的构成组分多样性

分析河南省地形、土壤的构成组分多样性特征可得(表 1)：①就地形而言：济源的构成组分多样性最

表 1 土壤及地形的构成组分多样性
Table 1 Composition diversities of soil and terrain in different regions

地市	地形			土壤(土类)		
	多样性	类别数目	面积(km ²)	多样性	类别数目	面积(km ²)
三门峡	0.520	2	9 907	0.727	11	9 699
信阳	0.447	3	18 911	0.730	10	18 249
南阳	0.925	4	26 441	0.822	11	25 886
鹤壁	0.544	3	2 143	0.590	7	2 141
驻马店	0.386	4	15 100	0.679	7	14 810
许昌	0.366	3	4 981	0.604	7	4 966
商丘	0.000	1	10 709	0.136	7	10 576
新乡	0.415	3	8 243	0.436	12	7 889
开封	0.000	1	6 294	0.067	5	5 867
郑州	0.820	3	7 604	0.502	9	7 112
漯河	0.000	1	2 703	0.867	4	2 703
濮阳	0.000	1	4 205	0.082	3	3 817
焦作	0.537	3	3 945	0.569	8	3 858
洛阳	0.822	3	15 223	0.647	10	15 040
周口	0.000	1	11 981	0.292	5	11 945
济源	0.931	3	1 895	0.603	7	1 862
平顶山	0.846	3	7 898	0.844	11	7 644
安阳	0.766	3	7 361	0.587	8	7 183

大,为 0.931,其地形类别数量分布相对最均衡;南阳和驻马店同样有 4 种地形,构成组分多样性却有显著差异,分别是 0.925 和 0.386;商丘、开封、漯河、濮阳和周口皆为 0,只有 1 种类别地形。②就土壤而言:漯河的土壤构成组分多样性最大,为 0.867,有 4 种土类;平顶山和南阳的土壤构成组分多样性仅次于漯河,为 0.844 和 0.822,土类数目 11 种,前者种类不多但较均匀,后者种类较多但均匀度不及前者;其他地市周口、商丘、濮阳、开封的土壤构成组分多

样性分别是 0.292、0.136、0.082、0.067,多呈不均匀分布且各有所差别。

进一步探索地形和土壤的类别数目、面积大小与构成组分多样性之间的相关性(图 5),结果表明:①地形和土壤类别数目与其构成组分多样性存在一定的相关性,且地形类别个数的相关性高于土壤类别数目的相关性,达到 0.79;②地形与土壤的面积大小与构成组分多样性的相关性极低,不足 0.1;说明地形、土壤的构成组分均匀程度与各要素的面积大小呈极弱相关性。

