

重庆市近郊区可调整地类开垦适宜性评价研究^①

陆 畅¹, 莫建兵², 徐 畅³, 高 明^{1*}, 王子芳¹

(1 西南大学资源环境学院, 重庆 400716; 2 重庆市农村土地整治中心, 重庆 400010; 3 重庆市烟草专卖局, 重庆 400023)

摘 要: 为了解重庆市近郊区可调整地类基础地力详情, 划分可调整地类开垦为耕地的适宜性级别, 本文以重庆市九龙坡区的可调整地类为研究对象, 借助 3S 技术, 结合野外调查、采样分析等方法获得可调整地类相关信息, 运用层次分析法、模糊数学法进行综合评判, 用总分值频率曲线法划分地力等级, 用四象限法划分适宜性区域。结果表明: 九龙坡区 2 353.05 hm² 的可调整地类中, 肥力一级地、二级地、三级地、四级地和五级地面积分别为 403.96、519.47、617.86、625.46 和 187.29 hm², 分别占全区可调整地类总面积的 17.16%、22.07%、26.25%、26.57% 和 7.95%; 最适宜开垦、基本适宜开垦、较适宜开垦和不适宜开垦的区域面积分别为 243.42、983.55、556.64 和 660.42 hm², 分别占全区可调整地类总面积的 10.34%、37.96%、23.65% 和 28.05%。评价结果与实际调查结果吻合度较高, 因此, 可参照本次评价结果对可调整地类进行适当改良, 从而为重庆市九龙坡区耕地占补平衡提供依据和参考。

关键词: 可调整地类; 评价; 地力; 开垦适宜性; 九龙坡区

中图分类号: S158 **文献标识码:** A

人口众多、人均耕地少、耕地后备资源严重不足是我国的基本国情^[1]。近年来, 随着城市化、工业化进程的不断加快, 耕地数量和质量急剧下降, 人地矛盾日渐突出, 粮食安全问题日益凸显, 严重制约着社会经济的可持续发展^[2]。为保障粮食安全和维护社会稳定, 国务院批准正式颁布实施的《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)》提出了我国 2010 年保持 18.18 亿亩、2020 年保持 18.05 亿亩耕地的目标, 耕地占补平衡是坚守 18 亿亩耕地红线的重要措施。可调整地类^[3]是指因农业结构调整由耕地调整为其他可调整农用地(可调整园地、可调整林地、可调整草地和可调整坑塘水面)且耕作层未被破坏的土地。因此, 可调整地类具有作为耕地使用的生产条件和实施可行性, 可作为补充耕地的后备资源。通过评价可调整地类耕地适宜性, 查清可调整地类地力状况, 划分可调整地类恢复为耕地的潜力级, 可为后期耕地占补平衡提供来源和依据。

目前, 地力评价的相关研究主要围绕评价的内容、方法及尺度等方面^[4-7]。王瑞燕等^[8]利用系统聚类方法、层次分析法、模糊评价等数学方法和数学模型成功地实现了耕地地力自动化、定量化评价。王瑞

燕等^[9]建立的耕地地力人工神经网络-产量定量评价模型丰富了耕地地力评价方法。马培云等^[10]引入经济学中的洛伦茨曲线和基尼系数, 对耕地地力评价结果进行定量分析。闫一凡等^[11]采用聚类分析与回归树(CART)相结合的方法建立了耕地地力评价模型, 其评价结果较单独使用决策树模型的准确度有明显提高。以往的研究主要集中在辽东山区坡耕地、喀斯特地貌区、三峡库区农村宅基地复垦耕地、淮河流域耕地、金沙江流域耕地等不同地理地貌或不同利用类型的地力评价^[12-16], 对可调整地类进行地力评价并划分潜力级的研究较少。针对耕地数量急剧减少和可调整地类地力亟待查清的现状, 本研究以重庆市近郊的九龙坡区可调整地类为研究对象, 从地力条件与恢复为耕地的适宜性两个维度进行分析评价, 以期地块合理利用、农业结构调整、耕地的占补平衡提供理论参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

九龙坡区位于重庆市主城区西部, 是长江和嘉陵江环抱的重庆渝中半岛的重要组成部分, 地理坐标

基金项目: 重庆市国土资源和房屋管理局项目(KJ-2015001)资助。

* 通讯作者(gaoming@swu.edu.cn)

作者简介: 陆畅(1993—), 女, 四川广安人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地利用规划。E-mail: 897305986@qq.com

106°15′~106°35′ E, 29°15′~29°35′ N, 全区南北最长 36.12 km, 东西最宽 30.40 km, 幅员面积 430.78 km², 辖 8 个街道, 11 个镇, 2015 年全区总人口 108.4 万人。区内属亚热带湿润季风气候, 全年气候温暖, 具有冬暖夏凉、湿度大、阴天多、雾日多等特点。九龙坡区地处川东平行岭谷区, 基本地形为“两山合一水”, 整体地形为中梁山-缙云山背斜之间的向斜浅丘

