

邵阳塘田市镇土地整理对土壤肥力质量的影响

操张洪¹, 廖超林^{2*}, 陈治锋³, 张敏⁴, 邹凯⁵, 钟越峰³, 彭孟祥³, 杨甲华³, 张扬珠²

(1. 湖南省烟草公司张家界市公司桑植县分公司, 湖南桑植 427100; 2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128; 3. 湖南省烟草公司长沙市公司, 湖南长沙 410011; 4. 湖南省教育科学研究院, 湖南长沙 410004; 5. 湖南省烟草公司邵阳市公司, 湖南邵阳 422000)

摘要 采用运用多元统计分析法研究了邵阳塘田市镇土地整理对土壤肥力质量的影响。结果表明, 干扰土壤中各肥力因子指标权重变化较大, 未干扰土壤变化相对较小; 对土地整理干扰土壤肥力影响较大的有 pH、全钾、速效钾、碱解氮, 对未干扰土壤肥力影响较大的为碱解氮、缓效钾和全磷, 而 pH 对未干扰土壤肥力影响最小。土地整理干扰后, 表层土壤综合肥力指数 (IFI) 减小; 受干扰的表层土样多属 V 级肥力等级, 未干扰土样属于中等肥力水平比例较高。

关键词 土地整理; 土壤肥力质量; 多元统计分析

中图分类号 S158.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)20-0146-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.20.040



开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

Effect of Land Consolidation on Soil Fertility Quality in Tangtianshi Town, Shaoyang County

CAO Zhang-hong¹, LIAO Chao-lin², CHEN Zhi-feng³ et al (1. Sangzhi County Branch of Zhongjiajie City, Hunan Province Tobacco Company, Sangzhi, Hunan 427100; 2. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 3. Changsha Tobacco Corporation of Hunan Province, Changsha, Hunan 410011)

Abstract The paper used multivariate statistical analysis to study the effects of land consolidation on soil fertility quality. The results showed that the weights of various fertility factors in disturbed soil had bigger changes than in undisturbed soil; in disturbed soil, pH, total potassium, available potassium and alkali nitrogen were greatly influenced factors, while in undisturbed soil, alkaline nitrogen, slow-acting potassium and total phosphorus were the factors, pH was the least influential factor. After land consolidation, the integrated fertility index (IFI) of surface soil decreased; the disturbed soil samples were mainly in V-grade fertility level, while undisturbed soil samples had larger proportion of the medium-fertilizer level.

Key words Land reshaping; Soil fertility; Multivariate statistical analysis

自 2001 年以来, 为了改善农村生产生活条件和理顺土地关系, 提高土地利用率和产出率, 农村耕地土地整理工作已在全国逐渐推进, 并在改善农业生态环境、促进农业发展、保障农民增收等方面取得了成效^[1]。土地整理过程实际上是土壤重构的过程^[2]。土地整理中道路、田埂、地面高度等的改变, 填、挖土壤盛行, 造成土壤肥力不均, 生土裸露, 肥土被填, 这种土地整理活动对耕地的破坏、剥离与回填, 其结果是耕地土壤主要养分^[3]、土壤肥力和土壤质量发生了很大改变^[4]。土壤肥力是衡量土壤作为农业生产基地、进行农作物生产能力的重要指标, 肥沃的耕地土壤是农业可持续发展非常重要的物质基础^[5-6]。为了提高粮食生产水平和发展特色农产品, 邵阳县塘田市镇开展了土地整理工作, 为研究土地整理对土壤肥力质量的改变提供了契机。笔者以邵阳烟区塘田市镇土地整理所烟田为对象, 通过对垦复平整烟田和未整地烟田分别实地采样, 进行对比分析, 研究土地整理对烟田土壤肥力质量养分的影响, 为今后该类土地开发利用及垦复烟田培肥提供科学依据, 也为垦复耕作区的可持续发展提供科学指导。

