

基于生态足迹模型的湖南省耕地可持续利用研究

刘鸿娟 (湖南师范大学地理科学学院, 湖南长沙 410081)

摘要 以我国中部粮食主产区湖南省为研究区域, 选取 2011—2020 年耕地利用相关数据, 结合耕地生态足迹模型, 分析 10 年来湖南省耕地可持续利用的动态变化过程, 并进一步预测该省 2021—2025 年耕地利用情况。结果表明, 2011—2020 年湖南省耕地面积逐年减少, 而未来 5 年的耕地生态赤字面积也大于生态盈余面积, 耕地呈现不可持续利用状态。建议精细化管理农业、发展绿色循环农业、完善执法并加强制度来实现湖南省耕地的可持续利用。

关键词 生态足迹; 生态承载力; 耕地; 可持续利用; 湖南省

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)24-0053-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.014



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Sustainable Utilization of Cultivated Land in Hunan Province Based on Ecological Footprint Model

LIU Hong-juan (School of Geographical Sciences, Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081)

Abstract Taking Hunan Province, the main grain producing area in central of my country, as the research area, and selecting the relevant data of cultivated land utilization from 2011 to 2020, combined with the ecological footprint model of cultivated land, this paper analyzed the dynamic change process of sustainable utilization of cultivated land in Hunan Province in the past 10 years, and further predicted the utilization of cultivated land in the province from 2021 to 2025. The results showed that the cultivated land area in Hunan Province decreased year by year from 2011 to 2020, and the ecological deficit area of cultivated land in the next five years will also be larger than the ecological surplus area, and the cultivated land will be in an unsustainable use state. It is suggested that the fine management of agriculture, the development of green circular agriculture, the improvement of law enforcement and the strengthening of the system can realize the sustainable use of cultivated land in Hunan Province.

Key words Ecological footprint; Ecological carrying capacity; Cultivated land; Sustainable utilization; Hunan Province

我国幅员辽阔, 资源丰富, 土地类型多样, 耕地作为众多土地类型中的一种, 不仅是不可再生的稀缺资源, 更是最重要的农业生产资料, 还是构建良好稳定的生态系统的基础。近年来, 国家快速的城镇化建设进程致使用地需求持续加大, 严重影响经济、耕地和生态的关系, 使得三者之间的矛盾愈演愈烈。因此, 能否科学地评估耕地开发利用, 协调好发展经济与保护耕地的关系, 对实现可持续发展战略有着深远的意义。

1992 年, 国外学者 Rees^[1] 和 Wackernagel 等^[2] 提出了一种分析自然资源可持续状况的定量评估方法, 并由 Wackernagel 完善, 后续在土地资源可持续利用、区域生态安全与资源承载力、生态足迹与经济发展相关性等领域都可见此类方法。国内学者也从不同角度就该内容展开了大量研究。关于研究尺度, 从国家^[3]、省^[4]、市^[5]到局部区域^[6]的研究应有尽有, 多尺度探索可为地区的建设和可持续发展提供思路 and 方向。在生态足迹模型改进方面, 刘钦普等^[7] 先用改进的生态足迹模型来计算耕地的生态足迹, 再用改进后模型的结果与传统模型的结果进行对比分析; 还可以改变模型中均衡因子和产量因子的取值方法, 得到新的“国家公顷”^[8]、“省公顷”^[9]等计算公式来建立生态足迹模型, 以准确反映不同尺度研究区域的生态足迹状况与特征。基于上述已有的研究成果, 笔者对湖南省 2011—2020 年耕地可持续利用进行评价分析, 并预测 2021—2025 年耕地利用状况, 针对在开发利用耕地及模型测算的过程中发现的问题提出相应对策, 为区