地带, 土壤类型复杂多样, 以紫色土为主, 粮食作物以水稻、玉米、小麦、红薯为主, 经济作物以油菜、蔬菜等为主。九龙坡区是重庆市都市发达经济圈核心区之一, 也是重庆市首个城乡统筹发展综合改革先行示范区。2015 年, 九龙坡区 GDP 达 1 003.57 亿元, 在重庆市所有区县中排名第二, 是重庆重要的工业、商贸、服务、城郊农业发展中心。其行政区划见图 1。

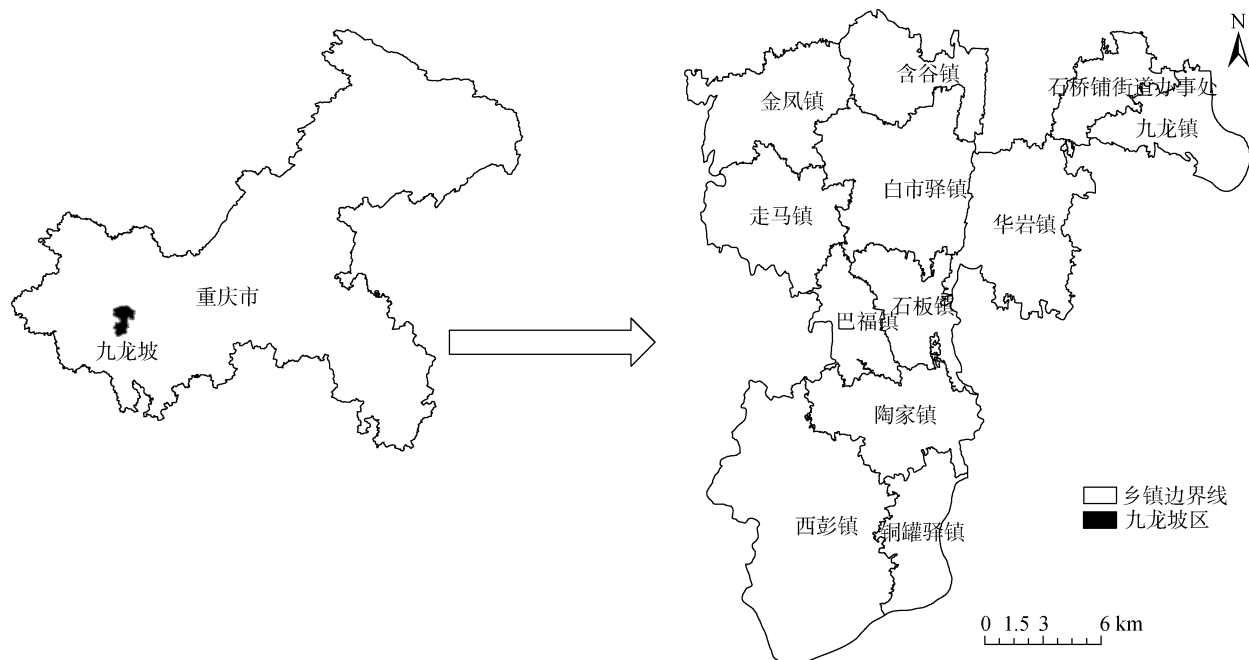


图 1 九龙坡区行政区划图

Fig.1 Administrative map of Jiulongpo District

1.2 数据采集

本研究使用全球定位系统(GPS)、遥感技术(RS)^[17]进行野外辅助采样, 以乡镇为单位, 按可调整地类的面积和分布确定镇级采样点的数量和位置。本次共采集土壤样品 528 个, 采样深度为 0~20 cm, 遵循“多点混合”、“随机”、“等重”原则, 用四分法取 1~1.5 kg 土作为测试用样, 同时记录采样点的土壤类型、海拔高度、地形坡度、土层厚度、土壤质地、运输条件、灌排条件等信息。土样除去砾石和根系, 风干后过 1 mm 和 0.25 mm 筛, 测定土壤 pH、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾、缓效钾。土壤 pH 采用酸度计法测定; 土壤有机质采用重铬酸钾容量法测定; 土壤全氮采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 蒸馏滴定法测定; 土壤全磷采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 钒钼黄比色法测定; 土壤全钾采用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮, 火焰光度计法测定; 土壤碱解氮采用碱解扩散法测定; 土壤有效磷采用钼蓝比色法测定; 土壤速效钾采用 NH₄Ac-火焰光度计法测定; 土壤缓效钾采用

