

河南省东北部农用地肥力分析

方相林¹, 冯凤英¹, 于斌^{2,3}, 梁留科², 王少华²

(1. 安阳师范学院 资源环境与旅游学院, 河南 安阳 455002;

2. 河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475004; 3. 福建省龙岩市国土资源局, 福建 龙岩 364000)

摘 要: 基于土地生态健康评价原理, 选取土地肥力指标对土地健康进行评价, 为土地利用调控提供依据。以河南省东北部三县为例, 通过对研究区域内土地质量进行调查, 得到土地肥力空间分布格局, 并以此为依据计算土地肥力健康综合指数。将影响土地肥力的因子指标进行综合分析, 结果表明, 研究区域土地肥力健康综合指数均在中等以下。研究区土地肥力健康综合指数和相应的指标体系能较为合理地反映土地健康、土地利用、经济布局与资源环境承载力相适应, 能够为区域可持续发展提供理论基础。

关键词: 土地肥力; 土地生态; 农用地健康

中图分类号: S158

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)04-0049-06

Soil Fertility Analysis of Agricultural Land in the Northeast of He'nan Province

FANG Xiang-lin¹, FENG Feng-ying¹, YU Bin^{2,3}, LIANG Liu-ke², WANG Shao-hua²

(1. Department of Resources & Environment and Tourism, Anyang Normal University,

Anyang, He'nan 455002; 2. College of Environment and Planning, He'nan University, Kaifeng,

He'nan 475004; 3. Fujian Land Resources Bureau Longyan Substation, Longyan, Fujian 364000, China)

Abstract: To discuss the idea of land nutrient evaluation under new circumstances, based on the principle of land ecological health assessment, which can provide references for the adjustment of regional land use, three counties are selected in northeast of Henan Province as example. The integrated soil fertility quality is determined according to the spatial combination of indices of soil nutrients, which are assessed in terms of the standard of state. The results indicate that the spatial distribution of soil fertility quality at the middle level. It is concluded that the land ecological assessment can clearly reflect the relationship between changes in land use and social economic development. It can further accelerate the compatibleness among land use, economic zoning, and carrying capacity of resources and environment, and also enhance the sustainable development ability.

Key words: soil fertility; land ecology; agricultural land health

随着工业化、城镇化的发展, 土地污染问题越来越突出。土地污染物因极难被降解、不易移动、不断积累等特征给环境造成严重污染, 并通过植物吸收进入食物链, 给农产品质量安全带来隐患, 危害人类健康。农用地是直接生产粮食的土地, 深刻影响着食品安全, 关系着人类健康, 因此农用地健康状况受到广泛关注。1941 年 Aldo Leopold 首次提出土地健康(Land Health)的概念, 他提出健康的土地是指被人类占领而没有使其功能受到破坏的状况, 把土地有机健康作为土地内部本身的自我更新能力, 认为土地有机体健康应当与人们考虑个人有机体健康一样^[1]。20 世纪 80 年代, 随着人地矛盾的日益突出, 国际地

圈—生物圈计划(IGBP)和全球环境变化中的人文领域计划(IHDP)提出“土地利用/土地覆盖变化”研究的前沿和热点问题^[2], 生态系统健康成为国内外学者研究的主要领域, 其中土地健康是其重点研究内容^[3-11]。国内外学者对土地健康的研究大多数基于时间尺度和土地利用类型空间变化上的评价, 对于土地本身的健康和直接作用于土地影响因素的健康评价较少; 土地健康评价没有形成统一标准规范, 且结合实践进行研究的较少; 土地作为生态系统的载体, 其肥力影响着生物的生长与繁殖^[12-15], 对生态系统健康有着极其重要的影响但却没有被引起足够的重视。本文在前人研究的基础上^[16-17], 采用传统数学

收稿日期: 2013-11-22

修回日期: 2013-03-20

资助项目: 河南省科技攻关重点项目(102102310260)