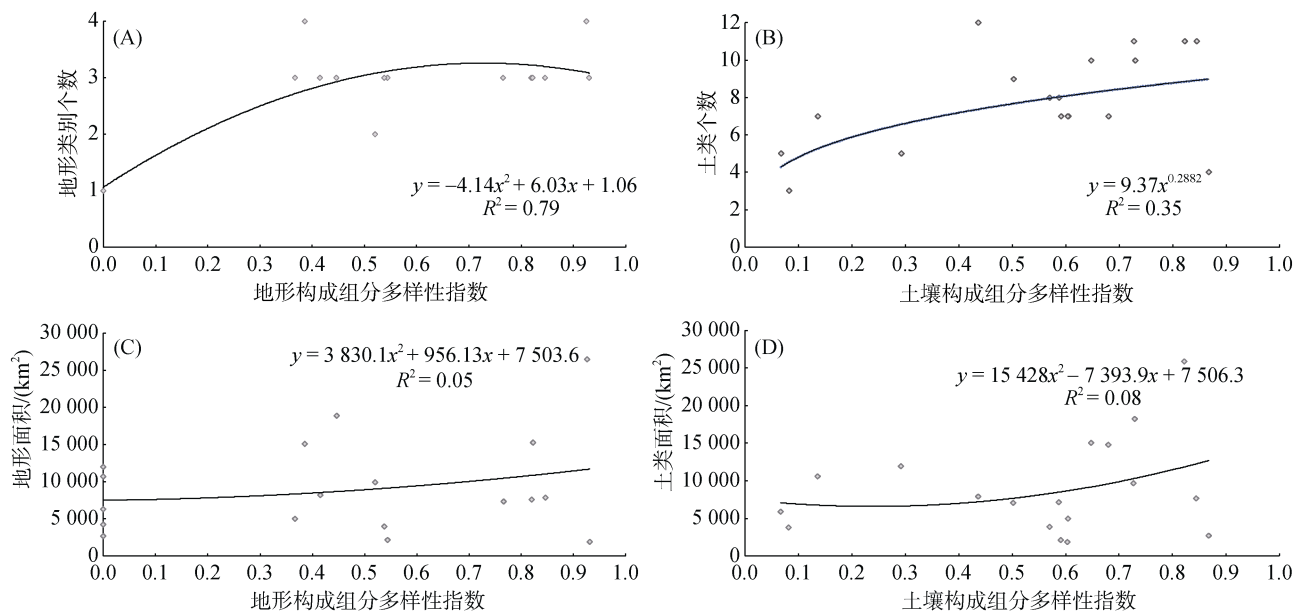


图 5 构成组分多样性与土壤及地形要素数量、面积的关系

Fig. 5 Relationship between composition diversity with numbers and areas of soil and terrain

2.2 地形、土壤及耕地的空间分布多样性

2.2.1 地形的空间分布多样性 网格尺寸的选取对地形/土壤的空间分布多样性有不同的影响,根据段金龙等^[26]对多种网格尺度应用的研究并依据河南省 18 个地市的行政范围大小,本研究选用 1 km × 1 km 网格进行计算(公式(1))地形的空间分布多样性指数并分析了地形面积与其空间分布多样性的关系(表 2),结果表明:①18 个地市的地形空间分布多样性指数均接近于 1,说明地形分布整体呈高均匀状态。②研究区内所有的平原和丘陵的多样性指数均大于 0.7,说明平原、丘陵在河南省整体分布较为均匀;而山地的分布各地市间差异较明显,其中最大的是三门峡为 0.985,最小的是驻马店为 0.494。③仅南阳和驻马店有盆地分布,多样性指数分别为 0.914 和 0.710,说明盆地在这两个地区分布比较均匀,且南阳市盆地的分布均匀程度更高,面积占优势地位。④商丘、开封、濮阳、漯河、周口有且仅有平原一种地形,多样性指

数均接近于 1,说明平原在这 5 个地市空间分布均匀且普遍。⑤除仅有平原分布的 5 个地市外,其他地市的地形空间分布多样性特征表现为随面积增加或减少,空间分布多样性指数呈现出与之相应的一致性。⑥计算地形面积和多样性的相关系数可得:地形面积与其空间分布多样性呈正相关关系,相关系数达 0.80;河南省的 4 种地形中,盆地面积与其空间分布格局的相关性最强为 0.82,这与南阳、驻马店盆地分布集中且空间广导致均匀程度高有关;而平原、丘陵、山地的面积与空间分布格局的相关性较为相似且均匀。**2.2.2 土壤及耕地的空间分布多样性** 河南省共有 15 种土类,采用与地形空间分布多样性研究相同的网格尺度即 1 km × 1 km 网格进行测度;将多样性指数 Y_h 取值[0-1]划分为[0.0-0.2]、[0.2-0.4]、[0.4-0.6]、[0.6-0.8]、[0.8-1.0] 5 个等级,以此来判别土壤的空间分布状态(表 3、图 6)。研究结果表明:就土壤空间分布格局而言:①河南省的优势土类是潮

