

不同土地利用方式下洞庭湖退田还湖区土壤物理特性*

王月容¹ 周金星^{2**} 周志翔¹ 孙启祥²

1. 华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091

摘要 以钱粮湖垸为例,研究了洞庭湖退田还湖区林地(I)、园地(II)、旱地(III)、水田(IV)、荒地(V)等5种土地利用方式下的土壤密度、孔隙状况、水分状况、团聚体组成与分形特征等物理性质,并运用灰色关联分析对土壤物理特性进行了综合评价。研究表明:5种土地利用方式下0~50 cm土层土壤密度为1.02~1.65 g/cm³,毛管孔隙度为33.04%~61.70%,非毛管孔隙度为2.15%~25.35%,总孔隙度为38.40%~64.96%,自然含水量为17.07%~38.33%,毛管持水量为23.22%~64.00%,土壤团聚体平均直径、分形维数分别为1.76~5.09 mm、2.272 8~2.638 8;各土壤物理指标中,非毛管孔隙度变异系数最大(83.51%),土壤团聚体分形维数变异系数最小(3.61%);0~25 cm、25~50 cm土层荒地的土壤密度均最高,而土壤非毛管孔隙度、总孔隙度、自然含水量、毛管持水量均最低,毛管孔隙度仅高于园地;5种土地利用方式下土壤物理特性的关联度排序为II(0.776 3)>IV(0.762 1)>I(0.698 6)>III(0.659 2)>V(0.618 3),土壤物理性质以荒地类型最差。

关键词 土地利用方式;土壤物理性质;灰色关联分析;洞庭湖

中图分类号 S 152.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2010)03-0306-06

由于人为的围湖造田以及自然的泥沙淤积,洞庭湖面积已由秦汉时期超过6 000 km²骤减到目前天然湖泊面积仅2 625 km²[1]。洞庭湖水体面积大幅减少的同时,也造成调蓄洪功能严重下降,血吸虫蔓延,生物多样性丧失和湖区生态环境退化[2]。实施“平垸行洪、退田还湖”工程[3],恢复和改善洞庭湖原有生态功能,具有十分重要的意义。退田还湖方式包括“单退”与“双退”2种[4]。自退田还湖工程实施后,洞庭湖区土地利用结构与方式发生了一系列的变化,尤其是单退垸在非蓄洪年份,各种土地资源依然采用集约化经营,存在不同的土地利用方式。众多学者针对退田还湖对洪水调控能力[5]、生态环境的影响[6]以及生态恢复过程[7]等方面进行了较深入的研究;目前国内外对于土壤物理特性已有较多报道[8-10],而针对洞庭湖这一特殊区域不同土地利用方式下的土壤物理特性的研究则鲜见报道。因此,本研究以钱粮湖单退垸为例,对不同土地利用方式下土壤物理特性进行定量研究与综合评价,旨在为退田还湖过程中的土壤质量调控、土地利用方式优化和可持续利用提供基础数据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

钱粮湖单退垸位于东洞庭湖西侧(29°25′00″~29°27′30″N,112°37′30″~112°41′15″E),于1958年始在华容河与藕池河东支两河相淤的湖洲上围垦历时3 a而成,现属湖南省岳阳市君山区管辖。截至2004年,垸内总面积228.47 hm²,总人口91 472人,其中农业人口74 459人,占总人口比例81.4%。

该垸地处洞庭湖凹盆地北缘,地势北高南低,中部丘岗隆起,东西低平开阔,微向东洞庭湖倾斜,地貌分区特征较为明显,按高程可分为岗地、丘陵、平原3类;东北部为低山丘陵区,间有溪谷平原;中南部为丘岗区,其余为平原,平均海拔35 m以上。气候属北亚热带湿润性大陆季风气候,年均日照时数4 425.9 h,年均气温16.6℃,年均无霜期276.8 d,年均降水量1 100~1 400 mm,4-6月降雨占年总降水量的50%以上。土壤主要由石灰性河湖沉积物发育而成,少数由第四纪红色粘土、花岗岩发育,土壤肥沃、层次分明、发育完整、耕性好、保水保肥力

