

基于灰色系统理论的沉陷地土壤特性变化研究

陈秋计, 张合兵, 付建春 (河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南焦作 454000)

摘要 利用灰色系统理论对沉陷地土壤质量的变化进行了研究, 结果表明, 就沉陷地土壤的不同层次特性而言, 深度土壤的关联度较大, 表层土壤的关联度较小; 从综合曲线变化态势来看, 随着沉陷深度的加大, 关联度逐渐降低, 泥浆泵复垦土地土壤特性的关联度随时间推移, 关联度逐渐增大, 逐渐接近正常农田。

关键词 复垦; 灰色理论; 土壤; 沉陷

中图分类号 S151.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)02-00649-02

地下矿产资源开采后, 地表会发生沉陷, 造成耕地质量下降和良田荒芜。土地复垦是增加耕地面积, 缓解人地矛盾, 改善生态环境, 实现土地资源可持续利用的重要途径。就沉陷地土壤问题, 国内外学者已进行了不少研究, 初步揭示了沉陷地土壤特性的变化情况^[1-3]。笔者利用灰色系统理论研究沉陷地整治前后的土壤特性演变规律, 旨在为下一步土地复垦和土壤改良提供科学依据。

1 灰色系统理论

灰色系统 (Grey Systems) 是指部分信息已知, 部分信息未知的系统^[4]。它通过对“部分”信息已知信息的生成, 开发去了解、认识现实世界, 实现对系统运行行为和演化规律的正确把握和描述。灰色系统理论中的灰色关联分析方法^[5]是在不完全的信息中, 对所要分析研究的各因素, 通过一定的数据处理, 在随机的因素序列间, 找出它们的关联性, 发现主要矛盾, 找到主要特性和主要影响因素。计算方法与步骤:

(1) 将初始序列的原始数据作初值化变换处理, 消除量纲, 增强各因素之间的可比性。

(2) 求各序列绝对差:

$$\Delta_{ij}(k) = |x_i(k) - x_j(k)| \quad (1)$$

$\Delta_{ij}(k)$ 为 x_i 和 x_j 之间第 k 个差的绝对值; x_i 为参考序列; x_j 为其他比较序列。

(3) 求所有比较序列在各点的绝对差中最小值与最大值:

$$\Delta_{\min} = \min \min |x_i(k) - x_j(k)|, \quad (2)$$

$$\Delta_{\max} = \max \max |x_i(k) - x_j(k)|, \quad (3)$$

(4) 计算灰色关联系数 $r(x_i(k), x_j(k))$:

$$r(x_i(k), x_j(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{ij}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (4)$$

式中, $i=1, 2, 3, \dots, m; j=1, 2, 3, \dots, n; j \in i$, 带入两级最大差、最小差及辨识系数 ζ ; 其中辨识系数 $\zeta \in [0, 1]$, 其值可依实际需要调整。一般来说, ζ 值在 0.5 附近。

(5) 计算灰色关联度: $r(x_i, x_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_i(k), x_j(k))$ (5)

目前, 灰色系统理论在社会、经济和自然科学的应用十分广泛, 如预测宏观经济态势、区域经济优势分析、产业结构的调整方向等方面都取得了较好的应用效果^[6]。

2 基于灰色理论的沉陷区土壤特性变化研究

2.1 研究方法 笔者将不同沉陷深度土壤特性组成的数

据序列与周围未受开采沉陷影响的农田土壤特性数据进行关联度分析, 通过关联度的变化, 反映土壤特性随沉陷深度的变化规律。

2.2 研究区概况 以山东兖州矿区某沉陷土地为研究对象, 该沉陷区总面积 53.2 hm², 沉陷前地表平整, 地面标高 48.3 m, 采样时沉陷盆地中央积水面积约占总面积的 20%, 平均积水深度 0.8 m 左右, 在盆地周围的坡地上按下沉深度 0.5 m 为幅度从上坡往下坡至积水边缘沿等高线均匀设点采样, 以相邻未受开采影响的正常农田为对照, 每点又从地表面向下按 0~20 cm, 20~40 cm, 40~60 cm 3 个层次进行取样^[7]。

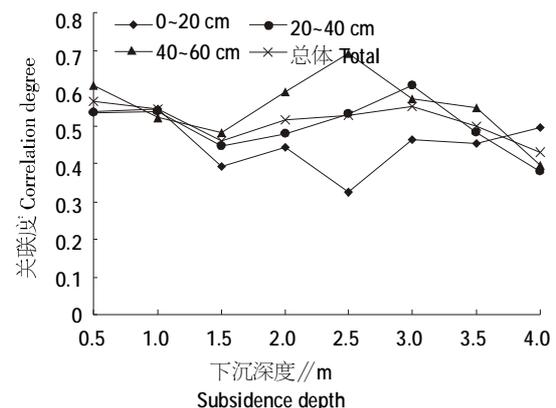


图1 不同层次土壤特性关联度随沉陷深度的变化情况
Fig. 1 Situation of correlation degree of different soil layer features changing with the subsidence depth