域耕地资源可持续利用提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 湖南位于长江中游、洞庭以南, 地理位置为 108°47'~114°15'E、24°38'~30°08'N, 东靠江西、西连贵州重庆、南邻广西广东、北依湖北(图 1)。该省总面积为 21.18 万 km², 年内温度差别大, 光热水资源丰富, 地貌类型多样, 山地、丘陵与平原交错相间。自古就被誉为“九州粮仓”“鱼米之乡”的湖南, 土地资源总量丰富, 类型多样。作为一个农业大省, 2020 年湖南省耕地面积为 414.88 万 hm², 约占全国耕地总面积的 3.1%, 人均耕地面积为 0.057 hm²。截至 2020 年底, 全省户籍人口 7 295.58 万, 全年生产总值 41 781.49 亿元, 人均生产总值为 62 900 元。

1.2 数据来源 该研究所涉及的统计数据来源于湖南省统计局的《湖南省统计年鉴》(2012—2021 年)、国家统计局的《中国统计年鉴》(2012—2021 年)、《湖南省国民经济与社会发展公报》(2012—2021 年)等。

1.3 研究方法

1.3.1 耕地生态足迹。 区域人口在一定条件下消耗的全部资源与产生的全部废弃物所需要占用耕地的面积称为耕地生态足迹。计算公式如下:

$$EF = N \times ef \quad (1)$$

$$ef = \sum_{i=1}^n (r_i \times A_i) = \sum_{i=1}^n (r_i \times \frac{C_i}{P_i}) \quad (2)$$

式中, EF 是研究区耕地总生态足迹, N 为研究区人口数, ef 为研究区人均生态足迹, i 为研究区消费品的类型, r_i 为均衡因子, A_i 为研究区人均 i 种类型的消费品折算成的生物生产性面积, C_i 为区域第 i 种消费品的人均年消费量; P_i 为全国 i

