

基于 CLUE-S 模型的柳州市 2025 年土地变化情景模拟分析

韦钰¹, 阮柱^{2,3}

(1. 广西壮族自治区国土资源规划院, 广西南宁 530001; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要 以解译的 2009 年土地利用类型数据为基期数据, 通过 CLUE-S 模型来模拟 2016 年柳州市土地利用空间分布图, 与解译的 2016 年土地利用类型图对比, 模拟结果的 Kappa 系数达到 0.837 9, 表明模拟精度较高。以此模型模拟了 2025 年自然增长和耕地保护 2 个不同情景的土地类型图, 经过分析, 情景 II 比较符合柳州市未来发展情况, 柳州市未来可能出现耕地撂荒情况, 并提出了相关对策。

关键词 CLUE-S 模型; 土地变化; 情景模拟; 柳州市

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)01-0076-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.01.024

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Simulation Analysis of Land Change in 2025 in Liuzhou City Based on CLUE-S Model

WEI Yu¹, RUAN Zhu^{2,3} (1. National Land Resources Planning Institute of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530001; 2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract Based on the interpreted 2009 land use type data as the base period data, the spatial distribution map of land use in Liuzhou City in 2016 was simulated by the CLUE-S model, and compared with the interpretation of the 2016 land use type map, the Kappa coefficient of the simulation results reached 0.837 9, which indicated that simulation precision was higher. Using this model to simulate the land type map of two different scenarios of natural growth and cultivated land protection in 2025, scenarios II was in line with the future development of Liuzhou after analysis, it showed that farmland uncultivated map appeared in Liuzhou in future, and some countermeasures were pointed out.

Key words CLUE-S mode; Land change; Scenarios simulation; Liuzhou City

土地利用变化是当代重要的研究课题。柳州市是广西重要的工业城市, 研究它的土地利用变化对它未来的城市、经济、人口、生态等的可持续发展有着极其重要的意义。关于柳州市土地利用方面的研究有很多, 如程子腾等^[1]研究柳州市土地利用碳排放与经济增长的关系, 黎良财等^[2]研究柳州市土地利用变化对生态系统的影响, 罗江华等^[3]研究它的土地利用空间格局演化特征, 陈佩琳^[4]利用系统动力学仿真来研究不同情景下柳州市未来土地利用结构, 赵霞^[5]研究柳州市城市用地扩张特征及驱动力, 这些前人的研究大部分只是针对柳州市土地利用数据的数字研究, 或者针对现状的空间数据研究, 很少涉及到未来土地利用变化在空间上的预测。土地空间上的未来预测, 对土地的管理极其重要, 现今能对土地利用变化进行空间预测的模型有 CA 模型^[6-7]、Dinamica EGO 模型^[8]、CLUE-S 模型^[9]等。其中, CLUE-S 模型是目前这类空间模型中较为成熟的一种^[10]。因此, 笔者选取 CLUE-S 模型来预测柳州市未来的土地利用变化。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 柳州市位于广西中部偏北, 为湘桂、黔桂和枝柳铁路交汇处, 共辖六县四区, 共有 86 个乡镇, 935 个行政村。2016 年末, 柳州市常住人口 395.87 万, 市镇总人口为 249.44 万, 乡村人口 146.43 万, 市区人口 122.14 万。汉、壮、苗、侗、瑶、回、仫佬等 30 余个民族聚居于市内。柳州市地貌主要以山地和丘陵为主, 整个地势总体上是东北部高、

中南部低, 其境内山体主要有九万大山、摩天岭、大苗山架桥岭和大瑶山等, 其中境内最高峰为位于大苗山上的元宝山, 海拔 2 081 m。

1.2 研究方法 柳州市 2025 年土地利用变化总需求量的预测是以 2009 年土地利用类型面积作为基期, 根据 2009—2016 年的土地利用变化规律来预测总需求量。情景 I 是自然发展情况下的土地利用变化需求量, 主要是利用线性插值预测 2025 年土地利用结构数据; 情景 II 则是加入了基本农田作为限制区来模拟 2025 年柳州市土地利用空间分布。