1 材料与方

1.1 研究区概况 塘田市镇位于邵阳县南部, 座落于芙蓉河

北岸, 西连金称市镇、东接龙井镇, 面积 99.89 km², 地理坐标为 111°E、27°N, 东西长 19 km, 南北宽 22 km。区内芙蓉河与 207 国道穿境而过, 水陆交通便利。试验区为湖南省现代烟草农业试点项目——塘田市镇项目区烟田综合整治试点, 该区于 2011 年开始进行土地整理项目, 2012 年开始整地后种植烟草。属典型中亚热带大陆季风湿润气候区, 气候温和, 四季分明, 光照充足, 雨量充沛。年平均气温 16.9℃, 年日照 1 593 h, 无霜期 280 d, 年降雨量 1 355 mm。土壤类型主要为第四纪红土红壤发育的红黄泥^[7]。试验区光、热、水资源基本同步, 与优质烟叶生长发育规律较吻合, 有利于优质烟叶的生长。

1.2 样品采集 供试土壤为第四纪红色红黄泥。选择耕作管理制度、地形地貌一致的烟田, 利用土钻按梅花 5 点法同时采集土地整理干扰烟田和未整理烟田 0~20 cm 表层土壤。每一地块取 10~15 个土样点, 制成 1.0 kg 左右的混合土样。对土样进行田间登记编号, 用 GPS 采集取样点地理坐标 (包括经度和纬度)。土样经过预处理 (风干、混匀、磨细、过筛等) 后装瓶备测。共采集土地整理干扰烟田和未整理烟田耕作层 (0~20 cm) 土壤农化样各 15 个。

1.3 分析方法 土壤样品采集回实验室后, 经风干、去杂、过 100 目筛后供土壤有机质、全氮和碱解氮、全磷和有效磷等的分析。其中土壤有机碳含量的测定采用重铬酸钾-外加热法, 全氮的测定采用凯氏定氮法, 碱解氮的测定采用碱解扩散法, 全磷的测定采用钼锑抗比色法, 有效磷采用 NaHCO₃ 提取, 钼锑抗比色法测定, 其他项目均采用常规分析法^[8]。

基金项目 湖南省烟草公司科技计划重点项目 (19-22Aa03, 14-16ZDAa01); 湖南省烟草公司邵阳市公司项目 (12143)。

作者简介 操张洪 (1978—), 男, 安徽太湖人, 助理农艺师, 从事烟草栽培及植物保护研究。* 通信作者, 副教授, 博士, 从事土壤质量与水土保持研究。

收稿日期 2020-05-18

1.4 数据处理 由于土壤肥力形成机制的复杂性,不同研究者对土壤肥力内涵和外延的理解也不同,因此评价方法和评价指标也不尽一致^[9-10]。运用多元统计分析对邵阳县塘田市镇土地整理垦复烟田土壤肥力进行综合评价^[11-13]。数据计算统计及相关分析采用 Microsoft Excel 2003 软件和 SPSS 13.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 土壤肥力综合评价

2.1.1 评价指标的选择。土壤肥力是土壤物理、化学和生物性质的综合反映^[14]。作为土壤肥力评价,应以土壤的养分含量为主^[15]。针对南方土壤特性,基于选择的通用性、实用性、有效性和敏感性原则,按照因子对土壤生产力的影响,选取有机质、全氮、全磷、全钾等 9 个土壤肥力评价指标,建立

红黄泥肥力质量评价指标体系。

2.1.2 评价指标隶属度的计算。土壤肥力因子评价指标采用隶属度函数,并从主成分因子负荷量值的正负性,确定隶属度函数分布的升降性,这与各因子对土地整理的效应相符合。考虑到该研究土壤肥力质量评价均为化学指标,采用升型分布函数,即:

$$F(X_i) = (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min})$$

其中, $F(X_i)$ 表示各肥力因子的隶属度值, X_{ij} 表示各肥力因子值, $X_{i\max}$ 和 $X_{i\min}$ 分别表示第 i 项肥力因子中的最大值和最小值。

根据公式计算土地整理/未整理土壤肥力因子的隶属度值(表 1、2)。

表 1 土地整理干扰土壤肥力因子值及其隶属度值

Table 1 Soil fertility factor values and their membership values in disturbed soil by land reshaping