表 2 地形面积与空间分布多样性
Table 2 Areas and spatial distribution diversities of terrains

地市	整体地形		平原		丘陵		山地		盆地	
	面积(km ²)	多样性	面积(km ²)	多样性	面积(km ²)	多样性	面积(km ²)	多样性	面积(km ²)	多样性
三门峡	9 907	0.997	—	—	1 158	0.788	8 749	0.985	—	—
信阳	18 912	0.998	16 104	0.984	2 294	0.815	514	0.677	—	—
南阳	26 442	0.998	3 358	0.818	7 506	0.891	4 427	0.837	11 151	0.914
鹤壁	2 144	0.994	1 690	0.967	395	0.798	59	0.620	—	—
驻马店	15 101	0.998	12 864	0.983	1 277	0.766	56	0.494	904	0.710
许昌	4 982	0.996	4 373	0.982	565	0.759	43	0.528	—	—
商丘	10 710	0.997	10 710	0.997	—	—	—	—	—	—
新乡	8 243	0.997	7 237	0.983	493	0.713	514	0.713	—	—
开封	6 294	0.997	6 294	0.997	—	—	—	—	—	—
郑州	7 605	0.997	4 438	0.942	2 457	0.885	710	0.759	—	—
漯河	2 704	0.994	2 704	0.994	—	—	—	—	—	—
濮阳	4 205	0.994	4 205	0.994	—	—	—	—	—	—
焦作	3 945	0.996	3 240	0.974	418	0.753	287	0.709	—	—
洛阳	15 224	0.998	1 228	0.747	5 762	0.906	8 234	0.940	—	—
周口	11 981	0.998	11 981	0.998	—	—	—	—	—	—
济源	1 895	0.995	418	0.811	988	0.926	489	0.845	—	—
平顶山	7 898	0.997	4 250	0.933	2 873	0.899	775	0.768	—	—
安阳	7 361	0.996	4 912	0.952	1 698	0.842	751	0.765	—	—
相关系数	0.80		0.45		0.55		0.56		0.82	

注：“—”表示该地市无该地形分布。

表 3 土壤及耕地的空间分布多样性
Table 3 Spatial distribution diversities of soil and arable land

地市	土类数	分级	土壤类型	多样性	
				土壤(均值)	耕地
三门峡	11	1	褐土	0.942	0.927
		2	粗骨土、棕壤、红黏土、石质土、黄棕壤	0.736	
		3	黄褐土、紫色土、新积土	0.476	
		4	潮土、风砂土	0.370	
信阳	10	1	水稻土、黄褐土、黄棕壤	0.873	0.977
		2	石质土、砂姜黑土、粗骨土、潮土	0.751	
		3	紫色土、红黏土	0.525	
		4	棕壤	0.368	
南阳	11	1	砂姜黑土、粗骨土、黄褐土	0.883	0.933
		2	棕壤、水稻土、潮土、石质土、紫色土、黄棕壤	0.666	
		3	红黏土	0.493	
		4	褐土	0.253	
鹤壁	7	1	潮土、褐土	0.892	0.970
		2	石质土	0.753	
		3	粗骨土、红黏土、风砂土	0.481	
		4	新积土	0.205	

续表 3

地市	土类数	分级	土壤类型	多样性	
				土壤(均值)	耕地
驻马店	7	1	潮土、砂姜黑土、黄褐土	0.879	0.989
		2	石质土、粗骨土	0.700	
		3	水稻土、黄棕壤	0.481	
许昌	7	1	潮土、褐土	0.900	0.990
		2	砂姜黑土、粗骨土	0.738	
		3	石质土	0.412	
		4	棕壤	0.278	
		5	黄褐土	0.147	
商丘	7	1	潮土	0.991	0.993
		2	砂姜黑土	0.661	
		3	碱土、风砂土	0.526	
		4	盐土、石质土、褐土	0.250	
新乡	12	1	潮土	0.958	0.979
		2	石质土、粗骨土、褐土、风砂土	0.692	
		3	新积土、棕壤、水稻土、砂姜黑土	0.497	
		4	盐土、红黏土	0.361	
		5	碱土	0.196	
开封	5	1	潮土	0.989	0.988
		2	风砂土	0.629	
		4	新积土	0.313	
		5	盐土、碱土	0.169	
郑州	9	1	潮土、褐土	0.900	0.976
		2	粗骨土、红黏土、风砂土	0.650	
		3	新积土、棕壤、石质土、紫色土	0.482	
漯河	4	1	潮土、砂姜黑土、黄褐土	0.862	0.989
		2	褐土	0.642	
濮阳	3	1	潮土	0.983	0.989
		3	风砂土	0.544	
		4	碱土	0.276	
焦作	8	1	潮土、褐土	0.881	0.979
		2	新积土、石质土、粗骨土	0.676	
		3	砂姜黑土	0.517	
		4	棕壤、红黏土	0.325	
洛阳	10	1	棕壤、粗骨土、红黏土、褐土	0.852	0.975
		2	潮土、紫色土	0.662	
		3	石质土、黄棕壤	0.486	
		4	水稻土、砂姜黑土	0.368	

