

秦皇岛市草坪土壤肥力数值化 综合评价与对策研究

范海荣, 吴素霞, 常连生

(河北科技师范学院生命科技学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要:以秦皇岛市草坪土壤为例,对土壤的理化性质进行了室内分析,并根据各肥力因子的植物效应建立了相应的隶属度函数,计算出各评价指标的隶属度值;利用主成分分析法,确定各评价指标的权重,通过模糊数学法对土壤肥力进行了综合评价。结果表明,秦皇岛市草坪土壤综合肥力水平较低,主要限制因子为容重、有机质、碱解氮、速效钾。评价结果与草坪草生长状况相一致,表明该评价方法能准确、客观地评价草坪土壤的肥力水平,具有一定的应用价值。针对评价结果得出的土壤肥力限制因子,提出了提高土壤肥力的管理措施,对秦皇岛市草坪土壤的维护和治理提供了重要的指导和参考依据。

关键词:城市草坪;土壤肥力;主成分分析;模糊数学;综合评价

中图分类号: S158.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2013)01-0009-07

* 1

城市草坪在改善城市生态环境、提高城市自净能力、调节城市小气候、美化城市景观和丰富生物多样性方面发挥着重要作用,是衡量现代化城市环境质量和文明程度的重要标志之一^[1-5]。土壤是草坪生长的基础,具有提供营养、养分转化和循环、涵养水分的作用,其肥力状况直接关系到草坪的正常生长和生态景观效果。只有当土壤的肥力状况能完全满足草坪的生长需求时,草坪才能发挥最大功效。因此,科学、合理、准确地评价城市草坪土壤肥力状况尤为重要。本研究根据秦皇岛市草坪土壤肥力试验数据,将主成分分析和模糊数学相结合,对土壤肥力状况进行数值化综合评价,并根据评价结果提出改善土壤肥力的对策。

1 材料与方法

1.1 供试土壤 2010年3月,在秦皇岛海港区 and 北戴河区主要街道、部分公园、广场草坪进行土样采集,考虑到草坪根系分布不深,只取表层(0~30 cm)土壤进行研究,多点(5~8个)采样混合为一个土样,共采集61个混合样品。在实验室,将土样充分混合后,进行风干、分选、去杂、磨碎、过筛等处理后,供分析测试使用。

1.2 测定指标及方法 在实验室对土壤的pH值、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、容重、电导率等理化性质进行测定分析(表1)。pH值采用电位法,有机质用重铬酸钾氧化容量法,碱解氮采用碱解扩散法,速效磷采用碳酸氢钠提取钼锑抗比色法,速效钾采用乙酸铵提取火焰光度法,容重采用环刀法,土壤电导率EC值采用5.0:1.0水浸电导法^[5-6]。每个分析样品分3次重复测定(样品测定的相对标准偏差均小于5%)。

1.3 土壤肥力综合评价方法

1.3.1 评价指标的标准化处理 由于各评价因子存在着量纲上的差异,不便于分析,所以要通过建立相应的隶属度函数对评价指标进行标准化处理,以消除量纲的影响。有些土壤肥力因子不会无限地对植物发挥作用,而是存在着上限值。属于这种类型的土壤肥力指标为有机质、碱解氮、速效磷、速效钾,其指标数值越高表明土壤肥力越好,但达到一定数值后,其对植物的效用趋于恒定不变,对植物生长发育的反应呈“S”型^[7-15]。为方便计算,将其曲线型隶属度函数简化为相应的折线形式^[7-15]。相关的隶属度函数式为:

收稿日期:2012-03-26 接受日期:2012-08-10
基金项目:河北科技师范学院青年基金资助项目(2006NY035)
作者简介:范海荣(1979-),女,山东陵县人,讲师,硕士,主要从事生态环境的污染与治理研究。E-mail:hairongfan@163.com

表 1 土壤肥力指标测定值统计结果

Table 1 Measurement values of soil fertility parameters of turf

项目 Item	pH	有机质 Organic matter/ g · kg ⁻¹	碱解氮 Alkali hydrolysable N/ mg · kg ⁻¹	速效磷 Available phosphorus/ mg · kg ⁻¹	速效钾 Available potassium/ mg · kg ⁻¹	电导率 Electric conductivity/ ms · cm ⁻¹	容重 Bulk density/ g · cm ⁻³	孔隙度 Porosity/ %
最小值 Minimum	7.40	1.66	15.34	3.31	30.13	0.03	1.39	40.16
最大值 Maximum	8.46	18.83	65.67	45.84	130.55	0.58	1.59	47.66
平均值 Mean	7.84	9.13	35.44	13.81	71.45	0.19	1.49	43.74
标准差 Standard deviation	0.20	4.61	12.34	9.75	25.08	0.11	0.05	1.73
变异系数 Coefficient of variation/%	3	50	35	71	35	59	3	4