样号 Sample	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen mg/kg	隶属度值 Membership values	速效钾 Available potassium mg/kg	隶属度值 Membership values	有效磷 Available phosphorus mg/kg	隶属度值 Membership values	缓效钾 Slowly available potassium mg/kg	隶属度值 Membership values	全氮 Total nitrogen g/kg	隶属度值 Membership values
1	82.83	0.192	81.39	0.814	14.99	0.355	284.31	0.398	1.41	1.000
2	70.70	0.104	27.45	0.210	22.05	0.562	465.79	1.000	0.58	0.000
3	79.80	0.170	74.46	0.736	5.86	0.086	285.01	0.401	1.17	0.710
4	56.23	0.000	77.23	0.767	6.57	0.107	291.79	0.423	1.01	0.510
5	194.83	1.000	46.74	0.426	8.25	0.156	164.14	0.000	0.79	0.252
6	58.80	0.019	8.66	0.000	2.93	0.000	231.25	0.222	0.89	0.368
7	64.17	0.057	18.46	0.110	13.06	0.298	255.01	0.301	1.06	0.578
8	59.50	0.024	67.22	0.655	8.06	0.151	292.26	0.425	0.91	0.396
9	102.67	0.335	96.08	0.978	15.98	0.384	215.62	0.171	1.39	0.976
10	96.37	0.290	73.08	0.721	12.80	0.291	276.84	0.374	1.27	0.829
11	69.30	0.094	16.34	0.086	15.85	0.380	304.91	0.467	1.24	0.797
12	81.43	0.182	85.55	0.860	17.61	0.432	231.77	0.224	1.30	0.868
13	62.07	0.042	78.62	0.783	36.92	1.000	248.37	0.279	0.99	0.493
14	68.60	0.089	63.37	0.612	4.62	0.050	292.65	0.426	1.10	0.622
15	84.00	0.200	98.04	1.000	10.99	0.237	248.31	0.279	1.34	0.913

样号 Sample	全磷 Total phosphorus g/kg	隶属度值 Membership values	全钾 Total potassium g/kg	隶属度值 Membership values	有机质 Organic matter g/kg	隶属度值 Membership values	pH	隶属度值 Membership values
1	0.50	0.263	10.75	0.460	10.72	0.658	4.82	0.070
2	0.64	0.808	14.66	1.000	7.68	0.313	5.13	0.342
3	0.55	0.454	8.71	0.179	8.37	0.391	4.92	0.158
4	0.61	0.711	9.36	0.268	4.92	0.000	5.83	0.956
5	0.43	0.000	10.40	0.411	5.24	0.036	5.36	0.544
6	0.58	0.595	11.78	0.603	6.75	0.207	5.37	0.553
7	0.49	0.230	7.42	0.000	7.93	0.341	4.74	0.000
8	0.46	0.138	7.94	0.072	6.45	0.173	5.88	1.000
9	0.58	0.595	10.29	0.396	12.66	0.878	4.79	0.044
10	0.57	0.546	8.07	0.089	13.74	1.000	5.45	0.623
11	0.50	0.289	8.97	0.215	7.90	0.338	5.36	0.544
12	0.69	1.000	9.50	0.287	10.14	0.592	5.27	0.465
13	0.47	0.164	11.60	0.577	7.32	0.272	5.38	0.561
14	0.50	0.289	12.55	0.708	7.50	0.292	5.24	0.439
15	0.57	0.539	10.65	0.446	10.36	0.617	5.81	0.939

表2 土地整理未干扰土壤肥力因子值及其隶属度值

Table 2 Soil fertility factor values and their membership values in undisturbed soil by land reshaping