HNO₃-火焰光度计法测定。可调整地类的空间分布及采样点布置见图 2。

1.3 研究方法

可调整地类的适宜性评价一方面要考虑土壤质量条件, 另一方面还要考虑人为的投入、管理等社会经济因子。因此, 本研究根据生产要素理论, 从立地条件、土壤管理、理化性状、养分状况 4 个方面选取指标, 开展九龙坡区可调整地类地力评价; 根据影响因素的可变性, 选取易改良因子和不易改良因子开展九龙坡区可调整地类恢复为耕地的适宜性评价; 引入四象限法对可调整地类适宜性进行耦合分析, 据此划分可调整地类恢复为耕地的适宜区域; 将适宜区域的划分结果与可调整地类核查认定工作的结果进行比对, 验证适宜性评价的合理性。

四象限法又称二维象限法, 在分析的过程中, 将评价单元进行两个属性的分析、权衡, 再将评价单元逐一填入每个象限方块, 最后按照不同的目标导向对四个

象限进行排序。当前 四象限法已广泛应用于财务管理、

旅游区选址建设、高标准基本农田建设等领域^[18-20]。

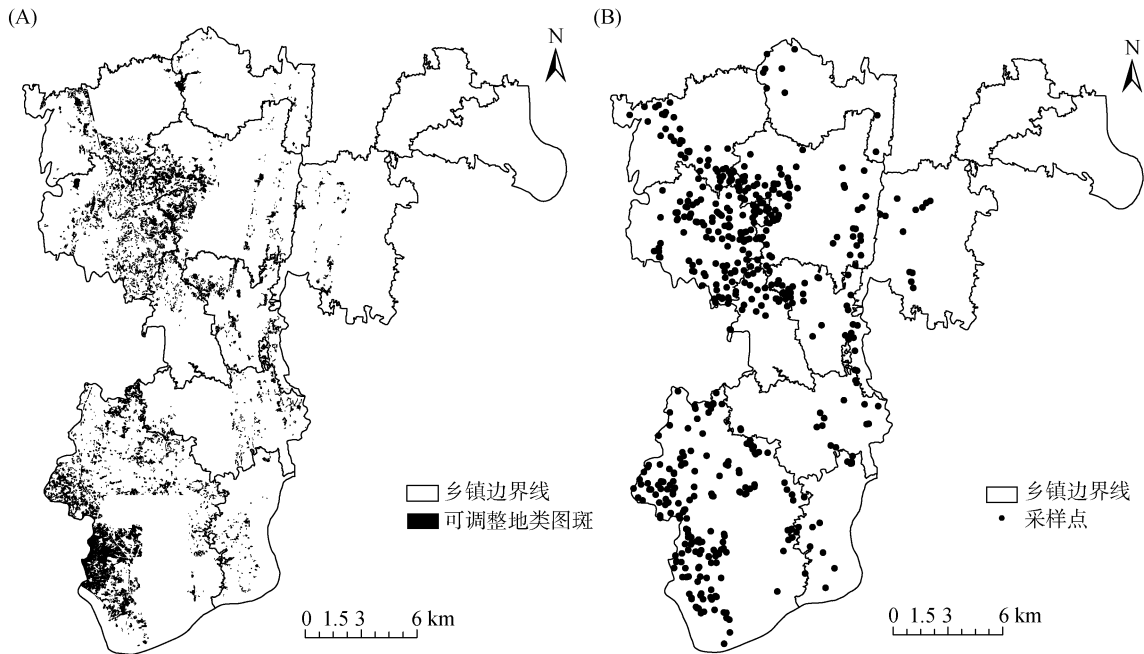


图 2 九龙坡区可调整地类图斑分布(A)与土壤采样点分布(B)
Fig.2 Distributions of adjustable land (A) and soil samping sites (B) in Jiulongpo District

1.3.1 可调整地类地力评价 1) 评价单元划分及指标体系构建。评价单元是由对土地质量具有关键影响的各土地要素组成的空间实体^[21]。可调整地类具有小而分散的特点,为更合理地体现地块间质量的差异,本研究以 5 295 个可调整地类地块为评价单元。

专家技术组遵循重要性、客观性、差异性、稳定性、综合性原则,结合九龙坡区可调整地类特点和农业生产结构,在全国共用的指标体系和重庆市指标体系框架内选择了土壤类型、海拔高度等 13 个因子构建九龙坡区可调整地类地力评价指标体系(图 3)。

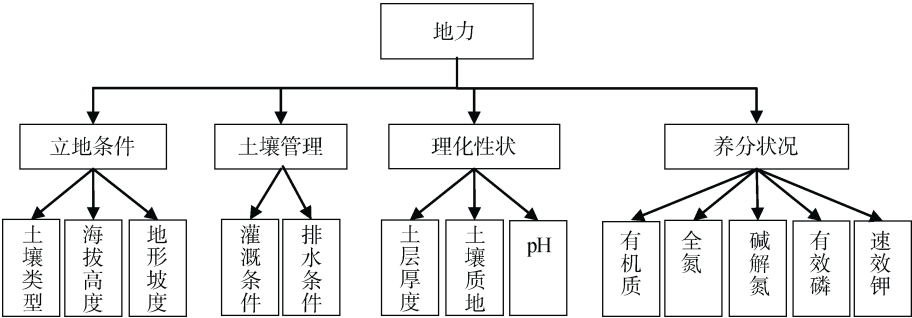


图 3 九龙坡区可调整地类地力评价指标体系
Fig.3 Evaluation indicator system of adjustable land fertility in Jiulongpo District