续表 3					
地市	土类数	分级	土壤类型	多样性	
				土壤(均值)	耕地
周口	5	1	潮土、砂姜黑土	0.913	0.995
		3	褐土	0.442	
		4	风砂土、黄褐土	0.347	
济源	7	1	褐土	0.947	0.932
		2	潮土、石质土、粗骨土	0.739	
		3	棕壤、水稻土	0.456	
		4	新积土	0.383	
平顶山	11	1	粗骨土、褐土、黄褐土	0.863	0.962
		2	棕壤、潮土、砂姜黑土、黄棕壤	0.658	
		3	石质土	0.572	
		4	水稻土、紫色土、红黏土	0.304	
安阳	8	1	潮土、石质土、褐土	0.869	0.966
		2	风砂土	0.633	
		3	棕壤、砂姜黑土、粗骨土	0.506	
		5	红黏土	0.186	

土和褐土,以潮土或褐土作为一级土类分布的地市多达 10 个,如三门峡、鹤壁、许昌等,空间分布多样性指数为[0.8~1.0],说明优势土类整体分布的均匀性(图 7)。

②信阳和南阳的一级土类均没有潮土和褐土分布,信阳的一级土类是水稻土、黄褐土、黄棕壤,南阳的一级土类是砂姜黑土、粗骨土、黄褐土,与土壤的地带性和地方性分布规律有关。

③依据土壤空间分布等级的划分,许昌和新乡共有 5 级分类,说明这两个地市的土类空间分布均匀程度具有显著差异,且新乡共有 12 个土类,占河南省土类个数的 80%,说明新乡各类别土壤分布

较广。④漯河与许昌、新乡相反,有 1 级土类和 2 级土类分布,且最小的指数是 0.642,说明漯河的土类分布整体呈现均匀状态。

⑤河南省的劣势土类是盐土和碱土,仅分布在商丘、开封、新乡和濮阳,在对应的地市范围内被划分为 4 级或 5 级土类,空间分布相对不均匀,多呈零星分布(图 7)。就耕地空间分布格局而言,河南省的耕地空间分布多样性均大于 0.9,说明作为中国农业大省,耕地在整体上空间分布均匀,如东部的周口(0.995)与西部的三门峡(0.927)耕地空间分布多样性虽略有差异,但皆属于高水平均匀态势。