1.3 数据处理 该研究模拟的基础数据主要是由 2009 年和 2016 年两期栅格像元大小为 30 m 的土地利用现状图, 高程数据 (DEM) 为来自于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn>) GDEM 30 m 分辨率数字高程, 柳州市 1:10 000 基础数据 (道路、水系), 居民点主要来自于 2009 期栅格数据, 2009 年人口数据来源于柳州市统计年鉴。鉴于柳州市以山地和丘陵为主, 因此选取了坡度和高程以表征地形因素: 为了得到更好的方程拟合度, 分别选取了河流、居民点、道路、耕地、园地以及未利用地这 6 个地物和其他土地利用分类的距离作为驱动因子; 最后根据数据可得性, 选取人口密度作为人文类的驱动因子。具体操作步骤是: 首先将居民点、耕地、园地、未利用地图斑, 道路、水系从栅格图 and 对应数据库中各自提取出来, 使用 ArcGIS 平台中的欧式距离分析, 生成相应的距离栅格图。利用 ArcGIS 平台的数据转换功能将人口密度矢量图层转换为栅格数据, 以及表面分析模块下的坡度功能将 DEM 转化为坡度栅格数据。最后将所有栅格图层通过重采样统一为空间分辨率 200 m 的栅格数据, 用于土地利用数据空间模拟。

CLUE-S 模型是在 CLUE 模型的基础上开发的^[11], 它可

基金项目 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室和广西地表过程与智能模拟重点实验室联合开放基金项目 (NNNU-KLOP-K1901)。

作者简介 韦钰 (1991—), 女, 广西南宁人, 工程师, 硕士, 从事土地规划、评价等研究。

收稿日期 2019-07-06; **修回日期** 2019-07-22

以在时间和空间上模拟区域土地利用变化。它主要由两大模块组成:一个是非空间模块,非空间模块在获取研究区域的土地利用分布图、驱动因子(自然和人文驱动因子)等数据基础上,用于预测未来各土地类型的数量;一个是空间分配模块,空间分配模块则是通过设置各种参数(驱动因素关系系数、土地利用类型间转换规则等),在输入的各种栅格数据的基础上,将预测的土地类型数量分配在对应的空间上。其中获得驱动因素关系系数最常用的方法是 Logistic 回归模型,其计算得到的土地类型分布概率公式如下:

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_{0,i} + \beta_{1,i}X_1 + \beta_{2,i}X_2 + \dots + \beta_{n,i}X_n$$

其中, p_i 是每个栅格为某一土地类型的概率, X_n 为第 n 个驱动因子, $\beta_{0,i}$ 是方程截距, $\beta_{n,i}$ 为第 n 个驱动因子的回归系数。

2 结果与分析

2.1 Logistic 模型模拟及其精度分析 为了提高模型的解释能力和准确性,该研究利用 ArcGIS 随机生成了 465 154 个矢量点,其中 186 063 个点用于 Logistic 回归拟合,279 091 个点用于测试模型的准确性。经过计算之后,结果如表 1 所示。