2.3 研究结果 图1表明, 0~20cm层的关联度总体较小, 且变化较大, 随着沉陷深度的加大, 起始阶段, 关联度逐渐降低, 在下沉深度 2 m 处, 有小幅回升, 在下沉 2.5 m 处关联度达到最小, 之后, 随沉陷深度的加大, 关联度开始回升。这说明 0~20 cm 层受开采沉陷的影响较大, 土壤养分流失较为严重。从变化曲线上可以看出, 随开采深度的加大, 沉陷区底部的土壤特性较接近于正常农田。这一规律可从沉陷盆地的变形特点得到解释。盆地边缘部分在下沉过程中, 受到拉应力作用, 容易产生裂缝, 同时有上凸的趋势, 因此容易引起养分流失。从下沉深度 2.5 m 开始, 关联度开始回升, 这一段下沉盆地的主要特点是受压应力作用, 土壤开始变得致密, 同时有下凹的趋势, 所以造成养分的加大。下沉深度 2.5 m 处属于上凸和下凹的变化处, 坡降最大, 所以养分流失最为严重。20~40 cm 层土壤特性关联度总体高于 0~20 cm 层, 在沉陷开始部分, 其关联度变化规律与 0~20 cm 层相似, 但在下沉深度 1.5 m 处关联度降至极小值后关联度开始攀升, 在下沉深度 3 m 处, 达到最大, 之后开始不断下

基金项目 河南省教育厅人文社科项目 (0624220093); 河南理工大学骨干教师 (2007); 河南省教育厅教改项目。

作者简介 陈秋计 (1971-), 男, 山西运城人, 博士, 副教授, 从事 GIS、土地复垦教学和科研工作。

收稿日期 2007-09-19

降,在下沉深度 4 m 处,降至最低点。从变化曲线的总体态势来看,随着沉陷深度的加大,其关联度逐渐降低。40~60 cm 层关联度的变化规律与 20~40 cm 层较为相似,只是关联度的极大值点有所靠前,出现在下沉深度 2.5 m 处。从土壤的不同层次特性来看,深度土壤的关联度较大,表层土壤的关联度较小。说明表层土壤变化较大,水土流失严重。从综合曲线变化态势来看,随着沉陷深度的加大,关联度逐渐降低。

3 基于灰色理论的泥浆泵复垦土壤变化研究

泥浆泵复垦由于具备设备简单,工作效率高等特点,在华东地区挖深垫浅的复垦工程中应用较多。该研究以徐州矿区某沉陷地的泥浆泵复垦土壤为研究对象^[1],对不同时期不同层次的泥浆泵复垦土壤的特性进行分析,揭示泥浆泵复垦土壤特性的时空变化规律,为土壤改良提供依据。

3.1 研究方法 笔者将不同复垦年限土壤特性组成的数据序列与周围未受开采沉陷影响的农田土壤特性数据进行关联度分析,通过关联度的变化,反映土壤特性随复垦时间长短的变化规律。

3.2 研究区概况 在我国,徐州矿区采煤塌陷地的治理起步较早,开始于 20 世纪 80 年代初,根据开采沉陷的规律,将塌陷区按潜水位的高低、塌陷稳定程度、积水状况等进行分级,并依次采用相应的复垦措施。根据复垦时间的不同,以复垦后 1、3、5、7、9、11、13 年具有代表性的泥浆泵复垦土地作为样本采集对象,每点又从地表向下按 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 3 个层次进行取样^[1]。

3.3 研究结果 图 2 表明,不同时期泥浆泵复垦地 0~20 cm 层土壤特性数值与对照农田土壤特性的关联度在前 7 年内,低于下部土层,随着时间的推移,表层土壤因耕作而不断熟化以及养分的补充,其与对照农田的关联度逐渐加大,越来越接近正常农田。20~40 cm 层的土壤特性关联度与 0~20 cm 层有相同的变化趋势,只是变化值较小。40~60 cm 层的土壤特性关联度变化较小,开始阶段,其关联度较高。这主要是由于泥浆泵复垦过程中,破坏了原来的土壤结构,

导致原来上层养分含量较高的土壤与下层养分含量较低的土层混合,所以部分土地下层土壤特性的关联度低于表层土壤。从总体的变化曲线来看,土壤特性的关联度随时间推移,关联度逐渐增大。