收稿日期:2009-08-01;修回日期:2009-11-07

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A15)资助

** 通讯作者. E-mail: zjqxy@forestry. ac. cn

王月容,女,1974年生,博士研究生,讲师. 研究方向:景观生态学、森林生态学. E-mail: wyr-2002@163. com

强、有效养分含量丰富。钱粮湖垸主要景观要素类型有道路、林地、水域、园地、水田、旱地、建设用地七大类;其中,成片集中的林分主要为杨树人工林,园地以柑橘为主,水田种植早稻、晚稻,旱地则种植有棉花、甘蔗及玉米等。

1.2 土样采集与分析

于2008年11月10—14日对林地(I)、园地(II)、旱地(III)、水田(IV)、荒地(V,对照CK)等5种土地利用类型采集土样。其中,林地包括4种不同年龄阶段的杨树人工林(I₁:9 a,株行距2 m×3 m,平均胸径13.2 cm,平均树高16.8 m;I₂:6 a,株行距2 m×3 m,平均胸径11.6 cm,平均树高12.8 m,林下间作棉花;I₃:4 a,株行距3 m×5 m,平均胸径12.0 cm,平均树高12.5 m,间作南瓜;I₄:2 a株行距4 m×4 m,平均胸径10.0 cm,平均树高8.2 m,间作棉花),旱地根据栽培作物的不同分为3种(III₁:棉花;III₂:甘蔗;III₃:玉米)。每种土地利用类型上环刀分层(0~25 cm、25~50 cm)采集原状土,3次重复。参考文献[11],用乙醇燃烧法测定土壤自然含水量,筛分法分级(<0.25、0.25~0.50、0.50~1.00、1.00~2.00、2.00~5.00、5.00~7.00、>7.00 mm)测定土壤团聚体组成,环刀法测定土壤密度,毛管持水量、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度的计算方法为:毛管持水量/%=环刀内水分质量/环刀内干土质量×100;总孔隙度/%=(1-土壤密度/土壤比重)×100;毛管孔隙度/%=毛管持水量×土壤密度;非毛管孔隙度/%=总孔隙度-毛管孔隙度。

1.3 土壤团聚体分形维数与平均质量直径

一般认为,土壤团聚体结构具有自相似性,可运用分形模型理论,计算分形维数(D_F)与平均质量直径(D_{mw})来表征土壤结构的团聚体指标^[12],计算方法如下:

$$\left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{d}_{\max}}\right)^{3-D_F} = \frac{m(\delta < \bar{d}_i)}{m_0}$$

其中: \bar{d}_i 为两筛分粒级 d_i 与 d_{i+1} 间粒径的平均值; \bar{d}_{\max} 为最大粒级土粒的平均直径; $m(\delta < \bar{d}_i)$ 为小于 d_i 的累积土粒质量; m_0 为土壤各粒级质量的总和; D_F 为土壤团聚体分形维数。分别以 $\lg\left(\frac{m_i}{m_0}\right)$ 、 $\lg\left(\frac{\bar{d}_i}{\bar{d}_{\max}}\right)$ 为纵、横坐标,用回归分析计算 D_F 值。

$$D_{mw} = \sum \left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2} \right) \times (P_i - P_{i-1})$$

上式中, P_i 与 P_{i-1} 分别为粒级 d_i 、 d_{i-1} 时的团粒百分率。

1.4 土壤物理性质灰色关联分析

应用灰色系统理论的原理与方法^[13],对不同土地利用方式下土壤物理性质进行灰色关联分析及关联排序。

数据标准化采用极差正规化法:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}$$

关联系数:

$$\xi_{ij}(t_k) = \frac{\Delta \min + \Delta \max K}{\Delta_{ij}(t_k) + \Delta \max K} \quad (K \text{ 为常系数})$$

$$\Delta \min = \min_j \min_k |x_i(t_k) - x_j(t_k)|$$

$$\Delta \max = \max_j \max_k |x_i(t_k) - x_j(t_k)|$$

$$\text{关联度: } r_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \xi_{ij}(t_k) \quad (k=1, 2, \dots, N)$$

2 结果与分析

2.1 土壤密度、孔隙及水分状况

1)土壤密度。钱粮湖垸5种土地利用方式下不同土层深度土壤密度的变化如表1,由表1可知,0~50 cm土层土壤密度为1.02~1.65 g/cm³,最大值为最小值的1.62倍,变异系数为11.54%。0~25 cm土层土壤密度以模式V(荒草)最高,IV(水田)最低,排序为V(1.65 g/cm³)>III(1.37 g/cm³)>I(1.31 g/cm³)>II(1.08 g/cm³)>IV(1.02 g/cm³);25~50 cm土层土壤密度以I₄(2 a杨树人工林)最高,II(园地)最低,排序为V(1.52 g/cm³)>III(1.43 g/cm³)>I(1.40 g/cm³)>IV(1.39 g/cm³)>II(1.19 g/cm³)。不同土层下林地、园地、旱地、水田的土壤密度均明显低于荒地,可见,土地垦殖有利于降低土壤密度。