表 1 Logistic 系数结果
Table 1 Logistic coefficient results

因子 Factor	建设用地 Construction land	林地 Forest	园地 Garden	耕地 Farmland	水体 Water body	草地 Grassland	未利用地 Unutilized land
距居民点距离 Distance from settlement	-1.179	5.256×10^{-4}	-1.871×10^{-4}	-2.603×10^{-4}	7.098×10^{-5}	1.537×10^{-3}	2.334×10^{-4}
距道路距离 Distance from road	2.443×10^{-5}	1.584×10^{-6}	-5.800×10^{-5}	-1.626×10^{-5}	-2.206×10^{-6}	-1.307×10^{-4}	-2.298×10^{-5}
距河流距离 Distance from river	1.888×10^{-4}	8.995×10^{-5}	4.980×10^{-5}	8.671×10^{-5}	-1.144	1.161×10^{-4}	2.096×10^{-5}
距未利用地距离 Distance from unutilized land	1.683×10^{-4}	1.093×10^{-3}	8.656×10^{-5}	8.543×10^{-5}	-1.321×10^{-5}	1.116×10^{-5}	-1.895×10^{-2}
距园地距离 Distance from garden	5.517×10^{-5}	-9.085×10^{-5}	-4.933×10^{-3}	9.567×10^{-5}	-2.194×10^{-5}	-2.109×10^{-3}	-1.539×10^{-5}
距农用地距离 Distance from farmland	5.758×10^{-4}	1.609×10^{-3}	2.990×10^{-4}	-8.510×10^{-3}	3.725×10^{-4}	2.994×10^{-3}	1.780×10^{-4}
高程 Elevation	-5.969×10^{-4}	1.237×10^{-3}	-4.640×10^{-4}	-7.886×10^{-4}	-1.221×10^{-3}	-4.636×10^{-3}	-2.653×10^{-4}
坡度 Slope	-5.847×10^{-3}	4.843×10^{-2}	-1.478×10^{-2}	-4.900×10^{-2}	1.709×10^{-3}	-5.606×10^{-2}	1.452×10^{-2}
人口密度 Population density	103.80	-821.30	78.27	-172.10	13.43	-1 825.00	134.90
常数项 Constant term	17.760	-1.962	-0.766	1.236	17.560	-10.070	1.140
AIC	20	195 600	33 540	121 600	20	76	36 800
ROC	0.989 1	0.812 4	0.902 9	0.894 8	0.986 6	0.921 8	0.970 2

由表 1 可知,除了使用比较常用的 ROC 来显示 Logistic 回归预测土地类型的效果外,该研究还使用 AIC 来表征方程拟合效果。从 AIC 来看,拟合效果最好的是建设用地和水体,其次为草地、园地、未利用地,最后是耕地和林地;ROC 显示的预测准确度几乎与 AIC 的结果相同,预测较准确的是建设用地和水体,接下来预测效果优劣排序依次为未利用地、草地、园地、耕地、林地,ROC 最高为 0.989 1,这主要是因为用以拟合的预测点多,同时与选取的驱动因子有关,选取的距居民点距离、距道路距离、距水体距离、人口密度等与建设用地和水体的相关性高,ROC 最低为 0.812 4,所有的 ROC 都在 0.800 以上,说明 Logistic 方程拟合效果很好,可用于 CLUE-S 模型进行空间拟合。

2.2 土地覆盖模拟精度分析 任何模型的模拟和预测都要进行精度分析,以获取模型预测未来的可信度。一般对 CLUE-S 模型预测的结果进行精度分析所用的参数为 Kappa 系数,Kappa 系数越高,说明模拟结果越精确,反之,则模拟效果较差。CLUE-S 模型首先以 2009 年土地利用分类栅格数据为基期年,根据表 1 的系数,来模拟 2016 年土地利用类型空间分布图。Kappa 系数是用来评价 CLUE-S 模型模拟的 2016 年土地利用类型空间分布图的准确程度,对比对象为解译好的 2016 年土地利用类型栅格数据。经过计算,模型模拟的 2016 年土地利用类型空间分布图的 Kappa 为: $Kappa = (pa-pe)/(1-pe) = (0.9059 - 0.4193)/(1 - 0.4193) = 0.8379$; 计算得到的 Kappa 系数大于 0.5,已经接近 1,说明模拟效果

