农村城镇化生态评价指标体系研究

刘雄资[1],郜华萍[1*],李玉婷[1],周 洲[2],郭 隆[3],高 媛[1],董燕妮[1],付妍妮[1] (1.昆明理工大学环境科学与工程学院,云南昆明 650031;2.云南尘清环境监测有限公司,云南昆明 650000;3.云南信亿进出口贸易有限公司,云南昆明 650000)

摘要 采取层次分析法建立生态评价指标体系,以西南某地区近5年来城镇生态建设概况为案例,确定6个准则层和68个指标层。应用德尔菲法、两两对比法、熵值法确定各个准则层和指标层的权重,并计算该地区城镇生态化指数,3种方法对于该地区生态化水平2014—2018年总的趋势都是上升的,德尔菲法、两两对比法、熵值法的增长倍数分别为0.30、0.28、1.80倍,而且3种方法都显示出2016年是该地区5年内生态化建设水平最高的一年。所得结果与近5年来该地区的实际发展情况基本相符,验证了该研究确立的城市生态评价指标体系的科学性和合理性。该研究成果为其他地区评估城镇化发展生态化程度和生态评价指标体系提供了一定的参考。

关键词 农村城镇化;生态化程度;生态评价指标体系;层次分析法
中图分类号 X826 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2022)02-0217-05
doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.02.058
开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Ecological Evaluation Index System of Rural Urbanization

LIU Xiong-zi, GAO Hua-ping, LI Yu-ting et al (Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650031)

Abstract The analytic hierarchy process was adopted to establish an ecological evaluation index system. Taking the overview of urban ecological construction in a certain area in southwestern China in the past 5 years as a case, 6 criterion levels and 68 index levels were determined. The Delphi method, the pairwise comparison method and the entropy method was applied to determine the weight of each criterion layer and index layer, and calculate the urban ecologicalization index of the area. The three methods had increased the overall trend for the ecological level of the region from 2014 to 2018. The growth multiples of the Delphi method, the pairwise comparison method and the entropy method were respectively 0.30, 0.28, and 1.80 times, and all three methods showed that 2016 was the highest level of ecological construction in the region in 5 years. The results obtained were basically consistent with the actual development of the area in the past five years, verifying the scientificity and rationality of the urban ecological evaluation index system established by this study. The research results provide certain reference for other regions to assess the degree of ecologicalization of urbanization development and the ecological evaluation index system.

Key words Rural urbanization; Degree of ecologicalization; Ecological evaluation index system; Analytic hierarchy process

21世纪,工业化加快、经济快速增长、环境生态平衡之间的矛盾日益突出,低碳发展、环境保护和生态建设成为当前时代主题[1]。欧美发达国家于20世纪90年代相继提出“可持续发展指标体系”[2],指标体系框架的建立涵盖了政治、发展、环境生态3个方面。进入21世纪以来,我国农村城镇化发展迅猛,但是生态评价指标体系发展较慢,存在着许多严重的问题,如指标体系不完善、着重于环境和经济变化、不能全面地体现社会情况[3];经济和环境的协调性不好;指标较少,对生态评价全面性不足,关联性差。

评价指标体系是一个复杂系统,是由多个指标所组成的准则层统计指标。评价指标体系方法是系统性、全面性地评价社会、经济现象的一种行之有效的方法[4]。依据全面性与主要性相结合的原则、系统性与层次性相结合的原则、科学性与可比性相结合的原则、引导性与可操作性相结合原则、定性与定量相结合原则[5],遵循循环经济的原理又结合生态产业的产业结构[6],笔者提出了边疆城镇生态评价指标体系,并用该指标体系对西南某地区的生态城镇化发展进行了评价分析,验证了该体系的科学性[7]。

1 资料与方法

1.1 指标数据无量纲化处理 因为每项指标数据(x_{ij})中的计量单位与数量级不同,所以数据之间存在量纲上的差异。这种异量纲性是影响对事物整体评价的主要因素[8]。指标的无量纲化处理是解决这一问题的主要手段[9]。无量纲化也称作数据的标准化、规格化,是一种通过数学变换来消除原始变量量纲影响的方法[10-11]。该研究对选择的68个指标共340个样本数据进行无量纲化处理,再进行后续的计算。该研究采用阈值法进行处理数据无量纲化,以极大值作为阈值进行无量纲化处理数据[12]。使用公式 $X'_{ij}=\frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})}$ 得出该指标体系数据无量纲化处理后的数据。