2)土壤孔隙状况。钱粮湖垸5种土地利用方式下不同土层深度土壤毛管孔隙、非毛管孔隙及总孔隙度的变化如表1所示,由表1可知,0~50 cm土层土壤毛管孔隙度为33.04%~61.70%,最大值为最小值的1.87倍,变异系数为14.67%。0~25 cm土层毛管孔隙度以模式IV(水田)最高,II(园地)最低,排序为IV(61.70%)>I(47.91%)>III(46.52%)>V(36.13%)>II(34.02%);25~50 cm土层毛管孔隙度以模式I₂(6 a杨树人工林)最

高, II (园地) 最低, 排序为 IV (47.65%) > I (44.67%) > III (43.13%) > V (40.29%) > II (33.04%)。

5 种土地利用方式下 0~25 cm 土层毛管孔隙度总体上高于 25~50 cm 土层, 而园地、荒地土壤毛管孔隙度均低于水田、林地及旱地。

0~50 cm 土层土壤非毛管孔隙度为 2.15%~25.35%, 最大值为最小值的 11.79 倍, 变异系数为 83.51%。0~25 cm、25~50 cm 土层土壤非毛管孔隙度均表现为模式 II (园地) 明显高于其它土地利用类型, 不同土层土壤非毛管孔隙度排序分别为 II (25.35%) > III (3.57%) > IV (3.27%) > I (2.78%) > V (2.27%)、II (22.12%) > III (4.28%) > I (3.71%) > IV (2.58%) > V (2.29%)。不同土层荒地的土壤非毛管孔隙度总体上均低于园地、林地、水田及旱地, 表明土地利用方式对土壤非毛管孔隙度存

在重要影响。

0~50 cm 土层土壤总孔隙度为 38.40%~64.96%, 最大值为最小值的 1.69 倍, 变异系数为 12.11%。0~25 cm 土层总孔隙度以模式 IV (水田) 最高, V (荒地) 最低, 排序为 IV (64.96%) > II (59.37%) > I (50.69%) > III (50.09%) > V (38.40%); 25~50 cm 土层总孔隙度以模式 II (园地) 最高, I₁ (2a 杨树人工林) 最低, 排序为 II (55.16%) > IV (50.23%) > I (48.38%) > III (47.41%) > V (42.58%)。可见, 5 种土地利用方式下不同土层荒地的土壤总孔隙度总体上表现最低。

3) 土壤水分状况。植物正常生长发育过程中的水分供应主要来源于土壤水分, 土壤水分状况的好坏, 对不同土地利用方式下的农林生产影响极大。钱粮湖坑 5 种土地利用方式下不同土层深度土壤自然含水量、毛管持水量的变化如表 1 所示。

表 1 5 种土地利用方式下不同土层土壤密度、孔隙及水分特征

Table 1 The soil densities, porosities and water contents in soil layers of different land use patterns

土地利用方式 Land use patterns	土层 Soil layers/cm	密度 Soil densities/ (g/cm ³)	毛管孔隙度 Capillary porosities/%	非毛管孔隙度 Non-capillary porosities/%	总孔隙度 Total porosities/%	自然含水量 Natural water contents/%	毛管持水量 Capillary moisture capacities/%
I ₁	0~25	1.35	46.25	2.86	49.11	25.11	34.30
	25~50	1.26	47.57	5.06	52.63	28.01	37.90
I ₂	0~25	1.27	49.45	2.69	52.15	27.07	39.00
	25~50	1.31	50.58	3.25	53.83	27.15	41.10
I ₃	0~25	1.26	49.35	3.03	52.37	23.49	39.10
	25~50	1.43	41.80	4.36	46.16	21.24	29.30
I ₄	0~25	1.35	46.59	2.52	49.11	19.30	36.82
	25~50	1.60	38.73	2.15	40.88	19.72	25.60
II	0~25	1.08	34.02	25.35	59.37	38.33	31.60
	25~50	1.19	33.04	22.12	55.16	33.77	27.80
III ₁	0~25	1.27	49.05	2.93	51.97	23.44	38.72
	25~50	1.37	41.15	7.18	48.33	23.24	30.11
III ₂	0~25	1.45	45.31	5.34	50.65	21.11	34.95
	25~50	1.49	42.81	2.60	45.41	20.30	30.50
III ₃	0~25	1.39	45.21	2.43	47.64	23.35	33.30
	25~50	1.42	45.42	3.07	48.49	21.73	29.66
IV	0~25	1.02	61.70	3.27	64.96	35.05	64.00
	25~50	1.39	47.65	2.58	50.23	27.02	36.20
V	0~25	1.65	36.13	2.27	38.40	17.07	23.22
	25~50	1.52	40.29	2.29	42.58	18.01	27.18