作者简介: 方相林(1957—), 男, 河南林州人, 副教授, 主要从事国土资源评价研究。E-mail: fxlany346@163.com

通信作者: 于斌(1983—), 男, 河南周口人, 博士, 主要研究方向为土地生态利用。E-mail: yubin123654@163.com

方法和现代方法相结合、定性与定量评价相结合的方法,基于土壤样点实验数据,对河南省东北部(濮阳县、范县、台前县)农用地的土壤肥力空间分布格局进行分析,并对农作物的适宜程度进行评价。

1 研究区概况

本文选择黄河与金堤河之间的濮阳县、范县、台前县三个县域作为研究区域(图 1)。研究区域位于河南省东北部,黄河下游冀、鲁、豫三省交界处,北、东、南分别为与河北、山东两省接壤,地处北纬 $35^{\circ}20'00''$ — $36^{\circ}12'23''$,东经 $114^{\circ}52'0''$ — $116^{\circ}5'4''$,东西长约 152 km,南北宽约 100 km。黄河、金堤河横贯全境,将全区自然分割为黄河滩地和背河洼地两大部分,形成“三堤两河一滩”的地貌特征。地貌系中国第三阶梯的中后部分,属黄河冲积平原,地形由西南向东北自然倾斜,海拔均在 48~58 m 之间。气候受东南季风环流的控制,属暖温带半湿润季风型大陆气候。金堤河系黄河北侧支流,源于新乡县司张排水沟,自安阳市滑县入濮阳境,经濮阳县、范县、台前 3 县,于台前县吴坝乡张庄村北汇入黄河。研究区内地势平坦,土层深厚,垦殖率高,绝大部分已开辟为农田。

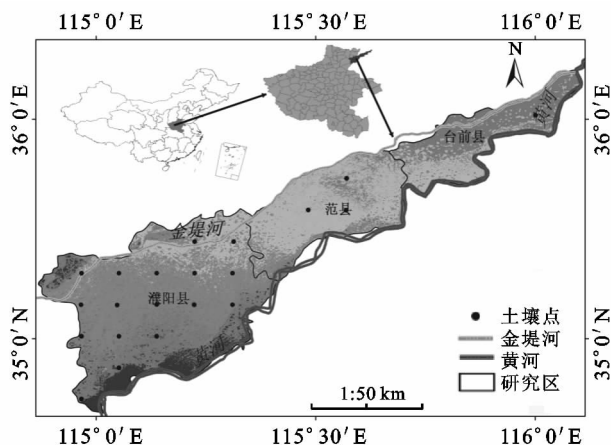


图 1 研究区地理位置

2 资料与方法

于 2010—2011 年对河南省濮阳市辖区内金堤河和黄河之间的区域进行全年观测,为了反映研究区(濮阳县、范县、台前县)土地生态健康,利用 ArcGIS 9.3 软件在 1:25 万河南省电子地图上统一划分网格,按国家土壤普查要求的耕地 $8\text{ km} \times 8\text{ km}$ 、林地(原始林除外)和草地 $16\text{ km} \times 16\text{ km}$ 、未利用土地 $40\text{ km} \times 40\text{ km}$ 尺度划分网格,网格制成后利用 GIS 软件在地图上标注网格中心点,网格中心点即为土壤调查点,并对网格中心点经纬度坐标进行现场勘查、定点、采取土样,最终确定研究区域内 21 个土壤调查监

测点,土壤样品送河南省环境检测中心站分析,检测项目主要包括土壤有机质、全氮、全磷、全钾、pH、速效磷、速效钾、砂粒等指标。

3 结果与分析

3.1 肥力空间分布

根据长期施肥对作物产量及氮、磷、钾养分吸收的影响与土壤 pH 存在极显著正相关性研究,pH 降低是作物产量和氮磷钾养分吸收降低的主要原因之一^[18],不同种类的肥料类型组合对作物产量极其显著,有机肥效果优于氮、磷、钾肥,氮肥优于磷肥^[19],参照鲁西北地区土壤主要养分因子与济麦 22 产量品质的关系研究^[20],证实土壤肥力对作物产量及农作物对土壤肥力需求具有不同的要求。本文的研究区域与鲁西北相邻且相距不远,对土壤采样点检测数据进行精确空间插值分析,绘制土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾、pH、砂粒的空间分布格局(图 2—9)。