其中,不同土壤类型的养分、质地、微量元素、机械组成等都有差别,对土壤肥力影响较大;海拔高度和地形坡度不仅直接关系水土流失程度,也影响着农业机械化难易,在丘陵区对土地质量影响较大;灌溉条件主要体现区域农业生产的水源保证程度和水利灌溉设施的完善程度,排水条件则主要体现农田抵御洪涝灾害和破坏性降水天气的能力,是土地稳定生产的重要保障;土层厚度影响土壤养分的分布和存储,对土壤肥力影响巨大;土壤质地与

土壤透气、保肥、保水状况有密切关系,对土地的生产力状况有较大影响;土壤 pH 对作物生产及品质影响巨大,过高或过低都不利于种植;有机质、全氮、碱解氮、有效磷和速效钾是作物生长发育不可或缺的营养,对土壤肥力影响较大,而土壤肥力是土地生产力的基础,直接关系着作物生长和农业生产结构、布局及效益^[22]。

2) 评价指标量化处理。土地是一个灰色系统,内部各要素与土地生产能力之间关系十分复杂,因此

将模糊数学法^[23]用于地力评价。依据模糊数学理论,将选定的评价指标与地力的关系分为戒上型、戒下型、峰型、直线型及概念型 5 种类型的隶属函数^[24]。对于量化的指标因子,通过构造隶属函数计算各指标的隶属度(表 1)。概念性指标如土壤类型、运输条件等,与地力之间是一种非线性的关系,采用特尔菲法(Delphi)直接给出隶属度(表 2)。克里格插值^[25]是利用区域化变量的原始数据和变异函数的特点,根据待估样点有限邻域内若干已测定的样点数据,对待估样点值进行一种线性无偏最优估计,实质是实行局部估计的加权平均值,利用 GIS 的克里格插值法确定各评价单元的指标值。

表 1 定量性评价指标隶属函数
Table 1 Membership functions of quantitative evaluation indices

评价指标	函数类型	隶属函数
海拔高度	戒下型	$y=1/(1+0.000\ 009(u-189)^2)$
地形坡度	直线型	$y=0.889-0.0166u$
土层厚度	戒上型	$y=1/(1+0.000\ 4(u-99)^2)$
pH	峰型	$y=1/(1+0.19(u-6.5)^2)$
有机质	戒上型	$y=1/(1+0.0021(u-31.71)^2)$
全氮	戒上型	$y=1/(1+0.36(u-1.91)^2)$
碱解氮	戒上型	$y=1/(1+0.000\ 09(u-231.71)^2)$
有效磷	戒上型	$y=1/(1+0.0000\ 26(u-175.25)^2)$
速效钾	戒上型	$y=1/(1+0.000\ 015\ 3(u-272.31)^2)$

注: u 为指标因子值; y 为隶属度。

表 2 概念性评价指标隶属度
Table 2 Membership degree of conceptual evaluation indices

评价 指标	项目	隶属度评估值				
土壤 类型	描述	水稻土	紫色土	黄壤	石灰岩土	
	隶属度	1	0.95	0.76	0.64	
灌溉 条件	描述	完善	基本完善	较完善	无	
	隶属度	1	0.84	0.66	0.38	
排水 条件	描述	完善	基本完善	较完善	无	
	隶属度	1	0.84	0.66	0.38	
土壤质 地	描述	中壤土	重壤土	轻黏土	轻壤土	中黏土 砂土
	隶属度	1	0.9	0.82	0.72	0.64 0.55

3) 确定评价指标权重。地力评价是多种因素综合作用的结果,每一因素均对地力影响复杂,且各因素之间相互制约相互影响,采用层次分析法(AHP)^[26]和特尔斐法(Delphi) 确定单因素权重。根据专家判断比较同一级指标层两两之间的重要性及下一级指标层对上一层次的相对重要性,给出数量化的评估,形成判断矩阵;根据判断矩阵计算矩阵的最大特征根与特征向量,并进行一致性检验,最终确定各评价指标

因子的组合权重(表 3)。

表 3 九龙坡区可调整地类地力评价指标权重
Table 3 Weights of evaluation indices of adjustable land fertility in Jiulongpo District