0~50 cm 土层土壤自然含水量为 17.07%~38.33%, 最大值为最小值的 2.25 倍, 变异系数为 23.16%。0~25 cm、25~50 cm 土层土壤自然含水量都表现为以模式 II (园地) 最高, V (荒地) 最低, 5 种土地利用方式下 2 个土层土壤自然含水量高低顺

序一致, 为 II (38.33%、33.77%) > IV (35.05%、27.02%) > I (23.74%、24.03%) > III (22.63%、21.76%) > V (17.07%、18.01%)。

0~50 cm 土层土壤毛管持水量为 23.22%~64.00%, 最大值为最小值的 2.76 倍, 变异系数为

24.81%。0~25 cm 土层毛管持水量以模式 IV (水田)最高, V (荒地)最低, 25~50 cm 土层毛管持水量以模式 I₂ (6 a 杨树人工林)最高, I₄ (2 a 杨树人工林)最低。

5 种土地利用方式下 2 个土层土壤毛管持水量高低顺序规律一致, 均表现为 IV (64.00%、36.20%) > I (37.31%、33.48%) > III (35.66%、

30.09%) > II (31.60%、27.80%) > V (23.22%、27.18%)。可见, 5 种土地利用方式下荒地的土壤毛管持水量低于林地、园地、旱地及水田。

2.2 土壤团聚体特征

土地利用方式的差异导致土壤团聚体粒径分布发生变化, 钱粮湖荒 5 种土地利用方式下土壤团聚体的分形维数与平均质量直径计算结果见表 2。

表 2 5 种土地利用方式下不同土层的土壤团聚体组成与分形特征

Table 2 The composition and fractal characteristics of soil aggregates in soil layers of different land use patterns

土地利用方式 Land use patterns	土层 Soil layers/cm	土壤团聚体组成 Soil aggregates composition/%							分形维数 Fractal dimensions	平均质量直径 Mean weight diameters/mm
		>7 mm	7~5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	<0.25 mm		
I ₁	0~25	5.61	19.99	22.38	7.36	23.03	12.85	8.77	2.442 2	1.76
	25~50	0.73	9.33	31.73	9.86	18.04	21.70	8.61	2.455 1	3.05
I ₂	0~25	0.00	19.64	23.17	12.17	20.37	17.08	7.57	2.418 0	2.34
	25~50	3.06	9.77	45.96	14.14	14.43	7.40	5.25	2.272 8	3.93
I ₃	0~25	5.54	24.41	30.58	9.25	12.85	10.17	7.21	2.377 8	2.81
	25~50	2.02	27.05	26.15	8.64	15.74	13.93	6.47	2.376 4	2.95
I ₄	0~25	0.00	6.81	28.68	17.70	26.34	13.75	6.72	2.372 0	2.53
	25~50	2.05	8.87	35.93	12.01	17.55	13.55	10.04	2.453 7	3.18
II	0~25	4.31	35.22	19.44	6.35	10.53	9.33	14.82	2.543 9	4.14
	25~50	0.55	6.15	32.49	12.82	12.40	11.79	23.80	2.638 8	2.83
III ₁	0~25	0.00	5.12	33.39	12.03	21.98	15.62	11.86	2.496 7	3.10
	25~50	3.53	29.71	18.46	8.10	17.75	14.70	7.75	2.425 5	3.47
III ₂	0~25	1.56	22.40	33.75	10.80	12.35	8.75	10.39	2.440 2	3.33
	25~50	4.28	39.42	22.71	6.01	11.05	11.07	5.45	2.335 8	4.68
III ₃	0~25	0.77	13.81	31.98	10.38	13.26	9.68	20.11	2.596 1	3.09
	25~50	3.94	36.04	28.33	8.01	8.16	4.78	10.74	2.434 1	3.97
IV	0~25	9.31	43.78	15.78	5.09	9.46	10.92	5.66	2.358 1	5.09
	25~50	1.97	18.93	31.12	8.81	15.56	14.05	9.58	2.452 2	3.10
V	0~25	2.56	26.92	33.24	8.50	12.60	10.04	6.14	2.338 6	3.42
	25~50	3.96	18.58	32.66	9.12	15.06	12.08	8.54	2.420 1	3.05