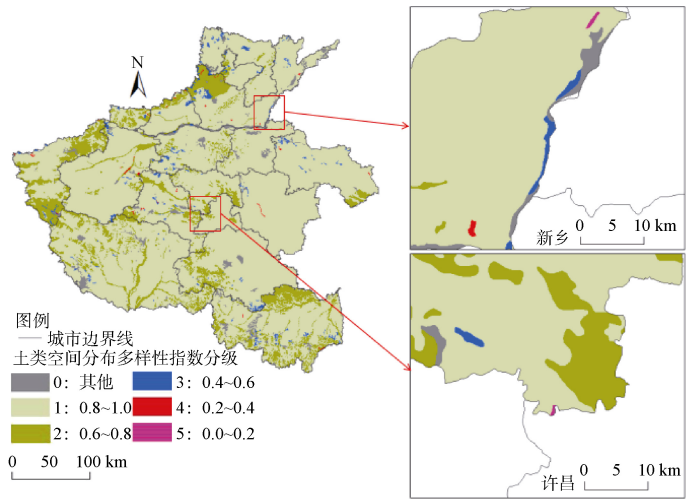


图 6 河南省土壤多样性分级图

Fig. 6 Grading map of soil diversity of Henan Province

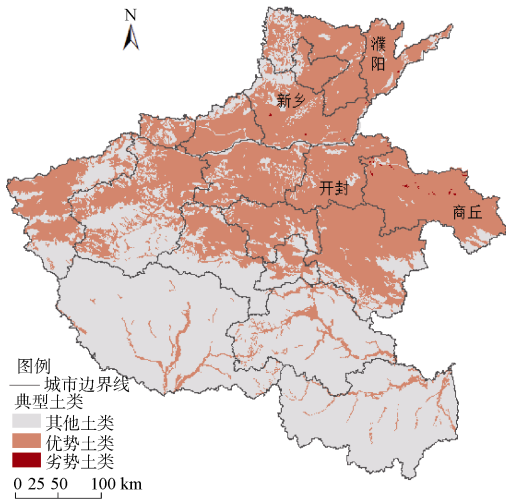


图 7 河南省典型土类

Fig. 7 Typical soils in Henan Province

2.3 土壤、地形与耕地空间分布多样性格局的关联性

选取 1 km × 1 km、5 km × 5 km、10 km × 10 km 3 种网格尺度计算耕地的分布变化。由表 4 可知：①河南省的优势土类潮土、褐土和耕地的相关性最强，在 3 种网格尺度下相关系数均接近或大于 0.9；其次是分布在河南南部(南阳、信阳)的黄褐土、砂姜黑土、水稻土与耕地的相关性次之；与耕地相关性最弱的是

河南省的劣势土类碱土和盐土，其中盐土的相关性系数在 10 km 网格下仅有 0.342，说明劣势土类上耕地空间分布状况差。②地形与耕地的相关性规律大致为平原>丘陵>盆地>山地，且地形与耕地空间分布格局的关联性整体上较高。③地形、土壤与耕地的相关性共同点是随着网格尺度的增大相关系数越来越小，网格尺度的变化在一定程度上影响着要素之间的相关关系。

表 4 异网格尺度下地形、土壤与耕地的关联分析
Table 4 Correlation analysis between arable land with terrain and soil at different grid scales

土类	1 km	5 km	10 km	地形	1 km	5 km	10 km
潮土	0.998	0.950	0.946	平原	0.998	0.978	0.975
粗骨土	0.837	0.763	0.816	丘陵	0.925	0.858	0.846
风砂土	0.814	0.751	0.741	山地	0.896	0.820	0.802
褐土	0.962	0.900	0.890	盆地	0.930	0.834	0.799
红黏土	0.865	0.787	0.768				
黄褐土	0.957	0.893	0.881				
黄棕壤	0.779	0.698	0.687				
碱土	0.637	0.565	0.572				
砂姜黑土	0.955	0.890	0.880				
石质土	0.810	0.769	0.787				
水稻土	0.918	0.833	0.810				
新积土	0.706	0.613	0.624				
盐土	0.510	0.375	0.342				
紫色土	0.744	0.647	0.627				
棕壤	0.803	0.695	0.651				

表 4 反映了河南省的所有土类及地形在不同网格尺度下与耕地的空间分布多样性格局的关联性，为进一步反映河南省区域自然环境和社会经济发展状况的不同，又将河南省划分出 5 个次级区域豫北、豫中、豫南、豫东、豫西为基准，选取 1 km × 1 km 网格进行土壤、地形与耕地的空间分布多样性格局相关性分析。结果表明(图 8)：①各区域中优势土类潮土与耕地的相关性整体最大。②砂姜黑土和石质土在 5 个区域与耕地的空间分布多样性有不同的相关程度，与这两类土壤在区域上分布不均匀有关。③劣势土类盐土和碱土仅分布在豫北和豫东的部分地区，因此与耕地的相关性也仅发生在这两个区域，但是相关性较低，为 0.4 左右。④从区域差异看，豫北土壤与耕地的相关性最大为潮土，最小为碱土；豫中土壤与耕地的相关性最大的是褐土，最小的是水稻土，相关性为 0，豫中水稻土分布甚少；豫南土壤与耕地的相关性最大的是黄褐土、最小的是褐土，相关性为 0；豫东土壤与耕地的相关性最大为

潮土、最小为石质土；豫西土壤与耕地的相关性最大为褐土、最小为风砂土。图 9 是河南省 5 个次区域地形与耕地的空间分布多样性的相关关系：①豫北和豫中地区的地形与耕地的相关关系为平原>丘陵>山地；而豫南地区有盆地分布，其相关程度表现为平原>盆地>丘陵>山地；豫西则相反，平原的相关程度最低；豫东仅有平原分布，其与耕地的相关程度在 5 个区域中最大，为 0.998。②除豫南的山地与耕地的相关程度最低为 0.406 外，其他整体相对均匀，说明地形与耕地的相关程度较好。