3.2 肥力健康评价

根据土地肥力与农作物产量之间的关系,建立评价指标与作物产量或作物效应之间的关系曲线,这样就可以把参评指标转变为 0~1 之间的无量纲值(即隶属度),分为戒上型、戒下型和正态分布型^[9-10,21-23]。通过模糊分析与专家打分法计算每个评价单元的隶属度,作为该评价单元的指标分值,评价因子隶属度函数通过下面三种隶属函数计算得到:

(1) 评价指标与作物生长呈“S”形曲线(戒上型),即在一定范围内该类指标的增长与作物反应或作物产量呈现正相关,而低于或超过这个范围其变化对土壤质量影响比较小,则隶属度函数为:

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} 0.1 & x_i \geq u_i \\ 1/[1 + \alpha_i(x_i - c_i)^2] & c_i \leq x_i \leq u_i \\ 1 & x_i \leq c_i \end{cases} \quad (1)$$

(2) 评价指标与作物生长呈反“S”形曲线(戒下型),即在一定范围内该类指标的增长与作物反应或作物产量呈现负相关,而低于或超过这个范围其变化对土壤质量影响比较小,相应的隶属函数为:

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} 0.1 & x_i \leq l_i \\ 1/[1 + \alpha_i(x_i - c_i)^2] & l_i \leq x_i \leq c_i \\ 1 & x_i \geq c_i \end{cases} \quad (2)$$

(3) 评价指标与作物生长呈抛物线形曲线关系,即正态分布型。这类指标对作物生长发育有一个最适宜的生长范围,超出这个范围随偏离程度的增大对作物生长发育的影响程度越不利,直至到某一个值时作物就不能生长发育,其相应的隶属函数为:

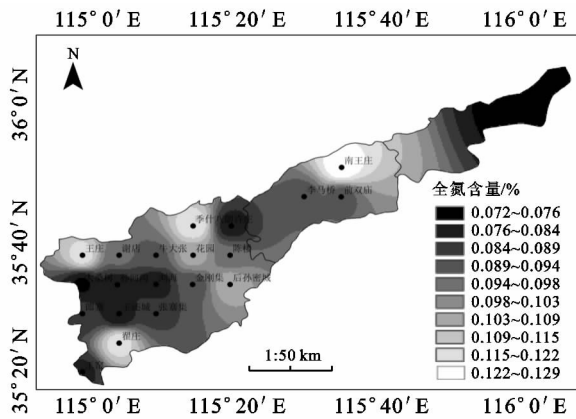


图 2 土壤全氮空间分布格局

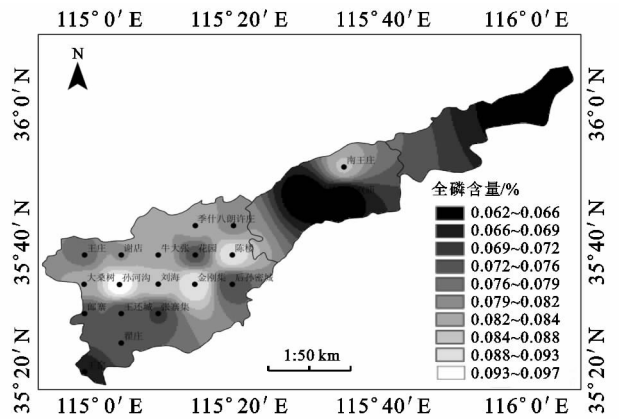


图 3 土壤全磷空间分布格局

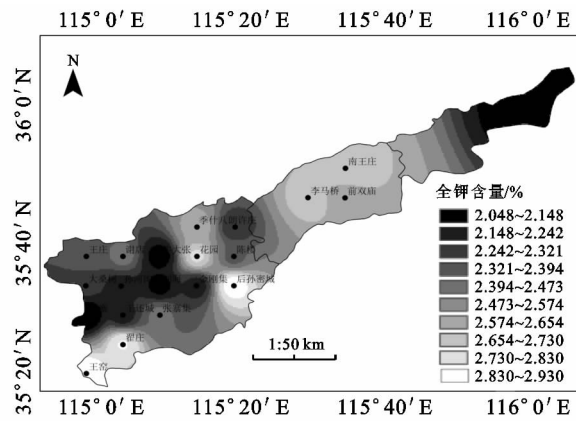


图 4 土壤全钾空间分布格局

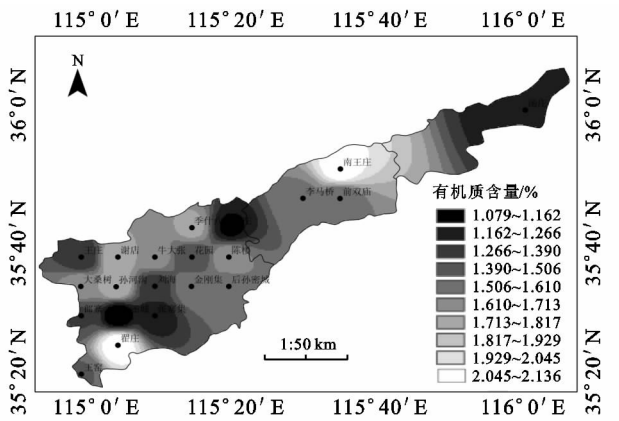


图 5 土壤有机质空间分布格局

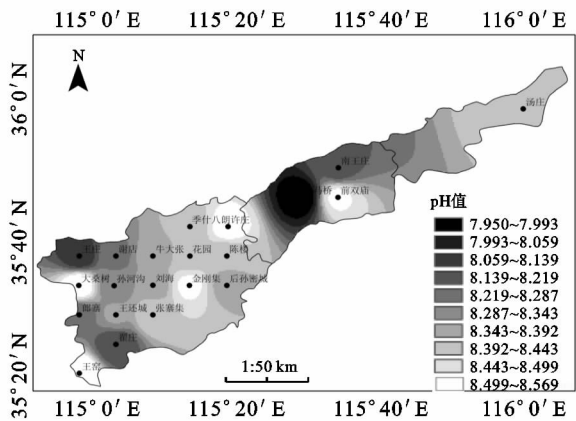


图 6 土壤 pH 值空间分布格局

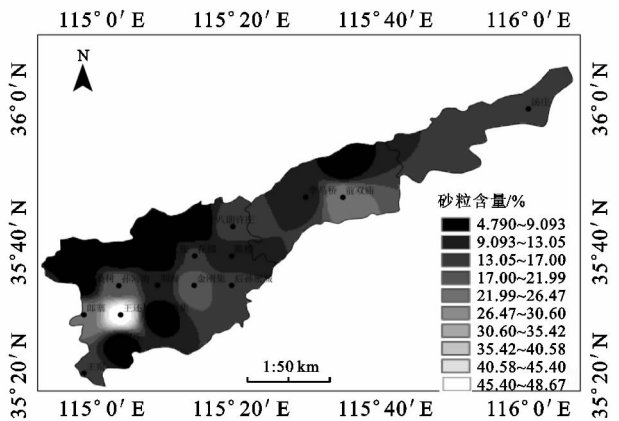


图 7 土壤砂粒空间分布格局

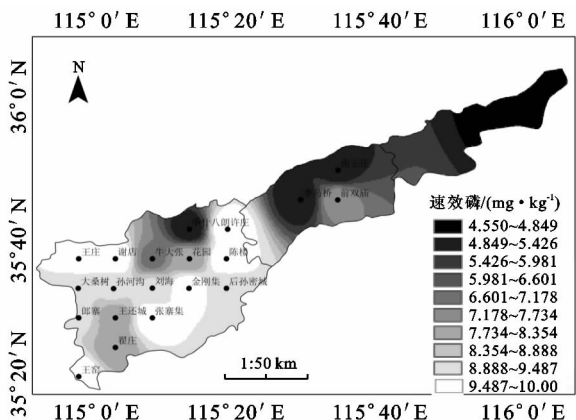


图 8 土壤速效磷空间分布格局

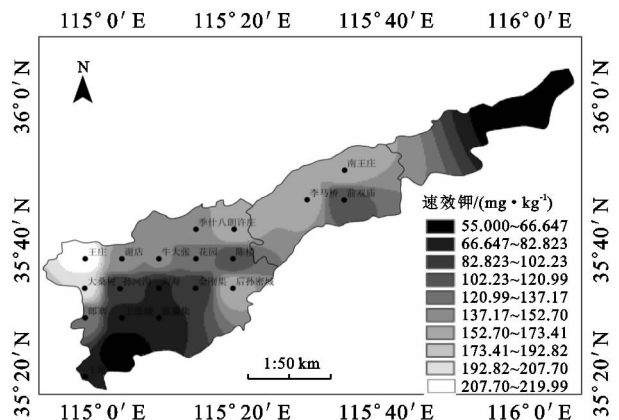


图 9 土壤速效钾空间分布格局

$$\mu_A(x_i)=\begin{cases} 0.1 & b_i\leq x\leq b_{i2} \\ 1/[1+\alpha_i(x_i-c_i)^2] & l_i\leq x_i\leq u_i \\ 1 & x_i\geq a_i \end{cases} \quad (3)$$

式中： $\mu_A(x_i)$ ——评价因子的隶属度； α_i ——常数； x_i ——评价因子实测值； c_i ——评价因子的最优值； l_i ——评价因子的下限值； i ——第 i 个评价因子； u_i ——评价因子的上限值； b_i ——评价因子的极值。