平均质量直径 (D_{mw}) 是常用的土壤结构评价指标, D_{mw} 越大, 表示土壤结构性能越好。由表 2 可以看出, 0~50 cm 土层土壤团聚体 D_{mw} 值为 1.76~5.09 mm, 最大值为最小值的 2.89 倍, 变异系数为 23.57%。0~25 cm 土层 D_{mw} 值以模式 IV (水田) 最高, I₁ (9 a 杨树人工林) 最低, 5 种土地利用方式下 D_{mw} 值排序为 IV (5.09 mm) > II (4.14 mm) > V (3.42 mm) > III (3.17 mm) > I (2.36 mm); 25~50 cm 土层 D_{mw} 值以模式 III₂ (甘蔗) 最高, II (园地) 最低, 排序为 III (4.04 mm) > I (3.28 mm) > IV (3.10 mm) > V (3.05 mm) > II (2.83 mm)。

土壤团聚体粒径分布的分形维数 (D_F) 反映了土壤水稳性团聚体含量对土壤结构与稳定性的影响趋势, 是反映土壤结构几何形状的重要参数, D_F 值

愈小, 土壤结构与稳定性愈好。

由表 2 可以看出, 0~50 cm 土层土壤团聚体 D_F 值为 2.272 8~2.638 8, 最大值为最小值的 1.16 倍, D_F 值在不同土壤层次及不同土地利用方式下变动较小, 变异系数为 3.61%。0~25 cm 土层 D_F 值以模式 III₃ (玉米) 最高, V (荒地) 最低, 5 种土地利用方式排序为 II (2.543 9) > III (2.511 0) > I (2.402 5) > IV (2.358 1) > V (2.338 6); 25~50 cm 土层 D_F 值以模式 II (园地) 最高, I₂ (6 a 杨树人工林) 最低, 排序为 II (2.638 8) > IV (2.452 2) > V (2.420 1) > III (2.398 5) > I (2.389 5)。不同土层土壤团聚体 D_F 值均以园林最高, 亦即表明土壤团聚体分形维数对其土壤结构与稳定性的贡献也最高。

2.3 土壤物理性质灰色关联评价

选择土壤密度(X_1)、毛管孔隙度(X_2)、非毛管孔隙度(X_3)、总孔隙度(X_4)、土壤自然含水量(X_5)、毛管持水量(X_6)、土壤团聚体分形维数(X_7)及平均重量直径(X_8)等表征土壤水文物理性质的 8 个指标,运用灰色关联分析,对林地、园地、旱地、水田、荒地等 5 类不同土地利用类型 0~50 cm 土层土壤物理性质特征进行定量评价,土壤物理性质关联

系数及关联度(取 $K=0.5$)见表 3。由表 3 可知,关联度值变化范围为 0.495 3~0.805 3,Ⅲ₁(棉花)关联度值最高,Ⅲ₂(甘蔗)关联度值最低,5 种土地利用方式下土壤物理性质关联度值排序为Ⅱ(0.776 3)>Ⅳ(0.762 1)>Ⅰ(0.698 6)>Ⅲ(0.659 2)>Ⅴ(0.618 3)。土壤物理性质灰色关联排序结果表明,钱粮湖垸 5 种土地利用方式下土壤物理性质以荒地类型最差,园地最好,水田次之,林地及旱地比较接近。