较好。因此,可以用设置好的参数来模拟 2025 年柳州土地利用类型空间分布图。

2.3 情景模拟结果分析 经过 CLUE-S 模型模拟之后,得到情景 I 和情景 II 2 种不同情景下的柳州市 2025 年土地利用空间分布图,结果如图 1 所示。情景 I,是自然发展下的模拟结果;情景 II 是在耕地保护情景下的土地变化模拟结果。从结果图上看,两者大体相同;主要区别在于情景 I 中柳州市区西部和北部分布的建设用地比情景 II 的多,情景 II 分布的未利用地比情景 I 的略多。具体的差异可以通过 2 种情景不同地类的像元数量来对比体现出来。

从表 2 可看出,在耕地保护情景下,相对自然增长情况而言,建设用地、林地、园地、耕地像元数量都减少,草地和未利用地像元数量反而增加,这是一种异常却合理现象。在耕地保护下,由于大量适宜建设的耕地被限制建设,建设用地减少,这是合理的,异常就在于其他地类(除草地和未利用地外)的减少。通过 2 个情景模拟的结果图对比,情景 II 的部分草地,在情景 I 是耕地、林地、园地。这其中就涉及到现今土地利用变化较为热门的研究课题——耕地撂荒,即耕地被废弃,从而转化为草地。耕地撂荒的原因主要有:①城镇化和工业化发展引起农村人口的外迁和非农化,导致山区农业劳动力大量减少;②市场需求变化、国际贸易发展以及农资价格上涨等多种原因导致土地利用纯收益下降;③农业相关政策调整;④土地制度改革;⑤农业技术升级和农业商品化等^[12]。而柳州市作为一个以山地和丘陵为主的地区,必然

会存在人工种植的经济林地和园地,基于和耕地撂荒相同的理由,经济林和园地也可能存在撂荒问题,这就出现了园地和林地转化为草地的情况。在 CLUE-S 模型的假设条件下,