样号 Sample	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen mg/kg	隶属度值 Membership values	速效钾 Available potassium mg/kg	隶属度值 Membership values	有效磷 Available phosphorus mg/kg	隶属度值 Membership values	缓效钾 Slowly available potassium mg/kg	隶属度值 Membership values	全氮 Total nitrogen g/kg	隶属度值 Membership values
1	94.73	0.294	181.86	0.914	17.09	0.195	435.60	0.744	0.96	0.069
2	122.50	0.443	87.09	0.366	12.80	0.135	394.72	0.626	0.82	0.000
3	166.60	0.680	78.10	0.315	46.57	0.609	252.70	0.215	2.19	0.686
4	112.70	0.390	114.05	0.522	56.23	0.745	331.42	0.443	0.85	0.012
5	124.60	0.454	56.86	0.192	3.19	0.000	178.39	0.000	2.05	0.619
6	132.30	0.496	115.65	0.532	30.10	0.378	243.82	0.189	2.00	0.592
7	201.13	0.865	23.69	0.000	15.30	0.170	335.78	0.455	2.78	0.986
8	156.33	0.625	180.23	0.905	74.40	1.000	303.46	0.362	1.04	0.110
9	163.33	0.662	72.39	0.281	65.31	0.872	373.08	0.563	1.98	0.584
10	121.33	0.437	196.68	1.000	5.04	0.026	275.46	0.281	1.65	0.416
11	66.27	0.141	112.42	0.513	18.45	0.214	524.16	1.000	1.10	0.139
12	226.33	1.000	167.61	0.832	9.72	0.092	401.29	0.645	2.80	0.995
13	39.90	0.000	124.46	0.583	15.33	0.171	260.59	0.238	2.21	0.696
14	205.80	0.890	97.16	0.425	4.62	0.020	326.60	0.429	2.81	1.000
15	120.17	0.431	133.27	0.633	16.46	0.186	273.98	0.276	1.38	0.281

样号 Sample	全磷 Total phosphorus g/kg	隶属度值 Membership values	全钾 Total potassium g/kg	隶属度值 Membership values	有机质 Organic matter g/kg	隶属度值 Membership values	pH	隶属度值 Membership values
1	0.65	0.748	14.32	1.000	12.09	0.170	4.91	0.496
2	0.70	0.941	14.32	1.000	13.07	0.226	5.19	0.735
3	0.63	0.634	12.82	0.795	18.98	0.561	4.92	0.504
4	0.71	1.000	12.24	0.716	17.34	0.468	5.43	0.940
5	0.57	0.382	11.21	0.573	26.33	0.978	5.00	0.573
6	0.53	0.215	7.42	0.053	15.06	0.339	5.21	0.752
7	0.52	0.201	9.36	0.320	26.71	1.000	5.18	0.726
8	0.63	0.669	12.48	0.747	17.67	0.487	4.95	0.530
9	0.63	0.629	10.40	0.463	22.13	0.740	5.12	0.675
10	0.51	0.136	10.35	0.456	13.94	0.275	5.16	0.709
11	0.70	0.936	13.74	0.921	9.09	0.000	5.50	1.000
12	0.52	0.194	11.00	0.545	25.51	0.932	5.05	0.615
13	0.47	0.000	10.01	0.409	21.49	0.704	5.22	0.761
14	0.54	0.280	11.35	0.593	23.22	0.802	4.33	0.000
15	0.58	0.424	7.03	0.000	14.98	0.334	4.92	0.504

2.1.3 肥力评价指标权重的确定。利用 SPSS 13.0 软件计算各肥力因子主成分的贡献率和累计贡献率(表 3)、土壤肥力因子主成分矩阵(表 4)。通过主成分分析可以看出,土地整理干扰烟田,影响表层土壤肥力指数的前 4 个主成分的累计贡献率为 76.06%,表明这 3 个主成分已提供了全部指标 76.06%以上的信息(表 3)。其中全氮、有机质、速效钾在第一主成分中发挥了重要作用;碱解氮、缓效钾、全磷在第二主成分中发挥了重要作用;有效磷、pH 在第三主成分中发挥了重要作用;全钾在第四主成分中发挥了重要作用。未土地整理干扰烟田,影响土壤肥力指数前 4 个主成分的累计贡献率为 83.65%,表明这 3 个主成分已提供了全部指标 83.65%以上的信息(表 3)。其中全氮、有机质、缓效钾、全磷、全钾在第一主成分中发挥了重要作用;碱解氮在第二主成分中发挥了重要作用;速效磷、pH 在第三主成分中发挥了重要作用;有效钾在第四主成分中发挥了重要作用。