1.2 生态评价指标体系指标权重计算方法 该研究针对生态评价指标体系中各个指标对其隶属标准和各个指标对总体评价目标的影响程度不一致的问题,采用德尔菲法、两两对比法、熵值法3种不同方法确定各指标的权重。同时进行每项指标加权、每一项准则层加和计算,确定生态化指数并评价和分析该地区生态建设程度[13]。

1.2.1 德尔菲法。该方法的权重以环境科学学科方向教授、环境环保行业专家及政府工作人员三方统筹协作,征求三方权重分配值,循环征求3次,并选取均值作为6个准则层和68个指标层的最终权重分配值。

1.2.2 两两对比法。具体步骤如下:

(1)在指标层次划分模型的基础上采用0~9比率标度,通过专家评议,确定系统评价指标体系各递阶同层次结构中两指标(或准则)i与j间的相对重要性程度r_{ij}形成相应的判断矩阵R[14]。

作者简介 刘雄资(1994—),男,山西吕梁人,硕士研究生,研究方向:环境工程。*通信作者,教授,博士,硕士生导师,从事水污染控制工程和环保经济学研究。
收稿日期 2021-05-07

(2)计算判断矩阵 R 的特征向量,即单层次权重向量 $W=(W_1,W_2,\cdots,W_i)$。

(3)对判断矩阵 R 进行一致性检验。判断矩阵每一行元素的乘积 $M_i=\Pi_{i=1}^{n}b_{ij}$,计算 M_i 的 n 次方根 $\overline{W_i}=\sqrt[n]{M_i}$,对向量 $w=\{\overline{W_i},\overline{W_i},\overline{W_i}\}$ 归一化,$w_i=\overline{W_i}/\Sigma_{i=1}^{n}\overline{W_i}$,$w_i$ 即为指标权重;计算判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}=\frac{1}{n}\Sigma_{i=1}^{n}\frac{AW_i}{w_i}$;判断一次性检验 $C_R=\frac{C_i}{R_i}$,其中 $C_i=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1}$,若是 $C_R<0.1$ 即为一致。

(4)一致性检验 R_i 值查询,i 代表阶数。具体 R_i 值如表 1 所示。

表 1 阶 R_i 值

Table 1 R_i value of order

阶数 Order	R_i	阶数 Order	R_i
1	0	11	1.52
2	0	12	1.54
3	0.52	13	1.56
4	0.89	14	1.58
5	1.12	15	1.59
6	1.26	16	1.594 3
7	1.36	17	1.606 4
8	1.41	18	1.613 3
9	1.46	19	1.620 7
10	1.49	20	1.629 2

(5)一致性检验计算结果如表 2 所示。由表 2 可知计算结果 C_R 小于 0.1,一致性验证成功,两两分析法指标权重建设科学合理。

1.2.3 熵值法。

(1)构建原始指标数据矩阵。该评价体系涉及 2014—2018 年 5 个年度和 68 项指标。用 m 表示年份,n 表示指标,构造原始数据矩阵 A 即 $X=[x_{ij}]_{\max}$,x_{ij} 表示第 i 个年度第 j 项指标的测量值[15]。

表 2 一致性检验结果

Table 2 Consistency test results

准则层 Criterion layer	阶数 Order	C_i	R_i	C_R
A	6	0.100 000	1.260 000	0.079 365
B_1	8	0.000 000	1.410 000	0.000 000
B_2	13	0.069 202	1.560 000	0.044 360
B_3	17	0.025 844	1.620 000	0.015 953
B_4	10	0.000 000	1.490 000	0.000 000
B_5	9	0.037 475	1.460 000	0.025 668
B_6	11	0.029 492	1.520 000	0.019 403

(2)在数据无量纲化处理的基础上,计算评价指标的贡献度 P_{ij}[16-17]。计算第 j 项指标第 i 个年份的贡献度,即第 i 个年度第 j 项指标与所属列和的比重 P_{ij},计算方法[18-19]为 $P_{ij}=\frac{X_{ij}}{\Sigma_{i=1}^{m}X_{ij}}$。