作者简介 刘鸿娟(1997—), 女, 湖南长沙人, 硕士研究生, 研究方向: 国土资源利用与管理。

收稿日期 2022-02-23

种消费品平均生产能力。

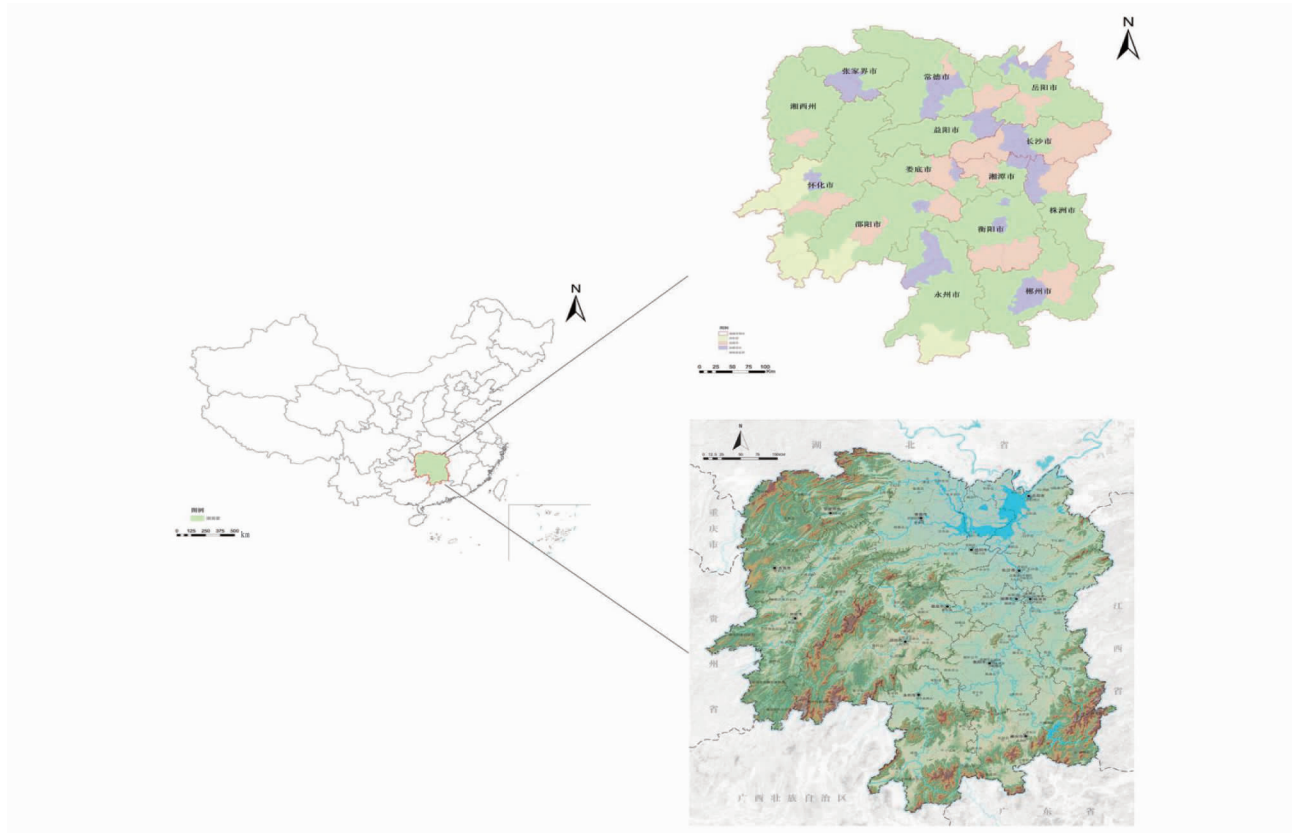


图1 湖南省地理位置示意图

Fig.1 Geographical location of Hunan Province

1.3.2 耕地生态承载力。生物生产性耕地能够提供给一定范围的人口生存且可再生的具体面积称为耕地生态承载力,其用来表示在一定环境条件下的生态容量。计算公式如下:

$$EC = N \times ec \quad (3)$$

$$ec = \sum_{i=1}^n (a_i \times r_i \times y_i) \quad (4)$$

式中,EC为耕地总生态承载力(hm^2), N 、 i 、 r_i 的含义与公式(3)和公式(4)一致, ec 为人均耕地生态承载力(hm^2), a_i 为生物生产性土地面积, y_i 为产量因子。

1.3.3 生态盈余、生态赤字。生态盈余表示区域内人类对生物资源的消耗力小于其自身生产力,区域呈发展可持续状态,可以通过比较区域内的生态承载力是否大于生态足迹得出^[10]。反之,生态赤字则表明该地区人类发展超出生态容量且呈不可持续状态,其值为生态承载力与生态足迹两者之差。计算公式如下:

$$ED = EC - EF \quad (5)$$

式中,ED为生态赤字;EC、EF代表的含义同公式(1)和公式(3)。

1.3.4 生产力可持续指数。基于生态足迹理论来探究区域土地可持续利用的常用方法之一是对生态盈余或生态赤字的具体值进行判断。在该方法中,绝对数值只能简单地评价某一时点某区域的土地利用是否可持续,未能及时地体现某区域土地可持续利用情况。因此,为了了解不同年份的土地生产力发展水平是否可持续,提出了生产力可持续指数

(PSI)^[11],其计算公式如下:

$$PSI = \frac{EC}{EC + EF} \quad (6)$$

式中,PSI取值为0~1,越趋近于1,说明研究区的土地可持续利用程度愈高;反之,说明研究区的土地可持续利用程度愈低。根据环境质量评价的分级方法,运用相对指标法将湖南省的耕地生产力可持续指数(PSI)分为5级:强可持续($PSI \geq 0.6$)、中等可持续($0.3 \leq PSI < 0.6$)、弱等可持续($0 \leq PSI < 0.3$)、不可持续($-0.3 \leq PSI < 0$)、极不可持续($PSI < -0.3$)^[12]。

1.3.5 均衡因子、产量因子。生态足迹模型在被运用过程中,许多学者对均衡因子和产量因子的取值参考世界自然基金会(WWF)的《地球生命力报告》,但其给出的参考值缺乏对区域细节特征的有效反映。该研究将结合湖南省的实际数据来计算该省耕地的均衡因子和产量因子。均衡因子的取值要牵涉各种类型的生物生产性土地,该研究的区域和对象是湖南省的耕地,则生物生产性土地只涉及耕地,不必再根据生产性作物的种类来计算均衡因子,因此均衡因子的取值为1。受地形、生态环境及社会因素等的影响,同类土地的生产力不尽相同。为了方便比较,同类土地中区域与全国的平均生产力之比为产量因子,即湖南省粮食的年均产量与全国粮食的年均产量之比。