表3 土壤肥力因子主成分的贡献率

Table 3 Contribution rate of main components of soil fertility factors

主成分 Principal components	整理干扰土壤 Finishing disturbed soil		未整理干扰土壤 Undisturbed soil	
	贡献率 Contribution rate	累计贡献率 Cumulative contribution rate	贡献率 Contribution rate	累计贡献率 Cumulative contribution rate
1	28.27	28.27	41.94	41.94
2	21.78	50.05	16.77	58.71
3	14.39	64.44	13.58	72.29
4	11.62	76.06	11.37	83.65
5	9.89	85.95	7.52	91.17
6	5.04	90.99	4.58	95.75
7	4.54	95.53	2.53	98.28
8	3.22	98.75	1.37	99.65
9	1.25	100.00	0.35	100.00

表 4 土壤肥力因子主成分矩阵

Table 4 The principal component matrix of soil fertility factors

肥力因子 Fertility factors	整理干扰土壤 Finishing disturbed soil				未整理干扰土壤 Undisturbed soil			
	1	2	3	4	1	2	3	4
碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen	0.187	-0.574	0.499	0.337	-0.604	0.610	0.199	0.205
速效钾 Available potassium	0.695	0.158	-0.183	0.552	0.343	-0.438	0.548	0.515
有效磷 Available phosphorus	0.018	0.469	0.467	0.365	0.305	0.394	-0.523	0.628
缓效钾 Slowly available potassium	-0.531	0.682	-0.091	-0.135	0.581	0.350	0.391	-0.356
全氮 Total nitrogen	0.913	0.128	-0.104	-0.157	-0.917	0.122	0.090	-0.189
全磷 Total phosphorus	0.102	0.687	-0.307	0.033	0.818	0.482	-0.138	0.012
全钾 Total potassium	-0.493	0.445	0.357	0.402	0.624	0.501	0.324	-0.146
有机质 Organic matter	0.780	0.434	0.156	-0.093	-0.836	0.326	-0.164	-0.069
pH	-0.217	-0.214	-0.727	0.530	0.512	-0.249	-0.545	-0.365

依据提取的主成分分析因子负荷量,通过计算加权平均值,计算各肥力因子在土壤肥力中的作用大小,确定它们的权重(表 5)。由表 5 可知,选取的土壤养分指标均影响土地整理干扰土壤和未干扰土壤肥力特征。土地整理干扰土壤中各肥力因子指标权重变化较大,在 0.083~0.133,对土地整理干扰土壤肥力影响较大的有 pH、全钾、速效钾、碱解氮,相对较弱的为土壤有机质、全氮、缓效钾、有效钾和全磷。土地

整理未干扰土壤中各肥力因子指标权重变化相对较小,在 0.107~0.113,且各土壤肥力因子之间权重变化不显著,其中碱解氮、缓效钾、全磷最高,均为 0.113;速效钾、全钾其次,为 0.112;有效磷和有机质均为 0.110;pH 最小,为 0.109。说明对土地整理未干扰土壤肥力影响较大的为碱解氮、缓效钾和全磷,而 pH 对为干扰土壤肥力影响最小。

表 5 土壤肥力因子的负荷量和权重

Table 5 Loading and weight of soil fertility factors

肥力因子 Fertility factors	因子负荷量 Factor loading		权重 Weight	
	整理干扰土壤 Finishing disturbed soil	未整理干扰土壤 Undisturbed soil	整理干扰土壤 Finishing disturbed soil	未整理干扰土壤 Undisturbed soil
碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen	0.295	0.312	0.113	0.113
速效钾 Available potassium	0.328	0.310	0.126	0.112
有效磷 Available phosphorus	0.257	0.304	0.099	0.110
缓效钾 Slowly available potassium	0.279	0.312	0.107	0.113
全氮 Total nitrogen	0.280	0.295	0.108	0.107
全磷 Total phosphorus	0.215	0.312	0.083	0.113
全钾 Total potassium	0.325	0.310	0.125	0.112
有机质 Organic matter	0.277	0.302	0.106	0.110
pH	0.346	0.302	0.133	0.109