准则层 B	准则层权重	指标层 C	目标层权重	组合权重
立地条件	0.118 7	土壤类型	0.545 1	0.064 7
		海拔高度	0.175 2	0.020 8
		地形坡度	0.279 7	0.033 2
土壤管理	0.239 2	灌溉条件	0.549 7	0.131 5
		排水条件	0.450 3	0.107 7
理化性状	0.227 5	土层厚度	0.263 3	0.059 9
		土壤质地	0.548 1	0.124 7
		pH	0.188 6	0.042 9
养分状况	0.414 6	有机质	0.266 0	0.110 3
		全氮	0.134 8	0.055 9
		碱解氮	0.185 5	0.076 9
		有效磷	0.255 4	0.105 9
		速效钾	0.158 2	0.065 6

4) 地力等级划分。利用累加模型计算地力综合指数(IFI),即对应于每个单元的综合评语。

$$IFI=\sum F_i\times C_i(i=1,2,3,\dots,n)$$

式中:IFI(integrated fertility index)代表地力综合指数; F_i 为第 i 个因子量化后的值; C_i 为第 i 个因子的组合权重。即将参评因子的隶属度值进行加权组合得到每个评价单元的综合评价分值,以其大小表示地力的优劣。

地力等级的划分采用总分值频率曲线法,用样点数与地力综合指数制作累积频率曲线图,选择若干频率曲线斜率突变处来划分等级数和临界点,将研究区域的可调整地类地力划分为 5 级^[27]。

1.3.2 可调整地类适宜性评价 1) 评价单元划分及指标体系构建。评价单元的划分与可调整地类地力评价相同。提高土地生产力主要有两个途径:改善土地自然条件,提高土地的生产潜力水平;改善土地灌溉、排水等社会经济条件。立地条件和土壤理化性质是影响地力的重要因素,但这些因素都是人为难以改变的,土壤管理和土壤养分状况可以通过工程措施进行改善,相对容易改变,在工作中容易实施,有较大改造潜力。因此,将影响可调整地类适宜性的因素划分为两大类:难改良因子和易改良因子。难改良因子包括:土壤类型、海拔高度、地形坡度、土层厚度、土壤质地、pH,易改良因子包括:灌溉条件、排水条件、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾。

2) 评价指标量化处理。评价指标的量化与可调整地类地力评价相同。

3)适宜性分级。根据以上分析,分别计算每个地块的难改良因子分值与易改良因子分值,根据所有地块的难改良因子平均分,将难改良因子划分为高分难改良因子和低分难改良因子 2 种类型;根据所有地块的易改良因子平均分,将易改良因子划分为高分易改良因子和低分易改良因子 2 种类型。将区域内地块按照难改良因子分数与易改良因子分数 2 个维度进行划分,共划分为 4 个象限:

最适宜区域(高分难改良因子、高分易改良因子);

基本适宜区域(高分难改良因子、低分易改良因子); 较适宜区域(低分难改良因子、高分易改良因子)和 不适宜区域(低分难改良因子、低分易改良因子)。

2 结果与分析

2.1 可调整地类的养分特征

土壤有机质直接影响土壤的物理、化学及生物性质,是衡量土壤肥力高低的重要指标。从表 4 可以看出,九龙坡区可调整地类的土壤有机质含量为 8.12 ~ 31.71 g/kg,平均值为 17.49 g/kg,按照全国第二次土壤普查推荐的土壤养分分级标准^[28],九龙坡区可调

整地类的土壤有机质含量处于较高水平。九龙坡区可调整地类的土壤 pH 为 4.1 ~ 6.0,平均值为 5.0,且变异系数小,可见九龙坡区可调整地类的土壤基本呈弱酸性。九龙坡区的主要农作物有油菜、小麦、玉米、水稻、大豆等,以上农作物均适宜生长在偏酸的土壤中,故可调整地类的土壤 pH 能满足九龙坡区农业种植的要求。

氮、磷、钾是植物生长的三大要素。从表 4 还可以看出,九龙坡区可调整地类的土壤全氮含量为 0.64 ~ 1.91 g/kg,平均值为 1.13 g/kg;土壤全磷含量为 0.29 ~ 1.55 g/kg,平均值为 0.75 g/kg;土壤全钾含量为 7.64 ~ 21.98 g/kg,平均值为 15.68 g/kg;土壤碱解氮含量为 65.70 ~ 231.71 mg/kg,平均值为 122.61 mg/kg;土壤有效磷含量为 4.47 ~ 175.25 mg/kg,平均值为 49.55 mg/kg;土壤速效钾含量为 34.89 ~ 272.31 mg/kg,平均值为 107.09 mg/kg;土壤缓释钾含量为 84.18 ~ 521.12 mg/kg,平均值为 313.35 mg/kg;根据全国第二次土壤普查推荐的土壤养分分级标准,九龙坡区可调整地类的土壤全氮含量基本处于高水平,土壤碱解氮含量和土壤有效磷含量处于较高水平,土壤速效钾含量处于中等水平。

表 4 九龙坡区可调整地类养分特征统计
Table 4 Descriptive statistics of nutrients of adjustable land