1.3.6 耕地可持续利用状况预测。在已有的生态足迹预测

的研究成果中,常见的方法是用 GM 模型来预测耕地可持续利用。而该研究借用数理统计方法,以湖南省 2011—2020 年人均耕地生态足迹和人均耕地生态承载力的变化率对该省 2021—2025 年的相关情况进行预测,预测公式如下:

$$Z_n = (1+t)^n \quad (7)$$

$$Y_n = (1+q)^n \quad (8)$$

$$P_n = Z_n - Y_n \quad (9)$$

式中, Z_n 为预测的人均生态足迹, Y_n 为预测的人均耕地生态承载力, P_n 为预测的人均耕地生态赤字/盈余, t 为人均耕地生态足迹的年变化率, q 为人均耕地生态承载力的年变化率。

2 结果与分析

2.1 耕地生态足迹 通过对湖南省历年耕地生态足迹的计算(表 1),2011 年湖南省耕地总生态足迹为 67 256 455.328 9 hm^2 ,2020 年耕地总生态足迹为 36 904 849.326 1 hm^2 ,10 年来耕地总生态足迹下降了 45.13%。同时,2011—2020 年湖南省人均耕地生态足迹也从 0.942 5 hm^2 下降至 0.505 9 hm^2 ,减少了 0.436 6 hm^2 (表 2)。此研究结果表明湖南省人口对耕地的依赖程度逐年降低。

表 1 2011—2020 年湖南省耕地总生态足迹、总生态承载力、总生态赤字

Table 1 The total ecological footprint, the total ecological carrying capacity and the total ecological deficit of cultivated land in Hunan Province from 2011 to 2020 hm^2

年份 Year	耕地总生态足迹 EF	耕地总生态承载力 EC	总生态赤字 ED
2011	67 256 455.328 9	3 949 789.927 2	-63 306 665.401 7
2012	58 451 244.833 2	3 911 933.572 9	-54 539 311.260 3
2013	52 790 533.498 6	3 756 933.720 3	-49 033 599.778 3
2014	54 090 042.011 7	3 809 991.435 3	-50 280 050.576 4
2015	54 019 182.600 1	3 704 777.541 1	-50 314 405.059 0
2016	49 854 003.439 9	3 634 947.171 2	-46 219 056.268 7
2017	39 414 629.222 0	3 689 117.466 0	-35 725 511.756 0
2018	37 901 570.346 7	3 655 620.897 4	-34 245 949.449 3
2019	36 391 434.328 3	3 124 723.035 6	-33 266 711.292 7
2020	36 904 849.326 1	3 164 043.932 0	-33 740 805.394 1

2.2 耕地生态承载力 从表 1~2 可以看出,2011—2020 年湖南省耕地总生态承载力从 3 949 789.927 2 hm^2 下降至 3 164 043.932 0 hm^2 ,减少了 19.89%;人均生态承载力从 0.055 4 hm^2 降低至 0.043 4 hm^2 ,减少了 0.012 0 hm^2 。这 10 年间湖南省的人口增加了 1 599 800 人,耕地面积却没有相应增加,这使得该省的耕地承载力逐年下降,但下降幅度小于耕地生态足迹的下降幅度,所以该省的耕地压力得到了一定程度的缓解。

2.3 生态赤字 对 2011—2020 年湖南省耕地生态足迹及耕地生态承载力的结果(表 1)进行分析,10 年来该省的生态赤字从 63 306 665.401 7 hm^2 降至 33 740 805.394 1 hm^2 ,人均生态赤字从 0.887 1 hm^2 减少至 0.462 5 hm^2 ,这说明湖南省的耕地正逐步实现可持续发展,经济朝集约型发展方向迈进。