表 3 土壤物理性质关联系数及关联度

Table 3 The relation coefficients and degrees of soil physical properties

土地利用方式 Land use patterns	关联系数 Relation coefficients								关联度 Relation degree
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	
I ₁	0.845 8	1.000 0	0.474 2	0.950 6	0.774 8	0.610 6	0.701 6	0.4415	0.724 9
I ₂	0.724 0	1.000 0	0.400 8	0.910 6	0.655 6	0.647 4	0.390 7	0.589 8	0.664 9
I ₃	0.807 3	1.000 0	0.498 2	0.898 3	0.618 2	0.588 8	0.531 4	0.634 0	0.697 0
I ₄	0.672 6	1.000 0	0.538 3	0.748 4	0.605 9	0.583 0	0.760 7	0.751 4	0.707 5
Ⅱ	1.000 0	0.333 3	1.000 0	0.962 9	1.000 0	0.333 3	1.000 0	0.580 8	0.776 3
Ⅲ ₁	0.915 1	0.966 1	0.534 7	1.000 0	0.665 6	0.600 1	0.841 4	0.919 3	0.805 3
Ⅲ ₂	0.403 2	0.526 9	0.365 5	0.497 0	0.392 0	0.385 1	0.392 6	1.000 0	0.495 3
Ⅲ ₃	0.577 1	0.790 7	0.428 1	0.669 5	0.543 6	0.453 5	1.000 0	0.953 9	0.677 0
Ⅳ	0.709 8	1.000 0	0.340 2	1.000 0	0.648 8	1.000 0	0.397 8	1.000 0	0.762 1
Ⅴ	0.504 5	0.649 5	0.504 5	0.504 5	0.504 5	0.693 0	0.586 2	1.000 0	0.618 3

3 讨 论

土壤密度、孔隙及水分状况等土壤物理指标决定土壤的通气性、透水性和植物根系的穿透性。退田还湖后,钱粮湖垸林地、园地、旱地、水田、荒地等 5 类土地利用方式下 0~50 cm 土层土壤密度为 1.02~1.65 g/cm³,毛管孔隙度为 33.04%~61.70%,非毛管孔隙度为 2.15%~25.35%,总孔隙度为 38.40%~64.96%,自然含水量为 17.07%~38.33%,毛管持水量为 23.22%~64.00%。现有研究^[14]表明,土壤中大小孔隙同时存在,土壤总孔隙度为 50%左右,毛管孔隙度为 30%~40%,非毛管孔隙度为 10%~20%时,非活性毛管孔隙很少,土壤孔隙状况则比较理想;若总孔隙度大于 60%~70%,则土壤过于疏松,难于立苗,不能保水;若非毛管孔隙小于 10%,不能保证土壤中空气充足,通气性渗水性差。可见,某些特定土地利用方式下,存在土壤孔隙状况不良现象,总孔隙度过高(如水田)或过低(如园地),非毛管孔隙除园地外,林地、旱地、水田及荒地均普遍低于 10%,在今后的土地利用过程中,应注意改善土壤的通气保水渗水性能,以提高土地生产力。

土壤团聚体的数量和组成决定土壤物理结构的稳定性,土地利用对土壤物理结构性能的影响主要是通过增加土壤团聚体的含量而产生的,土壤团粒

结构的多少及其稳定性在很大程度上影响土壤结构健康的状态或趋势^[15]。钱粮湖垸 5 种土地利用方式下 0~50 cm 土层土壤团聚体 D_{mw} 、 D_F 分别为 1.76~5.09 mm、2.272 8~2.638 8。各土壤物理指标中,土壤团聚体 D_F 变异系数最小(3.61%),而以非毛管孔隙度变异系数最大(83.51%)。

灰色关联分析是按发展趋势作分析,对样本量的多少及分布规律没有特殊要求,计算量小,关联度的量化结果一般与定性分析相吻合,因而在事物的比较排序及综合评价等方面应用广泛^[16]。钱粮湖垸 5 种土地利用方式下土壤物理特性的关联度排序为Ⅱ(0.776 3)>Ⅳ(0.762 1)>Ⅰ(0.698 6)>Ⅲ(0.659 2)>Ⅴ(0.618 3),土壤物理性质以荒地类型最差,这与周金星等^[17]对荒地土壤物理特性的评价结果类似,表明洞庭湖退田还湖区适度的土地利用从总体上有利于降低土壤密度,增加土壤孔隙状况,容蓄水能力增加,有利于土壤团粒结构的形成,增加土壤团聚体含量,改善土壤物理结构,维持土壤优良的物理特性。