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & x \geq x_2 \\ 0.9(x-x_1)/(x_2-x_1)+0.1 & x_1 \leq x < x_2 \\ 0.1 & x < x_1 \end{cases}$$

而容重、EC 值越小,其隶属度函数值越大,因此,针对容重、EC 值建立如下隶属度函数:

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & x \leq x_1 \\ 0.9(x_2-x)/(x_2-x_1)+0.1 & x_1 < x < x_2 \\ 0.1 & x \geq x_2 \end{cases}$$

土壤 pH 值在一定范围内,植物才能够正常生长,高于或低于该范围则抑制植物生长,属于抛物线型隶属度函数。其隶属度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 0.9(x_4-x)/(x_4-x_3)+0.1 & x_3 \leq x < x_4 \\ 1.0 & x_2 < x < x_3 \\ 0.9(x-x_1)/(x_2-x_1)+0.1 & x_1 < x < x_2 \\ 0.1 & x \leq x_1 \text{ 或 } x \geq x_4 \end{cases}$$

式中, $f(x)$ 为土壤某肥力指标的隶属度值, x 为该肥力指标的实测值, x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 为该土壤肥力指

标的肥力效应临界点的取值。参考《中华人民共和国城镇建设行业标准》、某些地市《园林土质量标准》和前人的研究成果^[5,16-21],根据本研究的对象,最终确定曲线临界点的取值(表 2)。

根据隶属度函数和折线取值,可以计算出各肥力指标的隶属度值。由于土壤中不可能没有某种养分,因此,最小值没有取零^[7-15]。

1.3.2 评价指标权重的确定 土壤肥力是土壤诸多肥力因子的综合反映,各种因子间既有区别又紧密联系、相互作用,且对土壤肥力的贡献率大小不同,因此必须要确定它们的权重。本研究应用主成分分析方法在 SPSS 13.0 中计算出 7 个评价指标的相关系数矩阵(表 3)、特征值及主成分贡献率(表 4)。6 个主成分的累计贡献率接近 91%,达到累计贡献率应在 80%以上的要求。各评价指标在主成分上载荷值(表 5)乘以其对应的贡献率后取绝对值后再相

表 2 曲线临界点的取值

Table 2 Designated values of the critical points

转折点 The turning point	pH	有机质 Organic matter/ g · kg ⁻¹	碱解氮 Alkali hydrolysable N/ mg · kg ⁻¹	速效磷 Available phosphorus/ mg · kg ⁻¹	速效钾 Available potassium/ mg · kg ⁻¹	电导率 Electric conductivity/ ms · cm ⁻¹	容重 Bulk density/ g · cm ⁻³
x_1	5.5	15	60	8	75	0.35	1.14
x_2	6.5	30	180	20	200	0.75	1.30
x_3	7.5						
x_4	8.3						

表3 土壤肥力评价指标相关系数矩阵

Table 3 Matrix of correlation coefficient for soil fertility evaluation parameter

指标 Index	pH	有机质含量 Organic matter	碱解氮含量 Alkali- hydrolyzable N	速效磷含量 Available phosphorus	速效钾含量 Available potassium	电导率 Electric conductivity	容重 Bulk density
pH	1.000						
有机质含量 Organic matter	0.067	1.000					
碱解氮含量 Alkali-hydrolyzable N	-0.171	0.064	1.000				
速效磷含量 Available phosphorus	0.025	0.099	-0.131	1.000			
速效钾含量 Available potassium	-0.105	0.076	0.121	-0.042	1.000		
电导率 Electric conductivity	0.143	0.149	-0.131	0.052	-0.054	1.000	
容重 Bulk density	0.013	0.022	0.056	0.135	0.058	0.131	1.000

表4 特征值及主成分贡献率

Table 4 Eigenvalues and contribution rates of principal components

主成分 Principal components	特征值 Eigenvalues	贡献率 Contribution rates/ %	累计贡献率 Accumulative contribution rate/%
1	1.437	20.536	20.536
2	1.232	17.603	38.139
3	1.028	14.684	52.823
4	0.942	13.463	66.285
5	0.880	12.571	78.857
6	0.826	11.799	90.655
7	0.654	9.345	100.000

加,得到各评价指标对土壤肥力的贡献率^[19,22]。最后把各指标所得值除以各指标所得值相加之和即得到各肥力评价指标的权重系数。其中 pH 值的权重系数为 0.148,有机质的权重系数为 0.145,碱解氮的权重系数为 0.149,速效磷的权重系数为 0.139,速效钾的权重系数为 0.131,EC 的权重系数为 0.145,容重的权重系数为 0.142。