2.4 耕地生产力可持续指数 根据 2011—2020 年湖南省耕

地生产力可持续计算结果(表 2),2011—2020 年湖南省耕地生产力可持续指数从 0.055 5 波动上升至 0.079 0,根据耕地生产力可持续指数分级,该省耕地处于弱等可持续状态,但是随着时间的推移,耕地不可持续利用现象稍有好转。

表 2 2011—2020 年湖南省人均耕地生态足迹、人均耕地生态承载力、人均生态赤字、生产力可持续指数

Table 2 Per capita cultivated land ecological footprint, per capita cultivated land ecological carrying capacity, per capita ecological deficit, productivity sustainability index in Hunan Province from 2011 to 2020

年份 Year	人均耕地生态足迹 ef// hm^2	人均耕地生态承载力 ec// hm^2	人均生态赤字 ed// hm^2	生产力可持续指数 PSI
2011	0.942 5	0.055 4	0.887 1	0.055 5
2012	0.814 1	0.054 5	0.759 6	0.062 7
2013	0.738 6	0.052 6	0.686 0	0.066 4
2014	0.751 0	0.052 9	0.698 1	0.065 8
2015	0.745 9	0.051 2	0.694 7	0.064 2
2016	0.681 2	0.049 7	0.631 5	0.068 0
2017	0.540 2	0.050 6	0.489 6	0.085 6
2018	0.517 3	0.049 9	0.467 4	0.088 0
2019	0.497 2	0.042 7	0.454 5	0.079 1
2020	0.505 9	0.043 4	0.462 5	0.079 0

2.5 均衡因子及产量因子 该研究所涉及的均衡因子取值为 1。产量因子的取值为湖南省粮食年平均产量与全国粮食年平均产量的比值。对收集到的数据资料进行整理分析,计算得到 2011—2020 年湖南省耕地的均衡因子与产量因子(表 3)。

2.6 湖南省耕地可持续利用预测 根据湖南省统计年鉴数据可知,2011—2020 年湖南省耕地面积逐年减少,人均耕地面积从 2011 年的 0.058 0 hm^2 减少至 2020 年的 0.049 7 hm^2 ,耕地面积减少不利于耕地的可持续利用。同时将 2011—2020 年湖南省人均耕地生态足迹和人均耕地生态承载力的年变化率的平均值、最大值和最小值(表 4)作为基本变化率带入公式(7)~(9),计算得到该地区 2021—2025 年人均耕地生态足迹和人均耕地生态承载力(表 5)。

表 3 2011—2020 年湖南省耕地均衡因子及产量因子

Table 3 Balance factor and yield factor of cultivated land in Hunan Province from 2011 to 2020

年份 Year	产量因子 Yield factor	均衡因子 Balance factor
2011	0.954 6	1
2012	0.943 5	1
2013	0.905 3	1
2014	0.917 4	1
2015	0.892 0	1
2016	0.876 2	1
2017	0.888 7	1
2018	0.879 7	1
2019	0.861 1	1
2020	0.871 9	1

根据 3 个方案和公式(9),计算出湖南省 2021—2025 年

人均耕地生态盈余/赤字变化(表5)。由表5可知,在2021—2025年,方案1预测的人均耕地处于生态赤字状态,方案2与方案3预测的人均耕地处于生态盈余状态。到2025年,方案1的人均耕地生态赤字量为 0.0591 hm^2 ,方案2的人均耕地生态盈余量为 0.4938 hm^2 ,方案3的人均耕地生态盈余量为 0.1421 hm^2 。

表4 2011—2020年湖南省人均耕地生态足迹和人均耕地生态承载力的年变化率

Table 4 Annual change rate of per capita cultivated land ecological footprint and per capita cultivated land ecological carrying capacity in Hunan Province from 2011 to 2020 hm^2

类型 Type	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Mean
人均耕地生态足迹 Per capita cultivated land ecological footprint	0.012 4	-0.128 4	-0.039 0
人均耕地生态承载力 Per capita cultivated land ecological carrying capacity	0.000 9	-0.000 7	-0.007 8