评价指标	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数	偏斜度	峰度
有机质(g/kg)	8.12	31.71	17.49	4.00	22.88	0.50	0.53
pH	4.1	6.0	5.0	0.3	6.69	0.00	-0.01
全氮(g/kg)	0.64	1.91	1.13	0.22	19.64	1.03	0.65
全磷(g/kg)	0.29	1.55	0.75	0.23	31.37	0.21	0.87
全钾(g/kg)	7.64	21.98	15.68	2.20	14.05	1.18	-0.74
碱解氮(mg/kg)	65.70	231.71	122.61	29.38	23.96	0.74	0.80
有效磷(mg/kg)	4.47	175.25	49.55	32.22	65.03	1.28	1.23
速效钾(mg/kg)	34.89	272.31	107.09	39.88	37.24	2.20	1.38
缓释钾(mg/kg)	84.18	521.12	313.35	68.88	21.98	0.30	0.02

2.2 可调整地类的地力评价

九龙坡区可调整地类地力分级结果如图 4A 所示。评价结果表明,九龙坡区可调整地类中一级地为 403.96 hm²,占全区可调整地类总面积的 17.16%;二级地 519.47 hm²,占可调整地类总面积的 22.07%;三级地 617.86 hm²,占可调整地类总面积的 26.25%;四级地 625.46 hm²,占可调整地类总面积的 26.57%;五级地 187.29 hm²,占可调整地类总面积 7.95%。

其中,一级地主要分布在白市驿镇和西彭镇的平坝地带,该区域土壤养分丰富,质地良好,土地平整,土壤类型主要为紫色土或水稻土,灌排条件完善或基

本完善,土地生产力较高。二级地主要分布在白市驿镇和西彭镇坡度较缓的浅丘地带,该区域地表起伏不大,土壤养分条件优越,农业基础设施较为完善。三级地主要分布在金凤镇、走马镇、西彭镇的浅丘地带,该区域土壤养分条件、质地等较好,应采取保护措施,严格控制建设用地的征用,保持土地生产水平。四级地主要分布在西彭镇的丘陵地带,该区域海拔较高,地面坡度较大,土壤养分缺乏,应加强水利建设,适量增施有机肥,提高土地的生产水平。五级地主要分布在华岩镇和石板镇的陡坡地带,该地区地面坡度较大,海拔高,土壤瘠薄,养分贫乏,生产力低,灌溉

水源没有保证,水土流失等现象较为严重。

2.3 可调整地类的适宜性评价

九龙坡区可调整地类图斑适宜性分布如图 4B 所示,最适宜区域 243.42 hm^2 , 占全区可调整地类总面积的 10.34%, 其中, 白市驿镇和西彭镇分布较多, 分别为 86.72 hm^2 和 140.25 hm^2 ; 基本适宜区域 983.55 hm^2 , 占可调整地类总面积的 37.96%, 其中, 西彭镇和走马镇分布较多, 分别为 391.34 hm^2 和 140.42 hm^2 ; 较适宜区域 556.64 hm^2 , 占可调整地类总面积的 23.65%, 主要集中在西彭镇和走马镇, 分别为 242.05 hm^2 和 147.95 hm^2 ; 不适宜区域 660.42 hm^2 , 占可调整地类总面积 28.05%, 其中, 西彭镇和走马镇分布较多, 分别为 305.74 hm^2 和 102.62 hm^2 。