根据土壤肥力指标与耕地产力之间的关系,即在一定范围内该类指标的增长与作物反应或作物产量呈现出的相关性,进一步确定各指标的参数值、标准值、极限值、实测值,利用拟合隶属度经验公式计算各指标相应的隶属度值(表 1)。为避免人为主观因素对土壤肥力指标权重的干扰,采用因子分析设置特征值 >1 ,KMO 值 >0.5 ,累计贡献率 $>80\%$ 等条件,计算各评价指标权重值(表 2),运用模糊数中加乘法原则,计算土壤肥力质量综合评价指标值 IFI^[20],其计算公式如下:

$$IFI=\sum(q_i\times w_i) \quad (4)$$

式中: q_i ——第 i 项土壤肥力评价指标隶属度值; w_i ——第 i 项土壤肥力评价指标权重系数。IFI 取值

为 0~1,其值越高,表明土壤肥力质量越好。

根据土壤调查样点的有机质、pH 值、速效磷、速效钾、砂粒的标准化数据,按式(4)要求计算土壤肥力质量综合指数 IFI,利用地统计克里格方法对未采样点区域化变量值进行线性无偏差最优估计,绘制出研究区土壤地表层肥力质量综合指数 IFI 空间分布格局(图 10)。基于土壤肥力综合指数 IFI 值,结合专家意见和土壤肥力质量分级建议方案及土壤养分综合贫瘠化状况,绘制土壤肥力质量等级空间分布(图 11)。将土壤肥力质量等距划分为五级(表 3),土壤肥力质量评价综合得分和等级划分结果如表 4 所示。

表 1 隶属函数参数值

指标	常数	标准值	极限值
	a_i	c_i	l_i, u_i
pH 值	1.0734	7	21—2
有机质/%	1.0735	2.6	<1
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	4.29×10^{-4}	12	<5
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	5.84×10^{-4}	120	<20
砂粒/%	5.84×10^{-3}	0	<50
起伏强度/m	1.00×10^{-4}	25	300