3 耕地可持续利用对策

通过上述对湖南省耕地利用的理论分析以及实际工作中的了解与认识,笔者认为提升耕地资源可持续利用能力可主要抓好以下几点。

表5 2021—2025年湖南省人均耕地生态足迹和人均耕地生态承载力预测结果

Table 5 Prediction results of per capita cultivated land ecological footprint and per capita cultivated land ecological carrying capacity in Hunan Province from 2021 to 2025 hm^2

年份 Year	方案1 Scheme 1			方案2 Scheme 2			方案3 Scheme 3		
	人均耕地生态足迹 ef	人均耕地生态承载力 ec	生态盈余/赤字 ed	人均耕地生态足迹 ef	人均耕地生态承载力 ec	生态盈余/赤字 ed	人均耕地生态足迹 ef	人均耕地生态承载力 ec	生态盈余/赤字 ed
2021	1.012 4	1.000 9	0.011 5	0.871 6	0.999 3	-0.127 7	0.961 0	0.992 2	-0.031 2
2022	1.025 0	1.001 8	0.023 2	0.759 6	0.998 7	-0.239 1	0.923 5	0.984 5	-0.061 0
2023	1.037 7	1.002 7	0.035 0	0.662 0	0.998 0	-0.336 0	0.887 5	0.976 8	-0.089 3
2024	1.050 5	1.003 6	0.046 9	0.577 0	0.997 3	-0.420 3	0.852 9	0.969 2	-0.116 3
2025	1.063 6	1.004 5	0.059 1	0.502 9	0.996 7	-0.493 8	0.819 6	0.961 7	-0.142 1

注:表中方案1、2、3的计算结果源数据来自表4的最大值、最小值和平均值

Note: The source data of the calculation results of Schemes 1, 2 and 3 in the table are from the maximum, minimum and average values in Table 4

3.3 基于耕地管护来弥补耕地制度缺失问题 保护耕地资源关乎国计民生,福泽千秋万代。当上级政府颁布有关法律政策时,地方政府还需因地制宜地制定针对性更强的机制,强化管控。耕地用途审批流程严格化,务必修复任何随意更改耕地用途的缺口,违背相关规划来改变耕地用途的单位和个人须追究法律责任。实行耕地损失补偿,根据实际情况合法占用耕地的用地者需要进行合理补偿,补偿的费用直接用于开垦新的耕地。处在新时代,“创新、协调、绿色、开放、共享”的五大新发展理念要落到实处,经济发展不能过分地唯GDP论,各单位需树立正确的耕地保护观念,绩效考核中可纳入耕地保护相关内容,以起到监督约束作用。

3.4 基于增加执法来杜绝监察不到位问题 若要突出执法的权威和监管的长效,上级土地管理部门与基层组织需协调联动来连通层级巡查监管的“最后一公里”,实现地区、职位、人员三方密切配合,保证区域、时段、项目的实时监测。执法监察部门需形成简化办事流程,透明工作力度,自觉接受监

3.1 基于农业精细化管理来提高耕地利用效率问题 当下湖南省对耕地的监测及其统计数据的收集工作不够完善,耕地的主要农产品(水稻)的生长过程得不到有效监控和适宜的生长环境,例如“3S”技术在耕地管理中运用不充分,未能实时掌控农作物生产态势。发展精准农业是大势所趋,也是乡村振兴的必然走向。只有提高耕地利用效率,才可能缓解人口增加对粮食产出的需求及耕地自身承载力有限等压力。

3.2 基于绿色循环农业来改善耕地生态环境问题 大量实践表明土地利用与生态保护之间需要相辅相成而不是相互制约,这关键是认识和协调好两者之间的关系。2020年湖南省的粮食总产量为3 015.1万t,高产的同时也伴随着高污染。由重金属引起的耕地污染,滥用农药化肥,得到的结果却是高产量低质量。第一要务是推广绿色循环农业,增加人们对其的认识,要将绿色农业化于心、践于行。例如,作物种植时尽量避免施加农药化肥,可利用秸秆还田技术来增加农田肥力。同时政府要提供政策和技术支持,全方位鼓励农户开展绿色农产品种植,监督农户从育种到丰收的全过程,农户也应及时反馈作物状态,安排农业科技员来和农户合作经营,保证生产过程高效、产品高质、资源节约。