2.2 土地整理对垦复烟田耕作层土壤肥力质量的影响 根据加乘法则,对各个肥力指标值采用乘法进行合成,计算各演替阶段土壤综合肥力指数值^[16]。

$$IFI = \sum W_i \times F(X_i)$$

式中, W_i 表示各肥力因子的权重向量, $F(X_i)$ 表示各肥力因子的隶属度值。

表 6 为研究区土地整理后土壤综合肥力指数 (IFI) 及其描

述性统计数据。从表 6 可以看出,土地整理干扰土壤计算后获得的土壤综合肥力指数在 0.164~0.422,均值为 0.316,标准差为 0.083,变异系数为 26.37%;土地整理未干扰土壤计算后获得的土壤 IFI 在 0.237~0.497,均值为 0.376,标准差为 0.088,变异系数为 23.39%;说明土地整理干扰后,表层土壤 IFI 变化化小,土壤肥力质量下降;标准差小相对变化小,说明土壤 IFI 相对集中,各取样点表层土壤肥力质量变化相对较小。

表 6 土地整理后土壤综合肥力指数 (IFI) 描述性统计

Table 6 Descriptive statistics of soil integrated fertility index (IFI) after land reshaping

土地类型 Land type	样点个数 Sample point number	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	均值 Mean value	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation//%
土地整理干扰土壤 Finishing disturbed soil	15	0.422	0.164	0.316	0.083	26.37
整理土地未干扰土壤 Undisturbed soil	15	0.497	0.237	0.376	0.088	23.39

参考湘南土壤肥力质量的实际状况,依据土壤 IFI 划分土壤肥力等级(表 7)^[12],土地整理区所采集的 15 个干扰土

样中,一个样点表层土壤 IFI 为 0.409,属中等肥力水平,III 级肥力等级,一个样点土壤 IFI 为 0.164,为差肥力水平,肥力

等级为 V,其余 13 个取样点表层土壤 IFI 均在 0.2~0.4,属于较差的肥力水平,肥力等级为 IV;15 个未干扰样点,表层土壤 IFI 有 8 个样点在 0.4~0.6,属于中等肥力水平,III 级肥力等级,占取样点的 53.33%;其余 7 个取样点表层土壤 IFI 在 0.2~0.4,属于较差的肥力水平,肥力等级为 IV。

表 7 土壤综合肥力指数 (IFI) 分级标准

Table 7 Soil integrated fertility index (IFI) grading standards

IFI	肥力水平 Fertility level	肥力等级 Fertility grade
>0.8	优	I
0.6~0.8	良好	II
0.4~0.6	中等	III
0.2~0.4	较差	IV
<0.2	差	V

3 结论

土地整理在拓展农业生产空间、优化土地利用、实现农业生产的标准化、现代化等方面发挥着积极的作用^[17]。然而,土地整理也对耕地,尤其是对耕作层的破坏作用明显,其结果是导致耕地养分的亏缺和肥力质量的趋劣,影响农业生产投入产出和农民收入的提高^[18]。基于这一实际,研究了土地整理对土壤肥力质量的影响和评价。

土地整理干扰土壤中各肥力因子指标权重变化较大,分别为 0.083~0.133,未干扰土壤变化相对较小,在 0.107~0.113,同时土壤肥力因子之间权重变化不显著。对土地整理干扰土壤肥力影响较大的有 pH、全钾、速效钾、碱解氮,对土地整理未干扰土壤肥力影响较大的为碱解氮、缓效钾和全磷,而 pH 对未干扰土壤肥力影响最小。

土地整理干扰土壤计算后获得的土壤综合肥力指数为 0.164~0.422,均值为 0.316,标准差为 0.083;未干扰土壤 IFI 在 0.237~0.497,均值为 0.376,标准差为 0.088;说明土地整理干扰后,土壤 IFI 减小,土壤肥力质量下降;标准差小相对变小,说明土壤 IFI 相对集中,各取样点土壤表层肥力质量变化相对较小。

15 个受干扰土样中,表层土壤肥力水平属中等和差肥力

水平的各位 1 个样点,其余均属于较差的肥力水平,IV 级肥力等级。15 个未干扰样点中,8 个样点表层土壤属于中等肥力水平,III 级肥力等级,占取样点的 53.33%;其余属较差的肥力水平,为 IV 级肥力等级。