3 结论

1)地形、土壤的构成组分多样性与各要素的类别数量有一定的相关性，而要素面积大小与其构成组分多样性呈弱相关。

2)河南省 18 个地市的地形、土壤及耕地空间多样性分布格局特征表现为整体均匀状态，不同地区间有所差异。

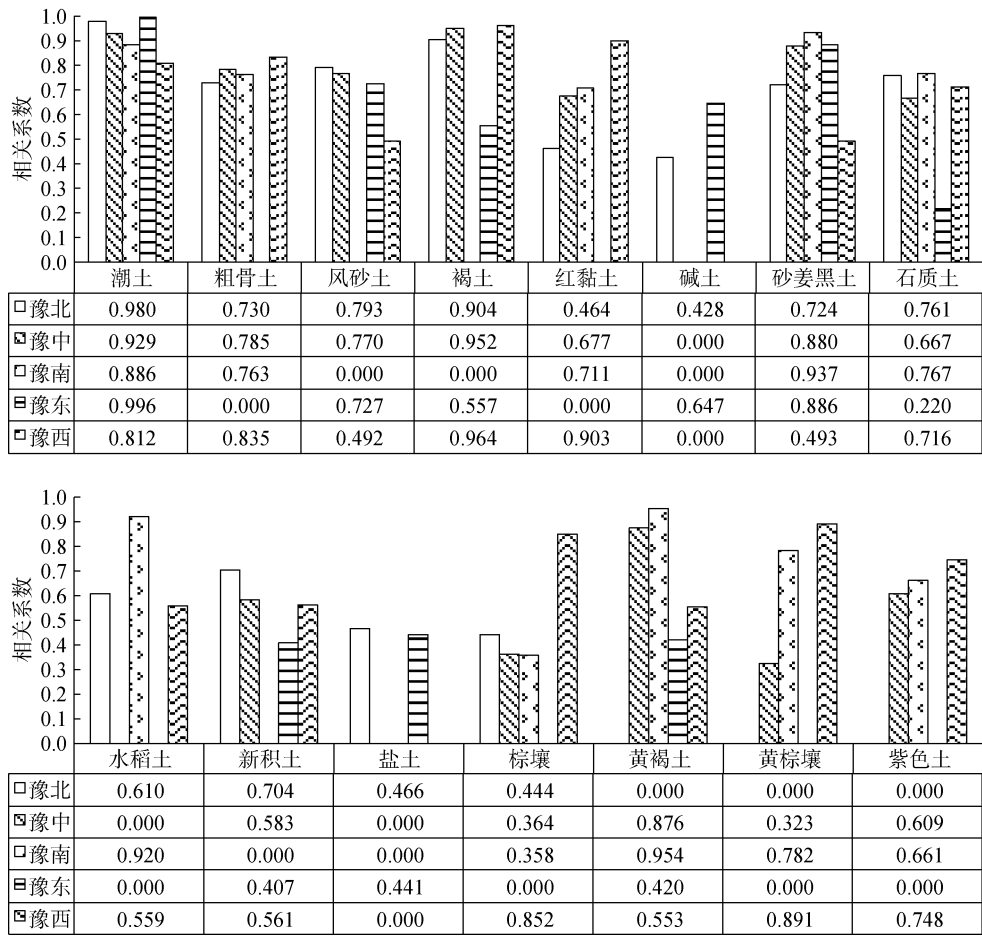


图 8 土壤与耕地的空间分布多样性的关联分析

Fig. 8 Correlation analysis of spatial distribution diversity between soil and arable land