督的作风。乡镇土地管理部门在处理农村危房空房拆除、美丽乡村建设项目等特殊工作时,要将监管贯穿选址、划线、验收全过程,同时与迁建村民签订还耕合同,确保还耕土地的面积与质量。

4 结论

综合分析生态足迹理论并运用生态足迹模型研究了湖南省耕地的可持续利用状态。再根据湖南省2011—2020年人均耕地生态足迹与人均耕地生态承载力的具体变化情况,预测出该省2021—2025年相关变化情况。通过分析得出以下结论:

(1)2011—2020年湖南省耕地面积逐年减少,人均耕地面积从2011年的 0.0580 hm^2 减少至2020年的 0.0497 hm^2 。耕地面积减少不利于耕地的可持续利用。

(2)2011—2020年湖南省耕地生态足迹在逐年减少,从 $67\,256\,455.3289\text{ hm}^2$ 减少至 $36\,904\,849.3261\text{ hm}^2$;耕地生态

73.91%,观叶形和观叶质较少,各占观叶植物总数的17.39%、8.70%,叶子形异质奇的植物较为少见,往往这些稀有的特质更吸引人们的关注。因此在未来的开发中,可在丰富花色、叶形和质地、果实等观赏特性方面进行探索试验。

(3)根据各新优园林植物的观赏特性,将其观赏期按四季进行分类统计,可知观花植物多数可呈现季相变化,观花乔木种类数量春季最多(14种),观花灌木种类数量变化不大;观叶植物多数种类的观赏特性全年稳定呈现,仅有4种变色叶植物随季节变换发生变化;观果植物中有3种可花落果熟,2种因挂果时间较长而呈现花果同树的景观;观形植物全年无变化。相比北方地区春季抽枝发芽、夏季花红柳绿、秋实叶落、冬季萧条肃穆的明显变化^[10],汕头市城区整体植物景观基调以常绿为主,植物色彩单调、季相景观变化不大,只有少数种类具有春季落叶抽梢、四季花果的景观特色,虽有本地特色,但四季各自的特点仍不够突出。在未来的植物开发利用时,可结合该地气候特征,多发展体现本土鲜明的季相景观的植物种类,从而提高汕头城市景观的辨识度。

汕头城区新优园林植物对美化城市景观,提高城市植物多样性及生态功能具有重要作用^[11]。对于今后新优园林植物的开发利用,应考虑以下几点建议:一是在新优园林植物开发过程中,人们常青睐于异域植物,而忽略了本地乡土树种,实际上潮汕地区乡土植物种类繁多^[12-13],其中不乏具有优良观赏特性的品种,如油桐、苦楝、台湾相思等,因此,除了引进新种,也要积极推进乡土植物的选种、驯化、育苗和推广等工作^[11];二是新优植物在初引种到当地时,在生理生态上会有一个适应的过程^[14],为了使其更好地适应当地气候条件,并尽可能表现出其原有的形态特征,要在种植之前先充分了解植物本身的生长习性,适地适树,种植以后建立生长

档案,并对植株进行跟踪观测,对于在当地适应性良好的树种,应加大推广力度,尝试不同立地小气候环境,丰富配置形式,这样才能达成开发新优植物的初衷;三是在开发利用新优园林植物时,对于外来引种需要保持警惕,采取科学有效的管理措施^[15],防止有些品种在适应当地气候条件后,演化成为入侵物种。