(3)计算评价指标的熵值 e_{ij}。计算熵值数,用来反映第 j 项指标的信息量大小。计算公式[20-21]为 $e_{ij}=-\frac{1}{\ln m}\Sigma_{i=1}^{m}(P_{ij}\ln P_{ij})$。

(4)计算评价指标的熵冗余度:$d_{ij}=1-e_{ij}$。

(5)确定评价指标的权重:$w_{ij}=\frac{d_{ij}}{\Sigma_{j=1}^{n}d_{ij}}$。

2 结果与分析

2.1 生态评价指标体系指标权重 由“**1.2**”中的 3 种计算方法分别计算出 3 种方案的相关指标权重,并整理得出表 3。

表 3 指标权重

Table 3 Index weight

目标层 Target level	准则层 Criterion level	指标层 Index level	权重 w_{ij} 德尔菲法 Delphi method	两两对比法 Pairwise comparison method	熵值法 Entropy method
生态评价指标体系 Ecological evaluation index system(A)	社会生态指标 B_1	人口(万人)C_1	0.010	0.011 872	0.000 064
		出生率(%)C_2	0.015	0.004 584	0.015 165
		死亡率(%)C_3	0.015	0.004 584	0.017 886
		自然增长率(%)C_4	0.020	0.004 584	0.001 004
		城镇化率(%)C_5	0.014	0.004 584	0.000 170
		土地面积(万 m^2)C_6	0.014	0.001 770	0.000 000
		人均居住面积(m^2/人)C_7	0.016	0.001 770	0.000 062
		人口密度(人/万 m^2)C_8	0.013	0.011 872	0.000 064
	经济生态指标 B_2	生产总值(万元)C_9	0.018	0.057 027	0.002 450
		第一产业增加值(万元)C_{10}	0.012	0.024 494	0.000 140
		第二产业增加值(万元)C_{11}	0.012	0.024 494	0.001 588
		第三产业增加值(万元)C_{12}	0.012	0.026 654	0.004 214
		人均生产总值(万元/人)C_{13}	0.018	0.057 027	0.001 951
		单位土地生产总值(万元/hm^2)C_{14}	0.018	0.031 562	0.002 488
		第一产业增加值占 GDP 比重(%)C_{15}	0.012	0.022 509	0.003 133