由于其他地类比较容易转化为草地,这就造成未利用地转化为草地较难的,未利用地保留下来就更多,因此情景 II 中未利用地比情景 I 多。

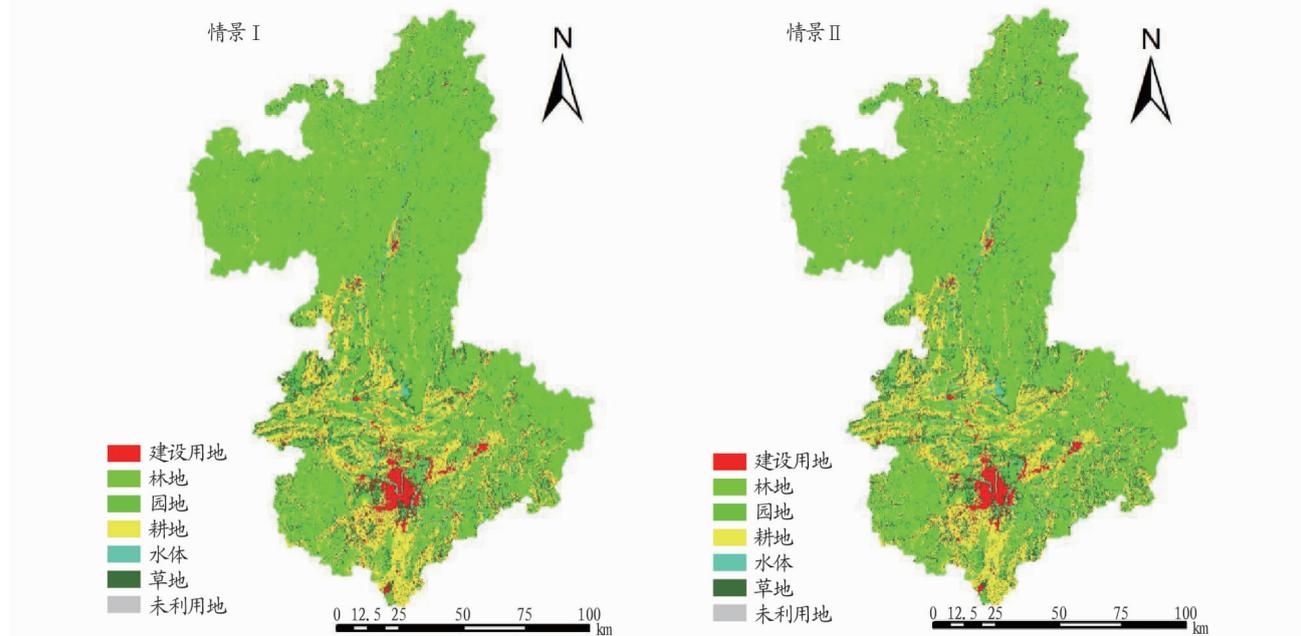


图1 不同情景模拟结果

Fig.1 Different scenario simulation results

表2 不同情景下各地类像元数量

Table 2 Number of local class pixels in different scenarios

地类名称 Land name	情景I Scenarios I	情景II Scenarios II
建设用地 Construction land	22 073	20 467
林地 Forest	265 839	262 541
园地 Garden	11 127	10 043
耕地 Farmland	93 784	91 865
水体 Water body	13 000	13 000
草地 Grassland	59 221	61 825
未利用地 Unutilized land	110	5 413

柳州市是典型的工业城市,城镇化和工业化的速度相对较快,这就更可能加快农村人口外迁和非农化,耕地、园地、林地撂荒的情况比较容易出现,结合国家近期的耕地保护政策和其他相关土地政策,未来柳州市市区建设用地增长速度应该会放缓。综上所述,笔者认为,情景 II 的模拟结果可能更接近柳州市未来发展实际,但是情景 II 也有它不合理的地方,即相对情景 I 而言,还存在较多未利用地。柳州市的未利用地主要是喀斯特石山,在长时间无人干扰情况下,它可以逐渐转化为草地、林地或园地。按照发展速度预计,情景 I 的未利用地数量较为合理。

3 未来土地利用变化的对策

柳州市是一个地形起伏较大的典型喀斯特地区,山区面积广大,它的耕地有其地域特点,喀斯特山区的耕地特点是部分耕地质量较差,主要表现为耕地内部存在大量裸石,坡度大,耕地肥力差,农业和交通设施落后;耕地空间分布较为零碎等。这样的地域特色,加之前文提及柳州市的城市化和

工业化以及国家土地政策、经济政策等大背景的影响,就会导致耕地的撂荒。

针对柳州市未来可能出现的耕地撂荒,具体措施主要有:①建立农用地流转市场,并设立相关政策,减少流转成本^[13],可以让空间分布零散的耕地通过家庭或者公司承包等方式,在使用权上统一到个人或者公司,从而为规模农业提供政策支撑,通过规模农业这个途径,可以在一定程度上改善了人口流失造成的耕地撂荒;②自然资源部门在对耕地质量评价的基础上,有针对性地进行土地整治,同时联合其他相关部门,改善农业设施和交通状况,提高耕地质量和作物产量;③走特色农业,推行“公司+基地+专业组织+农户”的产业经营模式^[14],有优良的耕地、良好的设施以及配套政策,也未必能解决耕地撂荒,这3个只是基础,重要的还是市场需求。公司收购以及销售农产品,农户作为基地生成所需农产品,“产+购+销”要一路畅通,才能最终解决耕地撂荒。

针对林地和园地可能出现的撂荒情况,具体措施与耕地撂荒措施类似,仍然是要改善土地流转政策,将闲置丢荒的园地或者人工林地使用权尽可能地被统一承包;尽量借助政府的力量,将当地相关企业和这些闲置人工林地、园地的未来联系起来,走“产+购+销”一条龙的产业路子,让这些珍贵的土地合理地利用起来。