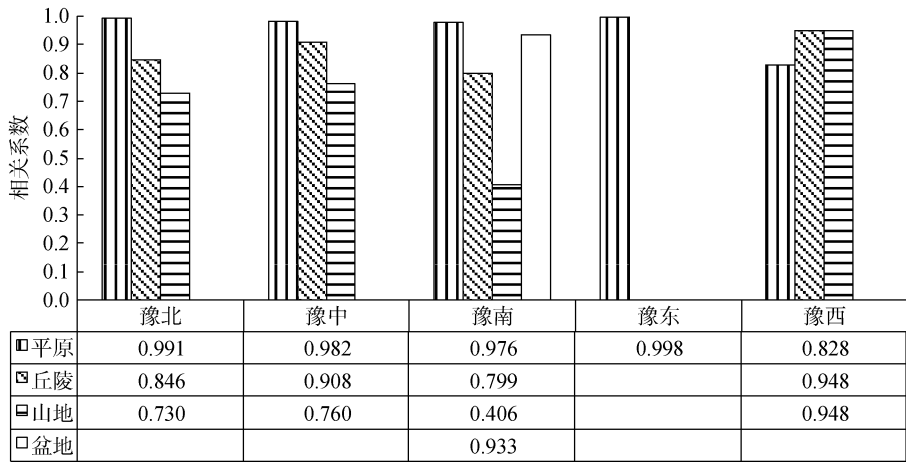


图 9 地形与耕地的空间分布多样性的关联分析

Fig. 9 Correlation analysis of spatial distribution diversity between terrain and arable land

3)地形的空间分布多样性与面积大小有较强的相关性，相关系数达 0.8；由土壤空间分布多样性指数分级可得，河南省的优势土类为潮土和褐土，劣势土类为盐土和碱土。

4)无论是从河南省整体布局来看，还是从 5 个次

区域来看，地形、土壤的空间分布多样性都与耕地的空间分布多样性密切相关；其中河南省的地形与耕地空间分布多样性关系除豫南盆地和豫西丘陵、山地外，整体表现为：平原>丘陵>山地；河南省的土壤与耕地空间分布多样性相关关系与土壤的空间分布

多样性变化整体具有一致性,即随着网格尺度和 5 区域的改变,土壤与耕地的相关关系与河南省的各土类及各区域的土类空间分布多样性格局变化具有相似规律。

参考文献:

- [1] 张学雷. 土壤多样性: 土壤地理学研究的契机[J]. 土壤, 2014, 46(1): 1-6
- [2] 任圆圆, 张学雷. 土壤多样性研究趋势与未来挑战[J]. 土壤学报, 2015, 52(1): 9-18
- [3] Ibáñez J J, Jiménez-Ballesta R, García-Ivárez A. Soil land-scapes and drainage basins in Mediterranean mountain areas[J]. Catena, 1990, 17: 573-583
- [4] Ibáñez J J, De-Alba S, Bermúdez F F, et al. Pedodiversity: Concepts and measures[J]. Catena, 1995, 24: 215-232
- [5] Williams B M, Houseman G R. Experimental evidence that soil heterogeneity enhances plant diversity during community assembly[J]. Journal of Plant Ecology, 2013, 7: 461-469
- [6] 张学雷, 陈杰, 檀满枝, 等. 土壤多样性理论方法的新近发展与应用[J]. 地球科学进展, 2003(3): 374-379
- [7] Guo Y Y, Gong P, Amundson R. Pedodiversity in the United States of America[J]. Geoderma, 2003, 117(1/2): 99-115
- [8] Fu T G, Han L P, Gao H, et al. Pedodiversity and its controlling factors in mountain regions — A case study of Taihang Mountain, China[J]. Geoderma, 2018, 310(1): 230-237
- [9] Kaire R, Raimo K, Liia K, et al. Pedodiversity of three experimental stations in Estonia[J]. Geoderma Regional, 2016, 7(3): 293-299
- [10] 孙倩, 阿丽亚·拜都热拉, 依力亚斯江·努尔麦麦提. 新疆艾比湖湿地 LUCC 对景观格局演变的影响[J]. 土壤, 2018, 50(3): 583-592
- [11] 张平, 陆龙妹, 王世航, 等. 基于地形梯度的皖南地区土地利用分布特征[J]. 土壤, 2018, 50(5): 1041-1045
- [12] 任圆圆, 张学雷, 李笑莹, 等. 河南省成土母质与土壤空间分布多样性的特征[J/OL]. 土壤学报, 1-12(2019-01-04). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1119.P.20181229.1002.004.html>
- [13] 任圆圆, 张学雷. 从土壤多样性到地多样性的研究进展[J]. 土壤, 2018, 50(2): 225-230
- [14] Yabuki T, Matsumura Y, Nakatani Y. Evaluation of pedodiversity and land use diversity in terms of the Shannon entropy[OL]. (2009-05-19). <http://cdsweb.cern.ch/record/1178038>
- [15] 孙燕瓷, 张学雷, 程训强, 等. 城市化对南京地区土壤多样性影响的灰色关联分析[J]. 地理学报, 2006(3): 311-318
- [16] 郭璇, 张学雷, 任圆圆. 伊洛河流域样区不同坡度下水土和土地利用多样性的特征[J]. 土壤通报, 2018, 49(2): 303-312
- [17] 胡琼, 吴文斌, 项铭涛, 等. 全球耕地利用格局时空变化分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(6): 1091-1105
- [18] 翁倩, 袁大刚, 张楚, 等. 四川省土壤水分状况空间分布特征[J]. 土壤, 2017, 49(6): 1254-1261
- [19] 赵明松, 李德成, 张甘霖, 等. 1980—2010 年安徽省耕地表层土壤养分变化特征[J]. 土壤, 2018, 50(1): 173-180
- [20] 杜佩颖, 张海涛, 郭龙, 等. 平原丘陵过渡区土壤有机质空间变异及其影响因素[J]. 土壤学报, 2018, 55(5): 1286-1295
- [21] 江叶枫, 饶磊, 郭熙, 等. 江西省耕地土壤有机碳空间变异的主控因素研究[J]. 土壤, 2018, 50(4): 778-786
- [22] 谭永忠, 何巨, 岳文泽, 等. 全国第二次土地调查前后中国耕地面积变化的空间格局[J]. 自然资源学报, 2017, 32(2): 186-197
- [23] Li S C, Wang Z F, Zhang Y L. Crop cover reconstruction and its effects on sediment retention in the Tibetan Plateau for 1900-2000[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(7): 786-800
- [24] 段金龙, 张学雷. 水土资源分布的多样性格局与关联性分析[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2016: 14-16
- [25] 任圆圆, 张学雷. 以地形为基础的河南省域土壤多样性的格局[J]. 土壤通报, 2017, 48(1): 22-31
- [26] 段金龙, 赵斐斐, 张学雷. 土壤空间分布多样性研究中网格尺寸的选取策略[J]. 土壤, 2014, 46(5): 961-966