接下表

续表 1

目标层 Target level	准则层 Criterion level	指标层 Index level	权重 w_{ij} 德尔菲法 Delphi method	两两对比法 Pairwise comparison method	熵值法 Entropy method
		第二产业增加值占 GDP 比重(%)C_{16}	0.012	0.022 509	0.00 0125
		第三产业增加值占 GDP 比重(%)C_{17}	0.012	0.022 509	0.000 237
		总产值增长率(%)C_{18}	0.018	0.052 406	0.008 390
		能源消费总量(万 t 标准煤)C_{19}	0.012	0.010521	0.000368
		单位 GDP 能耗(t 标准煤/万元)C_{20}	0.012	0.010 521	0.000 992
		单位 GDP 能源消耗降低(%)C_{21}	0.012	0.010 521	0.056 712
	环境生态指标 B_3	森林蓄积量(万 m^2)C_{22}	0.014	0.002 088	0.011 481
		新增造林面积(万 m^2)C_{23}	0.015	0.009 917	0.012 358
		森林覆盖率(%)C_{24}	0.015	0.009 917	0.012 360
		人均绿地面积(m^2/人)C_{25}	0.016	0.009 917	0.136 414
		建成区绿地率(%)C_{26}	0.014	0.003 063	0.132 062
		城市空气质量优良天数比率(%)C_{27}	0.014	0.003 575	0.175 195
		城市重度及以上污染天数比例下降(%)C_{28}	0.016	0.003 575	0.079 005
		地表水质量达到或好于Ⅲ类水体比例(%)C_{29}	0.016	0.008 281	0.085 196
		地表水质量劣Ⅴ类水体比例(%)C_{30}	0.012	0.026 826	0.000 487
		重要江河湖泊水功能区水质达标率(%)C_{31}	0.013	0.026 826	0.007 621
		地下水质量极差比例(%)C_{32}	0.008	0.026 826	0.111 972
		重要江河湖泊水质优良(一、二类)比例(%)C_{33}	0.016	0.026 826	0.001 589
		国家重点保护野生动植物保护率(%)C_{34}	0.010	0.026 826	0.006 361
		受污染耕地安全利用率(%)C_{35}	0.013	0.008 281	0.000 167
		污染地块安全利用率(%)C_{36}	0.012	0.003 575	0.000 105
		居民对本地生态文明建设、生态环境改善的满意程度 C_{37}	0.018	0.003 575	0.000 000
		地区重特大突发环境事件、造成恶劣社会影响的其他环境污染责任事件、严重生态破坏责任事件的发生情况 C_{38}	0.013	0.003 575	0.000 771
	污染防控生态指标 B_4	工业废水排放达标率(%)C_{39}	0.014	0.005 531	0.000 000
		工业废气处理率(%)C_{40}	0.018	0.005 531	0.000 000
		工业固体废物综合利用率(%)C_{41}	0.017	0.013 117	0.000 000
		城镇生活污水集中处理率(%)C_{42}	0.019	0.013 117	0.060 689
		城镇生活垃圾无害化处理率(%)C_{43}	0.018	0.013 117	0.000 000
		集中式饮用水水源水质达标比例(%)C_{44}	0.018	0.013 117	0.000 000
		化学需氧量排放达标率(%)C_{45}	0.017	0.034 986	0.000 000
		氨氮排放达标率(%)C_{46}	0.015	0.034 986	0.000 416
		二氧化硫排放达标率(%)C_{47}	0.016	0.034 986	0.000 000
		氮氧化物排放达标率(%)C_{48}	0.018	0.034 986	0.000 000
	健康生态指标 B_5	大健康产业增加值增长率(%)C_{49}	0.016	0.024 174	0.000 000
		健康产业占 GDP 比重(%)C_{50}	0.016	0.042 489	0.009 463
		卫生机构数(个)C_{51}	0.014	0.004 326	0.000 114
		卫生机构床位数(张)C_{52}	0.014	0.004 326	0.000 000
		医院床位数(张)C_{53}	0.015	0.004 326	0.000 000
		卫生院床位数(张)C_{54}	0.015	0.004 326	0.000 000
		专业卫生技术人员(人)C_{55}	0.016	0.011 170	0.000 000
		执业医师及职业助理医师(人)C_{56}	0.014	0.011 170	0.000 000
		传染病发病率(1/10 万)C_{57}	0.015	0.011 170	0.000 000
	可持续发展指标 B_6	人均受教育年限(年)C_{58}	0.019	0.001 166	0.000 035
		平均预期寿命(岁)C_{59}	0.012	0.000 714	0.000 014
		就业率(%)C_{60}	0.012	0.002 210	0.000 042
		城区与周边地区的协调情况 C_{61}	0.014	0.012 276	0.004 911
		社会负担系数 C_{62}	0.018	0.005 271	0.000 000
		规划计划实施情况 C_{63}	0.012	0.012 276	0.000 663
		政策执行情况 C_{64}	0.012	0.005 271	0.001 317
		动态监控能力 C_{65}	0.014	0.005 271	0.000 082
		入境旅游人次(万人次)C_{66}	0.016	0.005 271	0.028 876
		集体经济强村比重(%)C_{67}	0.019	0.002 210	0.001 694
		乡村旅游人数(万)C_{68}	0.016	0.005 271	0.001 335