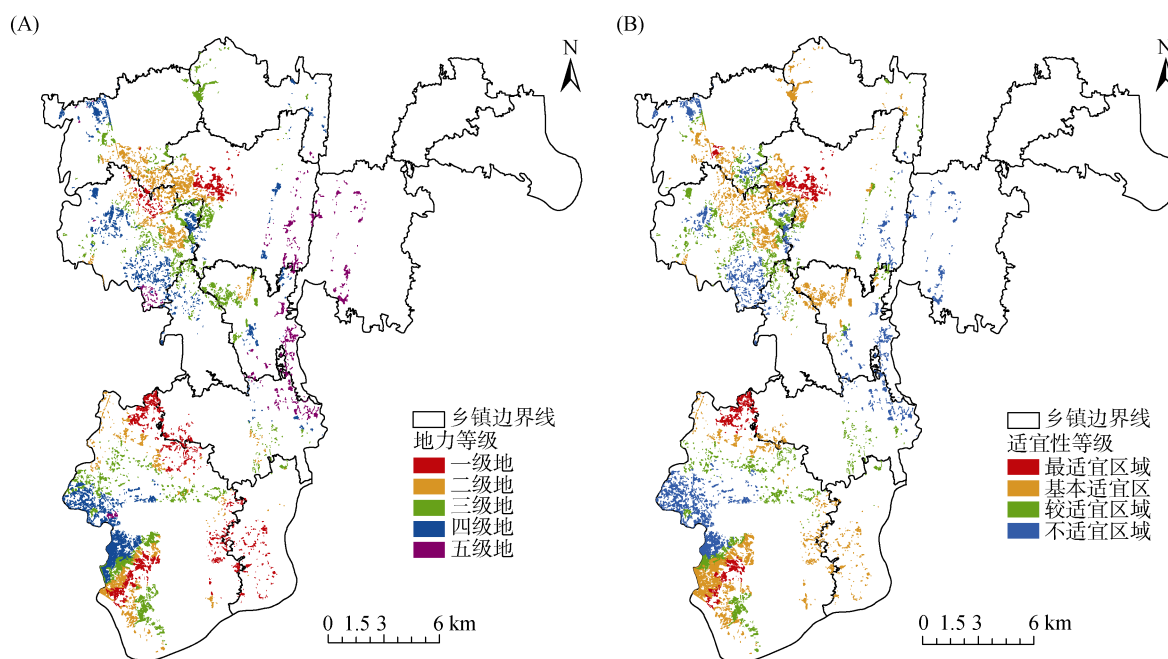


图 4 九龙坡区可调整地类地力分级(A)和适宜性评价空间分布(B)

Fig. 4 Spatial distributions of adjustable land fertility (A) and reclamation suitability (B) in Jiulongpo District

2.4 理论研究与实际调查的对比

九龙坡区可调整地类现状核查认定工作发现, 面积为 237.69 hm^2 的可调整地类由于农业结构调整已经变成耕地; 面积为 1 482.78 hm^2 的可调整地类耕作层未被破坏, 有效土层厚度为 30 ~ 70 cm, 土壤结构良好, 易恢复成耕地; 面积为 632.62 hm^2 的可调整地类因坡度大, 土层薄, 部分地块耕作层被破坏, 较难恢复成耕地。将本文的适宜性评价结果与实际调查结果进行对比发现, 最适宜区域与调查中变成耕地的地块面积相当, 位置部分吻合, 实际耕地分布更为分散; 基本适宜区域、较适宜区域与调查中易恢复为耕地的地块大致相同; 调查中难恢复为耕地的地块比不适宜区域面积小, 分布更加

除最适宜区域基本满足耕地利用条件外, 其他区域均需要一定社会经济投入才能得到改善。对于基本适宜区域, 提高易改良因子条件即可在短时间内以较小的投入获得较高的产出, 例如: 通过合理施肥, 提高土壤肥力, 使土壤养分充分满足作物生长要求; 对于灌溉设施建设不完善的区域, 通过布设灌溉渠等工程, 使其达到常年充分满足灌溉的水平; 对于地势低洼地区排水不畅的情况, 通过工程技术措施形成完整的排水体系, 使其排水状况得到改善。对于较适宜区域, 需对难改良因子进行改良才能提高土地的耕作适宜性, 例如坡改梯和移土工程, 但土壤类型和土壤质地较难改变。对于不适宜区域, 提高土地的耕作适宜性的难度较大, 且投入多、耗时长。

零散。

3 结论

1) 本研究将九龙坡区可调整地类地力水平分为 5 个等级, 其中一级地 403.96 hm^2 , 二级地 519.47 hm^2 , 三级地 617.86 hm^2 , 四级地 625.46 hm^2 , 五级地 187.29 hm^2 , 分别占全区可调整地类总面积的 17.16%、22.07%、26.25%、26.57% 和 7.95%。

2) 本研究将九龙坡区可调整地类分为 4 个适宜性区域, 其中最适宜区域 243.42 hm^2 , 基本适宜区域 983.55 hm^2 , 较适宜区域 556.64 hm^2 , 不适宜区域 660.42 hm^2 , 分别占全区可调整地类总面积的 10.34%、37.96%、23.65% 和 28.05%。