表 2 土壤肥力指标权重值

项目	公因子 1	公因子 2	公因子 3	公因子 4	公因子方差	权重
有机质	-0.774	-0.0223	0.195	0.209	0.730	2.175
砂粒	0.686	-0.0268	-0.112	-0.588	0.867	1.094
起伏度	0.613	0.136	-0.507	0.539	0.717	0.914
速效钾	-0.511	0.691	—	-0.255	0.810	0.784
速效磷	0.430	0.690	0.237	—	0.900	0.680
pH 值	0.533	—	0.737	0.198	0.942	0.353
方差贡献	36.247	18.228	15.237	13.073		
累计贡献	23.902	43.984	64.002	82.785		

表 3 土壤肥力综合指数 (IFI) 等级划分

等级	I 级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	V 级
分值	>8	6~8	4~6	2~4	<2
肥力	肥沃	比较肥沃	中等	贫瘠	严重贫瘠

4 结论与讨论

本研究根据土壤肥力指标与耕地产力之间的关系,即在一定范围内该类指标的增长与作物反应或作物产量呈现出相关性,进一步确定各指标常数值、标准值、极限值和各指标实测值空间分布。为避免人为主观因素对土壤肥力指标权重的干扰,采用因子分析法计算各评价指标权重值,利用拟合隶属度经验公式计算研究区采样点相应肥力隶属度值;再运用模糊数中加乘法原则计算土壤肥力质量综合评价指标值 IFI。根据土壤肥力综合指数 IFI 值大小及专家意见,并参考水稻土、红壤、潮土和黑土四大类土壤肥力质

量分级建议方案,和我国南方丘陵地区红壤水田、旱地土壤养分的综合贫瘠化状况,将土壤肥力质量等距划分为五级,按照土壤肥力质量综合评价公式,计算土壤肥力综合得分并对其进行等级划分。研究表明,研究区土壤肥力综合指数 IFI 均在 6 以下,多数土壤样点处于中等级别与贫瘠之间,接近于土壤养分贫瘠或较贫瘠状态。本研究揭示了土地表层营养成分的空间分布格局,合理解释了农用地肥力健康状态,利用肥力隶属度函数阐明了土地肥力与农作物之间的相互依赖,有利于全面了解土地肥力空间分布规律及其对农作物生长的促进作用。为避免人为主观因素对土壤肥力指标权重的干扰,采用因子分析计算了各

评价指标权重值,确保土地肥力因子的客观评价。然而,土地肥力对农作物影响程度的界限值与最适宜含量还有待进一步研究,如土地肥力对农作物影响的最低

值、最大值、最优值之间的测定,尝试引入相关程度较高的环境变量作为辅助来提高土地肥力函数隶属测算,为土地肥力研究提供有效途径。

表 4 土壤肥力质量等级划分

样点	等级	得分	砂粒/%	pH 值	有机质/%	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	坡度/m
南王庄	Ⅲ	5.26	0.990	0.401	0.983	0.979	0.407	0.998
李马桥	Ⅲ	5.07	0.982	0.508	0.845	0.979	0.517	0.997
前双庙	Ⅲ	5.22	0.960	0.290	0.800	0.991	0.945	0.997
汤庄	Ⅳ	4.28	0.976	0.316	0.584	0.977	0.322	0.997
翟庄	Ⅲ	5.18	0.990	0.413	0.980	0.993	0.288	0.998
王窑	Ⅳ	4.79	0.976	0.274	0.788	0.998	0.407	0.997
季什八	Ⅲ	5.32	0.992	0.319	0.934	0.979	0.655	0.999
许庄	Ⅳ	4.29	0.975	0.285	0.559	0.998	0.407	0.998
王庄	Ⅳ	4.35	0.991	0.444	0.646	0.998	0.146	0.997
谢店	Ⅲ	5.41	0.990	0.366	0.960	0.998	0.655	0.998
牛大张	Ⅲ	5.37	0.992	0.332	0.895	0.989	0.811	0.998
花园	Ⅲ	5.09	0.979	0.322	0.726	0.993	0.945	0.997
陈楼	Ⅲ	5.48	0.985	0.322	0.900	0.998	0.945	0.997
大桑	Ⅳ	4.91	0.988	0.277	0.910	0.996	0.211	0.997
孙河沟	Ⅲ	5.39	0.970	0.352	0.966	0.996	0.655	0.998
刘海	Ⅳ	4.65	0.982	0.335	0.672	0.996	0.517	0.997
金刚集	Ⅲ	5.09	0.969	0.290	0.840	0.998	0.655	0.998
后孙密	Ⅲ	5.01	0.977	0.328	0.842	0.996	0.517	0.997
郎寨	Ⅲ	5.05	0.961	0.374	0.709	0.996	0.945	0.997
王还城	Ⅳ	4.22	0.928	0.338	0.524	0.993	0.458	0.997
张寨	Ⅳ	4.37	0.990	0.310	0.585	0.998	0.407	0.996