2.2 准则层生态化指数分析 3 种方法分别加权、加和计算,经过数据处理,分别得出 6 个准则层生态指数(图 1)。

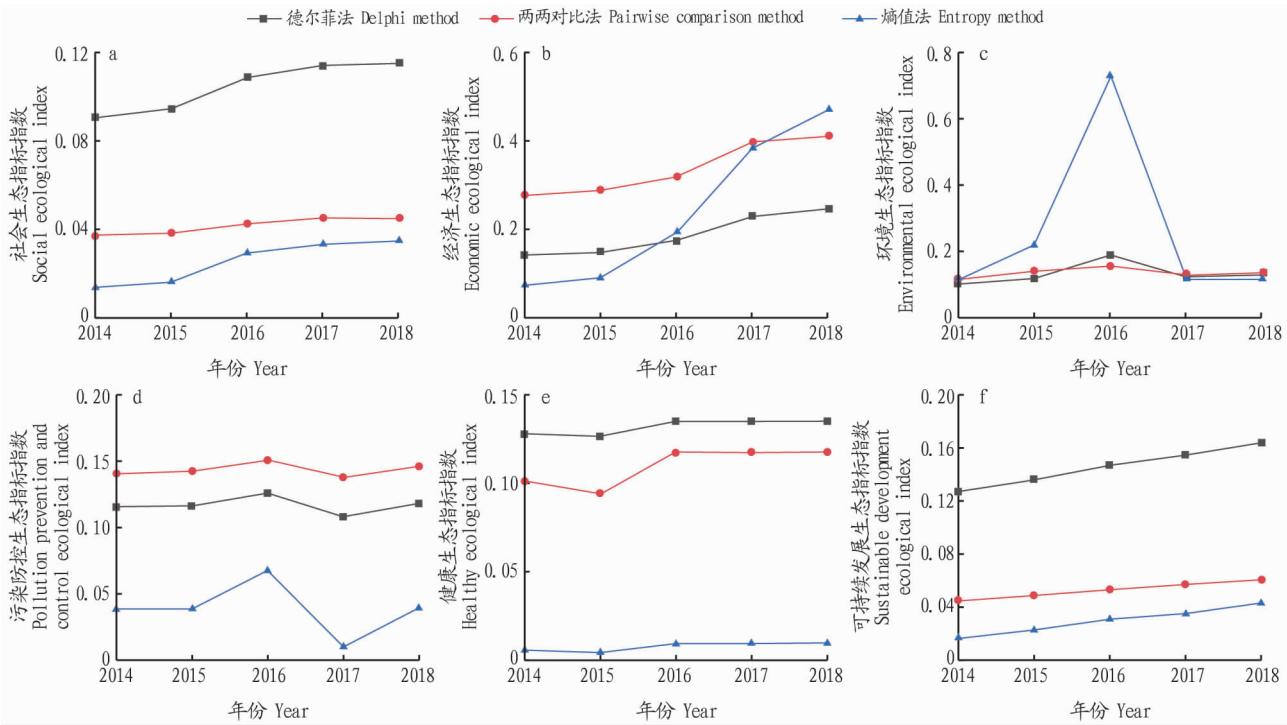

图 1 6 个准则层生态化指数

Fig.1 Ecological index of 6 criterion levels

从社会生态指标(B_1)指数分析(图 1a)可以看出,2014—2018 年该地区社会生态指标指数总的来说是上升的,说明该地区在 2014—2018 年致力于提高社会生态水平。但是 2016—2018 年社会生态指标指数增长幅度趋于平缓,表明该地区社会生态水平提升缓慢,需要在未来继续加大力度发展该地区社会生态水平。

从经济生态指标(B_2)指数分析(图 1b)可以看出,2014—2018 年该地区经济生态指标指数趋势是逐年上升,表明该地区在 2014—2018 年致力于建设经济持续健康发展,并且取得较好成绩。2015—2017 年经济生态指标指数增长幅度较大,表明在 2016 和 2017 年该地区城市经济建设力度大、成效高,经济建设水平发展迅猛。

从环境生态指标(B_3)指数分析(图 1c)可以看出,3 种方法对于 2014—2018 年该地区社会生态化水平的变化总趋势是相同的,3 种方法的环境生态指标指数在 2016 年达到最高点,表明该地区在 2016 年注重环境生态建设,且取得良好成绩。但是在 3 种方法对比中,熵值法 2016 年环境生态指标指数远远高于德尔菲法和两两对比法,主要原因是熵值法计算过程中该准则层舍弃了部分指标,导致熵值法曲线相对其他 2 种方法来说增长幅度变化较大。

从污染防控生态指标(B_4)指数分析(图 1d)可以看出,3 种方法对于 2014—2018 年该地区污染生态化水平总的来说是相对稳定的,2016 年都是最高点,2017 年都是最低点,可见 2016 年该地区污染防控生态水平建设成效较好,2017 年污染防控生态水平建设成效较差。因为熵值法计算过程中,该准则层舍弃了部分指标,导致熵值法曲线相对其他 2 种方法来说增长幅度变化较大。