Diversity Characteristics and Correlation Among Soil, Terrain and Arable Land in Henan Province

LI Xiaoying^{1,2}, ZHANG Xuelei^{1,2*}, REN Yuanyuan^{1,2}

(1 School of Hydraulic and Environmental Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2 Institute of Natural Resources and Eco-environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The distribution of the arable land is basically influenced by many natural factors among which soil and terrain play fundamental roles. In order to explore the relationship among the arable land, soil and terrain, Henan Province was selected as the research area by using the modified Shannon entropy measure and mutual entropy correlation analysis method to analyze the characteristics and relevance of the diversity patterns of soil, terrain and the arable land of Henan Province. The results showed that the diversity of terrain and soil composition of 18 cities in Henan Province is highly related to the richness number of the corresponding element, but irrelevant to the size of its area. The correlation coefficients of terrain, soil and number of the related element categories were 0.79 and 0.35 respectively, but the correlation coefficient with area was less than 0.1. In addition, the correlation coefficient between terrain spatial diversity and area of Henan Province reaches as high to 0.8. According to the classification of soil spatial distribution diversity index (Y_h), the dominant soils in Henan Province are Chao soil (*Hapli Aquic Cambosol*) and Cinnamon soil (*Hapli Ustic Argosol*) while the inferior soils are Saline soil (*Salty Aquic Cambosol*) and Alkaline soil (*Natric Aquic Cambosol*). And the spatial distribution pattern of soil diversity in different cities has significant differences, reflecting the richness of the soils in Henan Province. The correlation among soil, terrain and arable land is as follows: the correlation order between topography and spatial distribution of the arable land is plain > hilly > mountain, except for the basin in the south of Henan and the hills and mountains in the west of Henan. And that between the spatial distribution of soil and the arable land is basically consistent with the spatial distribution pattern of soil in Henan Province.

Key words: Henan Province; Terrain; Soil; Arable land; Diversity; Correlation