参考文献

- [1] 吴秀臣,唐桂兰,芦建国.南京新优园林植物调查与应用分析[J].福建林业科技,2015,42(2):210-218.
- [2] 郭旭光.上海园林植物新品种在景观设计中的应用[D].杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [3] 陈有义.汕头市园林绿化树种的调查报告[J].广东园林,1994(2):32-35,41.
- [4] 兰思仁.福建省野生观赏植物资源调查与观花植物的观赏特性评价[J].中国园林,2010,26(12):63-67.
- [5] 唐红,黄滔,钟新科,等.长沙地区春季观花植物造景配置研究[J].安徽农业科学,2022,50(12):93-96.
- [6] 赵云鹏,陈发棣,郭维明.观赏植物花色基因工程研究进展[J].植物学通报,2003,20(1):51-58.
- [7] 刘晓曦.观叶植物在城市园林中的应用研究:以福州市为例[D].福州:福建农林大学,2013.
- [8] 臧德奎,贺燕,强薇.我国木本地被植物的多样性与园林应用[J].中国园林,2008(7):4-10.
- [9] 孟志永,郭欢欢,付夏楠,等.郑州地区常见观果类植物的观赏特性及应用分析[J].河南林业科技,2020,40(4):24-26,34.
- [10] 张玲.植物季相变化在园林空间营造中的应用研究[J].绿色科技,2021,23(3):50-51.
- [11] 柳泽鑫,吴悦宏,肖泽鑫,等.潮汕地区居住区乡土植物资源及其应用分析[J].防护林科技,2018(6):40-42,45.
- [12] 陈蔚辉.粤东植物名录[M].广州:华南理工大学出版社,2008.
- [13] 曾宪锋.粤东植物多样性编目[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008.
- [14] 刘承珊,曹洪虎.上海松江中心城区道路绿化初探[J].上海农业学报,2006,22(4):149-152.
- [15] 闫小玲.观赏植物引种与外来入侵种研究[J].园艺与种苗,2012(8):41-45.

(上接第56页)

承载力逐年减少,从3 949 789.927 2 hm²减少至3 164 043.932 0 hm²;耕地生态赤字呈现逐年减少的趋势,从63 306 665.401 7 hm²减少至33 740 805.394 1 hm²。说明湖南省耕地不可持续利用的情况有所缓解。

(3)根据3种预测方案,方案1预测的人均耕地处于生态赤字状态,方案2与方案3预测的人均耕地处于生态盈余状态。到2025年,方案1的人均耕地生态赤字量为0.059 1 hm²,方案2的人均耕地生态盈余量为0.493 8 hm²,方案3的人均耕地生态盈余量为0.142 1 hm²。如果要实现湖南省耕地的可持续利用状态,首选方案2最佳。

参考文献

- [1] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. Environment and urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [2] WACKERNAGEL M, REES W E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers,

- 1995.
- [3] 刘宇辉,彭希哲.中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估[J].生态学报,2004,24(10):2257-2262.
- [4] 徐中民,张志强,程国栋.甘肃省1998年生态足迹计算与分析[J].地理学报,2000,55(5):607-616.
- [5] 王时东.基于能值—扩展生态足迹模型的宿州市耕地可持续利用动态分析[D].南京:南京农业大学,2009:66.
- [6] 赵小敏,张军. GIS支持下的鄱阳湖生态经济区耕地资源可持续利用评价[J].土壤学报,2012,49(1):1-8.
- [7] 刘钦普,林振山,冯年华.生态足迹改进模型及在江苏省耕地利用评价中的应用[J].生态学杂志,2007,26(10):1685-1689.
- [8] 顾晓薇,王青,刘建兴,等.基于“国家公顷”计算城市生态足迹的新方法[J].东北大学学报(自然科学版),2005,26(4):397-400.
- [9] 张恒义,刘卫东,林育欣,等.基于改进生态足迹模型的浙江省域生态足迹分析[J].生态学报,2009,29(5):2738-2748.
- [10] 蔡莹.基于生态足迹的重庆市耕地可持续利用研究[J].辽宁农业科学,2014(5):23-26.
- [11] 郑重,张凤荣,朱战强.基于生产力可持续指数的耕地利用动态分析:以新疆生产建设兵团农三师45团绿洲灌区为例[J].中国生态农业学报,2010,18(1):175-179.
- [12] 熊德国,鲜学福,姜永东.生态足迹理论在区域可持续发展评价中的应用及改进[J].地理科学进展,2003,22(6):618-626.