从健康生态指标(B_5)指数分析(图 1e)可以看出,3 种分析方法曲线结果表明 2014—2018 年该地区社会生态化水平是保持增长的趋势,2014—2016 年增长幅度大,健康生态建设成效比较突出。2016 年之后增长幅度较小,曲线相对趋于稳定,表明该地区 2016 年后健康生态建设力度较小,成效进步不明显。

从可持续发展生态指标(B_6)指数分析(图 1f)可以看出,3 种方法曲线都是呈上升趋势,表明 2014—2018 年该地区可持续发展生态化水平在稳步提高,可持续发展建设成效明显进步。

2.3 目标层生态化指数分析 从图 2 可以看出,3 种方法对于 2014—2018 年该地区生态化水平总的趋势都是上升的,德尔菲法、两两对比法、熵值法的增长倍数分别为 0.30、0.28、1.80 倍,而且 3 种方法都显示出 2016 年是该地区 5 年内生态化建设水平最高的一年。这说明该地区城市生态化发展在循序进步,可以进行进一步的生态化升级改造。

3 结论与讨论

该研究基于层次分析法确定农村城镇化生态评价指标体系,对西南某地区生态城镇化发展进行评价,通过德尔菲法、两两对比法和熵值法对该评价指标体系进行赋权分析,并综合对比 3 种方法分析曲线,对该地区进行生态评价分析,结果证明该生态评价指标体系适用于以行政区为单元的生态文明建设评价。根据分析结果显示,该地区生态文明建设水平逐步提高,所得结果与近 5 年来该地区的实际发展情况基本相符,说明该研究的城市生态评价指标体系具有科学

性、全面性、直观性,对该地区生态城镇化发展评价结果具有精确、科学、全面的特性。

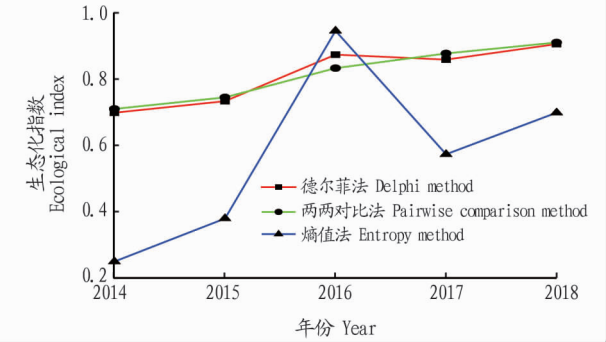

图 2　生态评价指标体系生态化指数

Fig.2　Ecological index of ecological evaluation index system

依据研究结果对该地区城镇生态建设提出以下几点对策:①注重规划。找准城市定位,加强规划设计,突出生态城市规划的重要性,系统分析该地区三大产业现状、功能定位、群众需求、生态发展、文明建设等,确定该地区生态建设主题。②强化特色。注重生态产业特色发展,建设颐养环境,将生态产业和生态文旅工作作为提升重点,把生态保护、社会发展、经济建设、健康颐养作为特点,做好城市生态文明改造工作。③提升技术。继续加大生态文明城镇化发展投入,加强技术、人员、设施的投入,并不断提升管养水平,对管养工人定期进行专业培训,制定切实可行的管养标准,通过一系列的手段,让城区生态建设水平再提升。④紧抓机遇。抓住经济全球化的发展机遇,以桥头堡建设为契机,充分发挥城市地域优势,基于区域环境承载力,建设生态城市。