除了以上这些原因可能在未来导致耕地、林地、园地撂荒,还会出现一些由于权属争议而导致的撂荒情况,由于权属不明,这些土地就会搁置不予耕种。针对这样的撂荒情况,则要通过自然资源相关部门帮助,协调厘清地块的具体权属,最终解决土地纠纷。

以上皆为针对未来可能出现的耕地、园地等撂荒的对策,除了针对未来的对策,更重要是防微杜渐。虽然模型已经预测出未来可能会出现撂荒,但是在未来具体何时会出现撂荒,仍然未知。因此,如何开展耕地撂荒的时空监测,这也可能是未来自然资源部门需要做的事。

4 结论

本研究通过 CLUE-S 模型对自然增长和耕地保护 2 种情景下的 2025 年柳州市土地利用模拟结果进行分析,得到以下结论:

(1) CLUE-S 模型可以较好地模拟未来柳州市土地利用情况,特别是在有条件限制下的模拟,但由于模型要遵循严格的假设条件,导致模拟结果也存在一些不合理的地方。尽管存在不合理之处,但是模拟的结果提供了柳州市土地利用变化在未来可能发生的情况,对未来柳州市土地利用管理有很大启发,如针对未来可能出现的耕地、园地、林地撂荒情况,应该采取相应的管理方法和措施去应对。

(2) 该研究模拟所使用的土地驱动因子缺少经济因子及其他相关性更高的驱动因子,如 GDP、人均 GDP、土壤类型、地质类型、降水、气温等,可能对模拟结果的精度有一定的影响。此外,模拟使用的是最常规的 Logistic 模型得到,相对其他改进模型,诸如 GWR^[15] 和空间自相关 Autologistic 回归模型^[16],其模拟效果可能相对较差。而这些缺陷是下一步要努力改进和弥补的方向。

(上接第 54 页)

猕猴桃植株无法正常生长导致死亡,耐盐徐香的耐碱性略强于耐盐恒优 1 号;添加无菌水模拟涝害发现,耐盐恒优 1 号猕猴桃耐涝性比耐盐徐香猕猴桃耐涝性差,耐盐恒优 1 号株高受抑制较明显。

4 结论

通过对比徐香和恒优 1 号种子在人工海水处理中的萌发率,发现徐香种子的耐盐性强于恒优 1 号种子。徐香和恒优 1 号种子萌发后,芽长随着人工海水处理比例增大而减小,且处理比例越大弯曲状态越明显。比较徐香和恒优 1 号芽期盐害指数,徐香耐盐性较强。对比耐盐徐香和耐盐恒优 1 号的耐碱性,发现 pH 8 是二者生长的一个临界点,超过临界点猕猴桃植株无法正常生长导致死亡,耐盐徐香的耐碱性略强于耐盐恒优 1 号。添加无菌水模拟涝害发现,耐盐恒优 1 号猕猴桃耐涝性比耐盐徐香猕猴桃耐涝性差。

参考文献

[1] 汪良驹,马凯,姜卫兵,等. 五种落叶果树的氯离子分布与耐盐性研究[J]. 中国南方果树,1996,25(4):34-38.