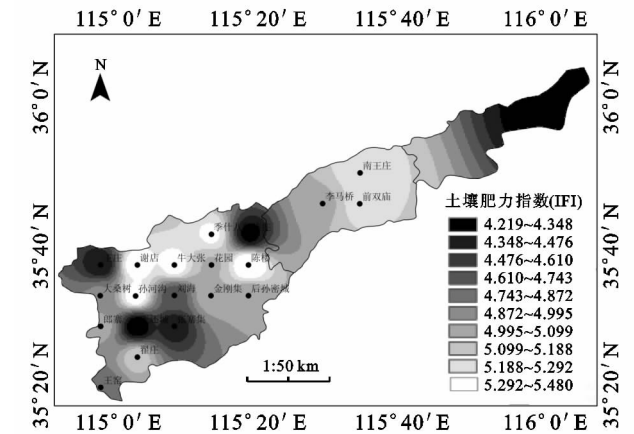


图 10 土壤肥力质量综合指数分布

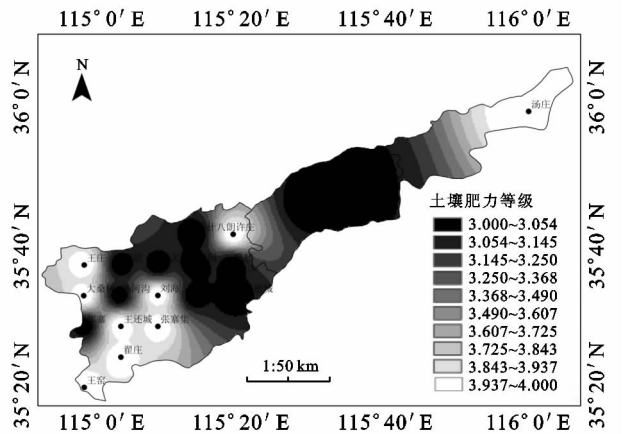


图 11 土壤肥力质量等级分布

参考文献:

[1] Leopold A. Wilderness as a land laboratory [J]. Living Wilderness,1941(6):2-3.

[2] Walker R T. Land use transition and deforestation in developing countries[J]. Geographical analysis,1987,19(1):18-30.

[3] Howard T O. Wiley-Interscience book reviews [J]. Human Ecology,1971,1(1):81-91.

[4] Rapport D J, Regier H A, Hutchinson T C. Ecosystem Behavior Under Stress[J]. The American Naturalist, 1985,125(5):617-640.

[5] Schaeffer L R, De Rose E P, Wilton J W. Accounting for pretest environment and selection in estimating breeding values for station-tested beef bulls[J]. Journal Animal Science,1988,66(3):635-639.

[6] Page T. Environmental Existentialism[C]//Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Washington D. C: Island Press,1992.