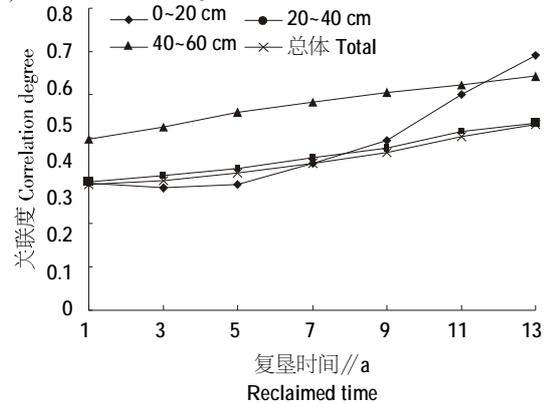


图 2 不同层次土壤特性关联度随复垦时间长短的变化情况
Fig. 2 Situation of correlation degree of different soil layer features changing with the reclaimed time

4 结论

灰色关联分析法是依据灰色系统理论研究变量序列之间关联程度的一种数量分析方法。笔者利用它研究了沉陷地土壤特性与周围对照农田土壤特性之间的关联度,对沉陷地土壤特性的演变规律进行了初步探索,分析了不同时期不同层次泥浆泵复垦土壤的特性与正常农田相应层次土壤特性的关联度。研究成果对于下一步土地复垦和土壤改良具有一定的指导作用。

参考文献

- [1] 陈龙乾. 矿区土地演变监测与可持续利用研究[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [2] 顾和和, 胡振琪, 刘德辉, 等. 开采沉陷对耕地生产力影响的定量评价[J]. 中国矿业大学学报, 1998, 27(4): 414-417.
- [3] 卞政富. 矿区开采沉陷农用土地质量空间变化研究[J]. 中国矿业大学学报, 2004, 33(2): 213-218.
- [4] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987.
- [5] 袁嘉祖. 灰色系统理论及应用[M]. 北京: 中国科学出版社, 1991.
- [6] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 中国科学出版社, 2002.
- [7] 试验研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(5): 975-978.
- [8] GLORIA N A, BARRETTO M C, MDRAES C J. Evaluation of gypsum and some phosphates as inhibitors losses in manures [J]. Revista-Brasileria-de-Ciencia-do-Solo, 1992, 15(3): 297-301.
- [9] MOORE P A, JR T, DANIEL C. Effect of chemical amendments on ammonia volatilization from poultry litter [J]. J Environ Qual, 1995, 24: 293-300.
- [10] WITTER -E. Use of CaCl₂ to decrease ammonia volatilization after application of fresh and anaerobic chicken slurry to soil [J]. J Soil Science, 1991, 42(3): 369-380.
- [11] PAIN B F, REES Y J, LOCKYER D R. Odour and ammonia emissions following the application of pig or cattle slurry to land [C] // NIELSEN V C, VOORBURG J N, HERMITE P L. Volatile emissions from livestock farming and sewage operations. New York: Elsevier Applied Science, 1988: 2-11.
- [12] 王平. EM 技术在水处理领域的系统应用研究[D]. 长沙: 中南林学院, 2002.
- [13] 张永珍, 蔡梅, 王明, 等. 有效微生物群消除鸡舍恶臭试验研究[J]. 环境科学研究, 1999, 12(1): 45-48.
- [14] 任顺荣, 院多本华夫, 前川孝昭. 畜禽废弃物高温好氧堆腐过程中气体产生与变化[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2): 355-358.
- [15] 张克强, 高怀友. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 38-39.

(上接第 648 页)

多途径地消除了奶牛粪污染。

(4) 该试验选择了有效微生物 EM、稻草和蚯蚓粪 3 种添加剂, 采用正交试验法, 进行了奶牛粪堆肥的除臭和保氮试验。结果表明, 按一定比例加入有效微生物 EM、稻草和蚯蚓粪, 其保氮和除臭起效快并且作用显著, 除了 EM、稻草和蚯蚓粪各自具有除臭保氮的功能外, 三者之间还存在着一定的协同增效作用。该试验中奶牛粪含水率 75%, C/N 为 20.45, 考虑到堆肥过程中微生物生长适宜的含水率为 45%~65%, C/N 为 25~35^[9], 因此选择稻草的添加梯度较大, 分别为 10%、20% 和 30%, 添加后奶牛粪的含水率分别为 68.20%、62.53% 和 57.73%, C/N 分别为 25.15、28.80 和 31.73, 为有效微生物 EM 的生长繁殖提供了适宜条件。其次, 蚯蚓粪营养成分丰富且质地疏松, 表面积大, 具有良好的吸收和保持营养物质的能力, 非常有利于微生物的附着和聚集生长, 因此一定程度上也促进了 EM 的生长繁殖。

参考文献

[1] 林小凤, 李国学, 贺琪, 等. 堆肥化过程中氮素损失控制材料的添加