参考文献

- [1] 程子腾,严金明,高峰. 土地利用碳排放与经济增长研究:以柳州市为例[J]. 生态经济,2016,32(8):87-89.
- [2] 黎良财,邓利,吴锐. 城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以柳州市为例[J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(7):102-106.
- [3] 罗江华,梅均,陈银蓉. 柳州市城市土地利用空间格局演化特征分析[J]. 中国人口·资源与环境,2008,18(1):145-148.
- [4] 陈佩琳. 柳州市土地可持续利用系统动力学仿真研究[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [5] 赵霞. 柳州市城市用地扩张特征及驱动力研究[D]. 雅安:四川农业大学,2012.
- [6] 杨建新,龚健,李江凤. 基于 LSSVM-CA 模型的复杂土地利用变化模拟:以鄂州市为例[J]. 资源科学,2016,38(8):1525-1537.
- [7] 曹雪,罗平,李满春,等. 基于扩展 CA 模型的土地利用变化时空模拟研究:以深圳市为例[J]. 资源科学,2011,33(1):127-133.
- [8] 梁友嘉,徐中民,钟方雷. 基于 SD 和 CLUE-S 模型的张掖市甘州区土地利用情景分析[J]. 地理研究,2011,30(3):564-576.
- [9] 高志强,易维. 基于 CLUE-S 和 Dinamica EGO 模型的土地利用变化及驱动力分析[J]. 农业工程学报,2012,28(16):208-216.
- [10] 王丽艳,张学儒,张华,等. CLUE-S 模型原理与结构及其应用进展[J]. 地理与地理信息科学,2010,26(3):73-77.
- [11] 蔺卿,罗格平,陈曦. LUCC 驱动力模型研究综述[J]. 地理科学进展,2005,24(5):81-89.
- [12] 李升发,李秀彬. 耕地撂荒研究进展与展望[J]. 地理学报,2016,71(3):370-389.
- [13] 郭琳. 农村土地撂荒的成因及对策研究[J]. 四川经济管理学院学报,2009(4):11-13.
- [14] 喻小倩. 农村土地撂荒的原因及对策[J]. 南方农业,2013,7(3):71-73.
- [15] 邵一希,李满春,陈振杰,等. 地理加权回归在区域土地利用格局模拟中的应用:以常州市孟河镇为例[J]. 地理科学,2010,30(1):92-97.
- [16] 吴桂平,曾永年,冯学智,等. CLUE-S 模型的改进与土地利用变化动态模拟:以张家界市永定区为例[J]. 地理研究,2010,29(3):460-470.
- [2] 张云起,刘世琦,王海波. 耐盐砧木嫁接对西瓜幼苗抗盐特性的影响[J]. 上海农业学报,2004,20(3):62-64.
- [3] 张亚冰,刘崇怀,潘兴,等. 盐胁迫下不同耐盐性葡萄砧木丙二醛和脯氨酸含量的变化[J]. 河南农业科学,2006,35(4):84-86.
- [4] 史燕山,骆建霞,张涛,等. 核果类果树砧木耐盐性差异的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(3):45-48.
- [5] 王海英,孙建设,王旭静,等. 果树耐盐性研究进展[J]. 河北农业大学学报,2000,23(2):54-58.
- [6] 王业遴,马凯,姜卫兵. 五种果树耐盐力试验初报[J]. 中国果树,1990(3):8-12.
- [7] 米银法,马锋旺,马小卫. 根际低氧对不同抗性猕猴桃幼苗生长和内源激素的影响[J]. 园艺学报,2009,36(2):163-170.
- [8] 王存喜,程炳嵩,李雅志,等. 中华猕猴桃耐盐变异体筛选[J]. 核农学报,1990,4(4):206-212.
- [9] 周立名,王飞,王佳. EMS 诱变处理定向筛选猕猴桃耐盐突变体研究[J]. 西北农业学报,2009,18(5):330-335,340.
- [10] SHI M H, XU J J, ZHANG S, et al. A mediator-free screen-printed amperometric biosensor for screening of organophosphorus pesticides with flow-injection analysis (FIA) system[J]. Talanta, 2006, 68(4):1089-1095.
- [11] 刘旭锋. 猕猴桃耐盐性比较试验[J]. 陕西农业科学,1992(1):19.
- [12] 田娜. 农杆菌介导的猕猴桃遗传转化及 AtNHX1 转化植株抗盐性分析;拟南芥 At4G12490 基因对逆境的抗性功能研究[D]. 西安:西北大学,2010.
- [13] 倪知游,夏惠,高帆,等. 外源褪黑素对猕猴桃幼苗盐胁迫的缓解作用[J]. 四川农业大学学报,2017,35(4):535-539.