- [7] Costanza R. Toward an operational definition of ecosystem health[M]// Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Washington D C: Island Press, 1992.
- [8] FAO. A Framework for Land Evaluation [M]. Rome: FAO, 1976.
- [9] Burrough A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation[J]. Journal of Soil Science, 1989, 40(3): 477-492.
- [10] McBratney A B, Odeh I O A. Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions[J]. Geoderma, 1997, 77(2/3/4): 85-113.
- [11] Wang Fangju, Hall G B, Subaryono. Fuzzy information representation and processing in conventional GIS software: database design and application [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1990, 4(3): 261-283.
- [12] 王庄日, 谭永忠, 薛继斌, 等. 基于优度评价法的西藏土地利用生态安全评价研究[J]. 中国土科学, 2010, 24(3): 49-52.
- [13] 王寅, 李小坤, 李雅颖. 红壤不同地力条件下直播油菜对施肥的响应[J]. 土壤学报, 2012, 49(1): 121-127.
- [14] 王晓娟, 贾志宽, 梁连友. 旱地施有机肥对土壤水分和玉米经济效益影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 144-148.
- [15] 邱喜阳, 王晨阳, 王彦丽, 等. 施氮量对冬小麦根系生长分布及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2012, 21(1): 53-58.
- [16] 张世文, 黄元仿, 苑小勇. 县域尺度表层土壤质地空间变异与因素分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(6): 1154-1164.
- [17] 闫鸿媛, 段英华, 徐明岗, 等. 长期施肥下中国典型农田小麦氮肥利用率的时空演变[J]. 中国农业科学, 2011, 44(7): 1399-1407.
- [18] 蔡泽江, 孙楠, 王伯仁, 等. 长期施肥对红壤 pH、作物产量及氮、磷、钾养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料科学, 2011, 17(1): 71-78.
- [19] 杨晓, 郝明德, 李芳林. 黄土区长期施肥对小麦产量和养分吸收的影响[J]. 土壤通报, 2010, 41(1): 164-168.
- [20] 刘淑云, 谷卫刚, 唐研, 等. 鲁西北地区土壤主要养分因子与济麦 22 产量和品质的关系研究[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 365-368.
- [21] 孙波, 张桃林, 赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J]. 土壤学报, 1995, 32(4): 362-369.
- [22] 张月平, 张炳宁, 王长松, 等. 基于耕地生产潜力评价确定作物目标产量[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 328-332.
- [23] 张甘霖, 吴运金, 赵玉国. 基于 SOTER 的中国耕地后备资源自然质量适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 1-7.

(上接第 28 页)

- [26] 宋日钦, 翟明普, 贾黎明, 等. 三倍体毛白杨地上凋落物对林龄的响应[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(3): 17-19, 22.
- [27] 官丽莉, 周国逸, 张德强, 等. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物量 20 年动态研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 449-456.
- [28] 田大伦, 宁晓波. 不同龄组马尾松林凋落物量及养分归还量研究[J]. 中南林学院学报, 1995, 15(2): 163-169.
- [29] 逯军峰, 王辉, 曹靖, 等. 不同林龄油松人工林枯枝落叶层持水性及养分含量[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24(3): 319-325.
- [30] 苏勇. 福建柏造林实验研究[J]. 广西林业科学, 1991, 20(4): 187-191.
- [31] 王洪岩, 王文杰, 邱岭, 等. 兴安落叶松林生物量、地表枯落物量及土壤有机碳储量随林分生长的变化差异[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 833-843.
- [32] Schlesinger W H, Hasey M M. Decomposition of chaparral shrub foliage: losses of organic and inorganic constituents from deciduous and evergreenleaves[J]. Ecology, 1981, 62(3): 762-774.
- [33] 林波, 刘庆, 吴彦, 等. 森林凋落物研究进展[J]. 生态学报, 2004, 23(1): 60-64.
- [34] 凌华, 陈光水, 陈志勤, 等. 中国森林凋落量的影响因素[J]. 亚热带资源与环境学报, 2009, 4(4): 66-71.