参考文献：

- [1] 周德, 徐建春, 王莉. 近 15 年来中国土地利用冲突研究进展与展望[J]. 中国土地科学, 2015, 39(2): 21-29
- [2] 李小云, 杨宇, 刘毅. 中国人地关系演进及其资源环境基础研究进展[J]. 地理学报, 2016, 71(12): 2067-2088
- [3] 中华人民共和国国土资源部, 中华人民共和国农业部. 关于搞好农用地管理促进农业生产结构调整工作的通知 [OL]. 1999-12-29. http://www.gov.cn/gongbao/content/2000/content_60105.htm
- [4] 闫一凡, 刘建立, 张佳宝. 耕地地力评价方法及模型分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(5): 204-210
- [5] 赵彦锋, 程道全, 陈杰, 等. 耕地地力评价指标体系构建中的问题与分析逻辑[J]. 土壤学报, 2015, 52(6): 1197-1208
- [6] 袁秀杰, 赵庚星, 朱雪欣. 平原和丘陵区耕地地力评价及其指标体系衔接研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 65-71
- [7] 吴鹏飞, 孙先明, 龚素华, 等. 耕地地力评价可持续研究发展方向探讨[J]. 土壤, 2011, 43(6): 876-882
- [8] 王瑞燕, 赵庚星, 李涛, 等. GIS 支持下的耕地地力等级评价[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 307-310
- [9] 王瑞燕, 赵庚星, 陈丽丽. 基于 ANN—产量的耕地地力定量评价模型及其应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 113-118
- [10] 马培云, 王帅, 李洪兴, 等. 基于洛伦茨曲线和基尼系数的耕地质量空间差异程度分析——以忠县耕地地力评价结果为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(1): 60-66
- [11] 闫一凡, 刘建立, 李晓鹏, 等. 基于聚类和分类与回归树的地力等级评价研究[J]. 土壤, 2014, 30(4): 656-661
- [12] 裴久渤, 汪景宽, 李慧, 等. 辽东山区桓仁县坡耕地基础地力评价研究[J]. 土壤, 2012, 44(3): 429-435
- [13] 赵亮, 韦学成, 黄国椅, 等. 喀斯特地貌区耕地地力评价与分级[J]. 农业工程学报, 2013, 29(8): 232-241
- [14] 乔亮, 王丹, 高明, 等. 三峡库区农村宅基地复垦耕地地力评价——以重庆市涪陵区为例[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3): 365-372
- [15] 查海涅, 汪建飞, 张振国, 等. 基于 GIS 的蚌埠市淮上区耕地地力等级评价[J]. 土壤, 2015, 47(5): 1001-1006
- [16] 钟德卫, 张连英, 邓长香, 等. 基于 GIS 的金沙江流域耕地地力评价——以云南省绥江县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(1): 9-16
- [17] 毛政元, 李霖. “3S”集成及其应用[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2002, 36(3): 385-388
- [18] 孙白杨. 基于四象限法的财务分析[J]. 中国管理信息化, 2010, 13(7): 41-42
- [19] 李佳, 成升魁, 马金刚, 等. 基于县域要素的三江源地区旅游扶贫模式探讨[J]. 资源科学, 2009, 31(11): 1818-1824
- [20] 唐秀美, 潘瑜春, 刘玉, 等. 基于四象限法的县域高标准基本农田建设布局与模式[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 238-246
- [21] 刘京, 常庆瑞, 陈涛, 等. 黄土高原南缘土石山区耕地地力评价研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 229-234
- [22] 罗红, 吴建普, 边巴多吉, 等. 西藏人工造林作业区土壤养分特征研究. 土壤学报, 2017, 54(2): 421-433
- [23] 姚荣江, 杨劲松, 陈小兵, 等. 苏北海涂围垦区土壤质量模糊综合评价[J]. 中国农业科学, 2009, 42(6): 2019-2027
- [24] 刘国顺, 常栋, 叶协锋, 等. 基于 GIS 的缓坡烟田土壤养分空间变异研究[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2586-2595
- [25] Saaty T L. The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation[J]. NY, USA: McGraw-Hill, 1980
- [26] 中华人民共和国农业部. NY/T 309-1996, 全国耕地类型区、耕地地力等级划分[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997
- [27] 赵丹. 太白大白菜和甘蓝测土配方施肥技术应用研究[M]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2015

Evaluation of Reclamation Suitability of Adjustable Land in Chongqing Suburb

LU Chang¹, MO Jianbing², XU Chang³, GAO Ming^{1*}, WANG Zifang¹

(1 College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China; 2 Chongqing Rural Land Arrangement Center, Chongqing 400010, China; 3 Chongqing Tobacco Monopoly Bureau, Chongqing 400023, China)

Abstract: This paper aims to understand the basic fertility and the reclamation suitability of the adjustable land in Jiulongpo District of Chongqing. 3S techniques, field surveying and sampling, and land measurement were used to obtain the information of the spatial distribution and soil properties of the adjustable land and AHP and Fuzzy methods were adopted to calculate the reclamation suitability score of the adjustable land. Frequency curve method was applied to classify the grades of reclamation suitability and four-quadrant method was used to identify the types of suitable areas. The results showed that the areas of the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th fertility-grade lands were 403.96 hm², 519.47 hm², 617.86 hm², 625.46 hm² and 187.29 hm², accounted for 17.16%, 22.07%, 26.25%, 26.57% and 7.95% of the total area of adjustable land, respectively. The areas of the most suitable, basic suitable, suitable and unsuitable reclamation regions were 243.42 hm², 983.55 hm², 556.64 hm² and 660.42 hm², accounted for 10.34%, 37.96%, 23.65% and 28.05% of the total area of adjustable land, respectively. The evaluation results are consistent with the field surveying results, therefore, they could provide the basis for the improvement of adjustable land and for maintaining the balance of cultivated land in Jiulongpo District.

Key words: Adjustable land; Evaluation; Land fertility; Reclamation suitability; Jiulongpo District