参考文献

[1] 尹坚.工业园产业生态化评价指标体系及其升级路径研究:以镇江新区为例[D].镇江:江苏大学,2013.
[2] 江宗文,张军.生态城市评价指标体系研究综述[J].山西建筑,2016,42(13):245-246.
[3] 李琪琛.京津冀城市群协调发展研究[D].石家庄:河北师范大学,2012.
[4] 吴松毅.中国生态工业园区研究[D].南京:南京农业大学,2005.
[5] 韩玉堂.生态工业园中的生态产业链系统构建研究[D].青岛:中国海洋大学,2009.
[6] 孟萌.生态服务业循环经济评价指标体系的构建[J].现代经济信息,2014(14):2-3.
[7] 徐国强.奎屯市生态城市建设研究[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2007.
[8] 黄颖洪.湖南省农机专业合作社运营绩效评价研究[D].长沙:湖南师范大学,2015.
[9] 任高晖.基于 BESO 法的结构拓扑优化研究及应用[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2016.
[10] 韩宇哲.内蒙古经济增长质量研究[D].北京:中央民族大学,2013.
[11] 梅志红.满意评价方法及其应用研究[D].成都:西南交通大学,2004.
[12] 贺孟娇.基于供应链的供应商评价指标体系研究[D].天津:天津大学,2008.
[13] 吴伟,陈功玉,陈明义,等.生态工业系统的综合评价[J].科学学与科学技术管理,2002,23(1):72-74.
[14] 王旭,韩福荣.企业生态质量管理水平评价研究[J].经济与管理研究,2004,25(5):51-53,55.
[15] 陈杰.安徽省服务业集聚对城镇化质量影响研究[D].蚌埠:安徽财经大学,2016.
[16] 任静静.基于熵值法的合肥市经济发展质量评价[J].湖北农业科学,2017,56(11):2157-2161.
[17] 胡泊.江苏省节水型生态灌区评价指标体系研究与软件开发[D].扬州:扬州大学,2011.
[18] 范小杉,高吉喜.生态资产动态评估指标及计量模型[J].生态经济,2009,25(7):43-47,134.
[19] 黄连云,吴建国.成都市旅游经济发展脆弱性动态演变及其阻力因素分析[J].乐山师范学院学报,2017,32(8):71-79.
[20] 弓宪文.基于熵权法的保税物流企业经营绩效评价[J].物流技术,2013,32(21):145-147,210.
[21] 文宗川,崔鑫,王晓燕.生态网络城市建设模式及其评价指标体系[J].城市发展研究,2008,15(6):164-166.

(上接第 171 页)

率较高,有效穗较多,但结实率、千粒重和收获指数偏低,且后期水稻植株表现较明显脱肥特征,这说明黄辅天复混肥作基肥时大量氮素释放在施后 30 d 左右,后期氮素供应不足,这一方面可能是该试验中黄辅天复混肥的施氮量偏少,经计算,处理 C 的施氮量为 129.6 kg/hm^2,比处理 B 总施氮量 191.1 kg/hm^{2}少 61.5 kg/hm^2,另一方面可能与黄辅天复混肥氮肥释放集中有关,在提倡化肥减量政策下,补施穗肥是弥补后期氮素不足的有效方法,故有机-无机复混肥不提倡作为不施穗肥的基肥使用。

参考文献

[1] 周兵.不同栽培模式对沿江平原双季稻周年产量效益和资源利用的影响[J].中国稻米,2020,26(4):72-76.
[2] 吴文革,习敏,李红春,等.不同水稻专用新型肥料减肥增效对比研究[J].安徽农业科学,2019,47(2):135-137,140.
[3] 宁远武,王巧,王远玲,等.不同施肥处理对水稻产量及效益的影响[J].安徽农业科学,2019,47(17):142-145.
[4] 胡铁军,张怀杰,郑佩君,等.3 种缓控释肥在双季稻上的应用效果比较[J].上海农业科技,2019(6):96-97.
[5] 徐辰峰.不同类型缓控释肥对水稻南粳 9108 氮素利用的影响[J].安徽农业科学,2021,49(3):156-159.
[6] 徐礼和.两种缓释肥与普通复合肥在水稻上的应用效果研究[J].基层农技推广,2020,8(3):35-37.
[7] 孙志祥,李敏,韩上,等.有机肥部分替代化肥和秸秆还田对双季稻产量、养分吸收及土壤肥力的影响[J].安徽农业大学学报,2020,47(6):1012-1016.
[8] 杨旭,林清火,史东梅,等.有机无机复混肥在热带地区双季稻上化肥减施的应用效果[J].热带作物学报,2021,42(1):85-91.
[9] 叶淑珍,欧阳由男,曾凡荣,等.秸秆制备有机-无机颗粒肥的理化特性与效应分析[J].中国稻米,2020,26(2):27-31.
[10] 钟雪梅,吴远帆,彭建伟,等.控释掺混肥机插侧深施实现双季稻增产与增效[J].水土保持学报,2020,34(4):256-262.