参考文献

- [1] WU C F, HUANG J Y, ZHU H, et al. Spatial changes in soil chemical properties in an agricultural zone in southeastern China due to land consolidation [J]. Soil & tillage research, 2019, 187: 152-160.
- [2] 鲍海君, 吴次芳, 叶艳妹, 等. 土地整理中田块设计和“3S”技术应用研究 [J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 169-172.
- [3] 于庆涛, 廖超林, 刘丁林, 等. 金称市镇土地整理对垦复烟田耕作层土壤主要养分含量变化的影响 [J]. 湖南农业科学, 2013(9): 50-54.
- [4] CHARTIN C, EVRARD O, SALVADOR-BLANES S, et al. Quantifying and modelling the impact of land consolidation and field borders on soil redistribution in agricultural landscapes (1954-2009) [J]. Catena, 2013, 110: 184-195.
- [5] 王洋, 齐晓宁. 德惠市农田黑土肥力评价及施肥措施研究 [J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 26-28.
- [6] 邵阳县土壤普查办公室. 湖南省邵阳县土壤志 [M]. 湖南省邵阳县土壤普查办公室, 1982.
- [7] BA Y L, CHENG K. Regional difference for soil fertility after land consolidation in the Guanzhong Plain [J]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 394: 1-8.
- [8] 廖超林, 傅灵芝, 张鹏博, 等. 湘中南土地整理后烟田土壤肥力指标评价及空间变异特征 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 105-111.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 杨小波, 张桃林, 吴庆书. 海南琼北地区不同植被类型物种多样性与土壤肥力的关系 [J]. 生态学报, 2002, 22(2): 190-196.
- [11] 庞学勇, 刘庆, 刘世全, 等. 川西亚高山云杉人工林土壤质量性状演变 [J]. 生态学报, 2004, 24(2): 261-267.
- [12] 张庆费, 宋永昌, 由文辉. 浙江天童植物群落次生演替与土壤肥力的关系 [J]. 生态学报, 1999, 19(2): 174-178.
- [13] 熊毅, 李庆远. 中国土壤 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 1987: 306-320.
- [14] 周勇, 张海涛, 汪善勤, 等. 江汉平原后湖地区土壤肥力综合评价方法及其应用 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 70-74.
- [15] 张璐, 文石林, 蔡泽江, 等. 湘南红壤丘陵区不同植被类型下土壤肥力特征 [J]. 生态学报, 2014, 34(14): 3996-4005.
- [16] 王军艳, 张凤荣, 王茹, 等. 应用指数和法对潮土农田土壤肥力变化的评价研究 [J]. 农村生态环境, 2001, 17(3): 13-16, 20.
- [17] YANG Z S, YANG L F, ZHANG B S. Soil erosion and its basic characteristics at karst rocky-desertified land consolidation area: A case study at Muzhe Village of Xichou County in Southeast Yunnan, China [J]. Journal of mountain science, 2010, 7(1): 55-72.
- [18] 廖超林, 傅灵芝, 张鹏博, 等. 金称市镇土地整理后烟田土壤肥力质量评价及空间变异特征 [J]. 土壤通报, 2016, 47(5): 1077-1083.

(上接第 107 页)

- [11] 王新桐, 孙佳芝, 高丽丽, 等. 转基因棉花中新霉素磷酸转移酶 (NPTII) 双抗体夹心 ELISA 定量检测方法的建立 [J]. 农业生物技术学报, 2014, 22(3): 372-379.
- [12] 刘淑华, 何方洋, 冯才伟, 等. 牛奶中新霉素残留胶体金免疫层析快速检测技术的研制 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(6): 73-76.
- [13] 刘宣兵, 滕蔓, 张改平, 等. 新霉素单克隆抗体的制备及其免疫学特性

鉴定 [J]. 华北农学报, 2009, 24(4): 80-83.

- [14] HE X, DUAN C F, QI Y H, et al. Virtual mutation and directional evolution of anti-amoxicillin ScFv antibody for immunoassay of penicillins in milk [J]. Anal Biochem, 2017, 517: 9-17.
- [15] WANG J P, DONG J, DUAN C F, et al. Production and directional evolution of antisarafloxacin ScFv antibody for immunoassay of fluoroquinolones in milk [J]. J Agric Food Chem, 2016, 64(42): 7957-7965.