参 考 文 献

- [1] 龚胜生. 江汉—洞庭湖平原湿地的历史变迁与可持续利用[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 569-574.
- [2] 王月容, 周金星, 周志翔, 等. 洞庭湖滩地主导水分因子与钉螺分布密度的时空变化[J]. 华中农业大学学报, 2007, 26(6): 859-864.
- [3] 黄璟, 雷海章, 黄智敏. 洞庭湖治理: 退田还湖及其对策[J]. 生

- 态经济,2000(5):21-26.
- [4] 彭佩钦,蔡长安,赵青春.洞庭湖区的湖垸农业、洪涝灾害与退田还湖[J].国土与自然资源研究,2004(2):23-25.
- [5] 闵骞,刘影,马定国.退田还湖对鄱阳湖洪水调控能力的影响[J].长江流域资源与环境,2006,15(5):574-578.
- [6] 张光贵.退田还湖对洞庭湖生态环境的影响[J].生态学杂志,2003,22(3):94-96.
- [7] 姜加虎,张琛,黄群,等.洞庭湖退田还湖及其生态恢复过程分析[J].湖泊科学,2004,16(4):325-330.
- [8] 曹鹤,薛立,谢腾芳,等.华南地区八种人工林的土壤物理性质[J].生态学杂志,2009,28(4):620-625.
- [9] 汪金平,何圆球,柯建国,等.厢沟免耕秸秆还田对作物及土壤的影响[J].华中农业大学学报,2006,25(2):123-127.
- [10] SPARLING G P, SCHIPPER L A, BETTJEMAN W, et al. Soil quality monitoring in New Zealand: practical lessons from a 6-year trial [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2004, 104:523-534.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科技出版社,1978.
- [12] 胡大为,胡小芳.粘土颗粒群粒度分布分形维与土壤透气性关系[J].华中农业大学学报,2006,25(2):145-148.
- [13] 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [14] 漆良华,张旭东,孙启祥,等.土壤-植被系统及其对土壤健康的影响[J].世界林业研究,2007,20(3):1-8.
- [15] 宁丽丹,石辉,周海军,等.岷江上游不同植被下土壤团聚体特征分析[J].应用生态学报,2005,16(8):1405-1410.
- [16] 胡钧铭,江立庚,吕永成.基于灰色模型对不同播期优质籼稻品质评价[J].华中农业大学学报,2009,28(2):125-129.
- [17] 周金星,漆良华,张旭东,等.不同植被恢复模式土壤结构特征与健康评价[J].中南林学院学报,2006,26(6):32-37.

Soil Physical Properties and Gray Incidence Analysis of Different Land Use Patterns under Converting Polders Back into Wetlands in the Dongting Lake Region

WANG Yue-rong¹ ZHOU Jin-xing² ZHOU Zhi-xiang¹ SUN Qi-xiang²

1. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Abstract Based upon the case of Qianlianghu polder in the Dongting Lake region, soil physical properties of bulk densities, porosities, water contents, compositions and fractal characteristics of soil aggregates was studied and evaluated synthetically through gray incidence analysis in five typical patterns of land use under converting polders back into wetlands, which included forestland (I), garden land (II), dry land (III), paddy land (IV) and waste land (V). The results showed that soil bulk densities, capillary porosities, non-capillary porosities, total porosities, soil natural water contents, soil capillary moisture capacities, mean weight diameters and fractal dimensions of soil aggregates in 0~50.0 cm soil layers under different patterns of land use were 1.02~1.65 g/cm³, 33.04%~61.70%, 2.15%~25.35%, 38.40%~64.96%, 17.07%~38.33%, 23.22%~64.00%, 1.76~5.09 mm and 2.272 8~2.638 8, respectively. The biggest variation coefficient (83.51%) was existed in non-capillary porosities and the smallest (3.61%) in fractal dimensions of soil aggregates in all soil physical indexes. In 0~25.0 cm and 25.0~50.0 cm soil layers, the waste land had the highest soil bulk densities, the lowest non-capillary porosities, total porosities, soil natural water contents and soil capillary moisture capacities, and its capillary porosities were higher than that of garden land. The order of gray incidence degrees of soil physical properties were II (0.776 3) > IV (0.762 1) > I (0.698 6) > III (0.659 2) > V (0.618 3), which showed that the soil physical characteristics was the poorest in waste land than that in other land use patterns.

Key words land use pattern; soil physical property; gray incidence analysis; the Dongting Lake

(责任编辑:张志钰)