1.3.3 土壤肥力综合评价指标值的计算 根据模糊数学中的加乘法则,用加权求和公式求出土壤肥力的综合评价指标值 IFI。计算公式为:

$$IFI = \sum W_i \times N_i$$

式中, W_i 、 N_i 分别表示第 i 种土壤肥力评价指标的权重值和隶属度矩阵^[5,11-14,23-24]。

根据草坪草的生长状况并参考相关文献,将土壤肥力综合指标值按照一定的标准把土壤肥力划分为很肥沃、肥沃、一般、较低、贫瘠 5 个等级^[7,9-10,25](表 6)。

2 结果与分析

草坪土壤肥力综合指标最大值仅为 0.501,综合指标值平均为 0.374,这说明秦皇岛市草坪土壤综合肥力较低。其中 31.15% 的土壤肥力属于一般水平,68.85% 的土壤肥力属于较低水平(表 7)。由各肥力指标隶属度值平均大小得出主要限制因子为容重、有机质、碱解氮、速效钾。评价结果与草坪草的生长状况和草坪品质相一致,符合实际情况,表明该评价方法能准确、客观地反映草坪土壤肥力状况,具有一定的应用价值。

表5 主成分载荷值

Table 5 Load values of principal components

主成分 Principal components	pH	有机质含量 Organic matter	碱解氮含量 Alkali- hydrolyzable N	速效磷含量 Available phosphorus	速效钾含量 Available potassium	电导率 Electric conductivity	容重 Bulk density
1	0.572	0.266	-0.561	0.437	-0.333	0.609	0.231
2	-0.194	0.548	0.429	0.220	0.530	0.236	0.556
3	0.351	0.501	0.155	-0.579	0.129	0.256	-0.461
4	0.164	-0.447	0.164	-0.535	-0.066	0.336	0.534
5	0.160	-0.232	-0.476	-0.048	0.755	-0.028	0.034
6	0.659	0.018	0.249	0.107	0.018	-0.533	0.182

表 6 土壤肥力等级划分

Table 6 Grade division for the turf soil fertility

肥力等级	肥力评语	IFI
Grade of fertility	Evaluation on fertility	Integrated fertility index
一等 First grade	很肥沃 Very fertile	≥ 0.8
二等 Second grade	肥沃 Fertile	0.8~0.6
三等 Third grade	一般 General	0.6~0.4
四等 Forth grade	较低 Lower	0.4~0.2
五等 Fifth grade	贫瘠 Barren	0.2~0

由于秦皇岛市的街道、广场、公园均属于开放式,游人多,土壤受人为践踏和干扰的频率较大,所以土壤普遍存在压实现象,土壤容重偏大;并且由于美化的需要,草坪草修剪后的草坪草残体等作为垃圾被清除,使土壤营养循环中断,土壤有机质含量极低;另外秦皇岛市园林部门重种植,轻养护,草坪土壤缺少人工培肥,导致土壤速效养分碱解氮和速效钾严重缺乏,土壤养分含量低,成为秦皇岛市草坪土壤肥力和草坪品质提高的限制因子。因此要想改

表 7 各采样点的综合评价结果

Table 7 Comprehensive evaluation of turf soil fertility for each sampling point in Qinhuangdao

样品编号 Sample code	隶属度值 Membership degree value							IFI Integrated fertility index
	pH	容重 Bulk density	电导率 Electric conductivity	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkali hydrolyzable N	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	
1	0.253	0.100	1.000	0.100	0.100	0.173	0.100	0.263
2	0.748	0.100	0.805	0.100	0.100	0.411	0.100	0.341
3	0.712	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.138	0.326
4	1.000	0.100	1.000	0.100	0.100	0.457	0.100	0.413
5	0.640	0.100	1.000	0.100	0.100	0.705	0.100	0.394
6	0.307	0.100	0.653	0.174	0.100	1.000	0.100	0.347
7	0.622	0.100	1.000	0.100	0.100	0.201	0.100	0.322
8	0.784	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.100	0.332
9	0.739	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.100	0.325
10	0.748	0.100	1.000	0.100	0.100	0.457	0.283	0.400
11	0.793	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.100	0.333
12	0.631	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.138	0.314
13	0.694	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.100	0.443
14	0.190	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.138	0.374
15	0.595	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.100	0.429
16	0.793	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.100	0.375
17	0.640	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.211	0.367
18	0.586	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.211	0.317
19	0.703	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.500	0.372
20	0.730	0.100	1.000	0.100	0.100	0.705	0.100	0.408
21	0.721	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.428	0.490
22	0.802	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.283	0.359
23	1.000	0.100	0.758	0.100	0.100	1.000	0.138	0.459
24	0.712	0.100	1.000	0.100	0.100	0.705	0.100	0.405
25	0.757	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.100	0.328
26	0.730	0.100	1.000	0.100	0.100	0.705	0.100	0.408
27	0.793	0.100	0.477	0.100	0.100	0.100	0.100	0.257
28	0.550	0.100	1.000	0.133	0.100	0.100	0.100	0.302
29	0.820	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.100	0.379
30	0.793	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.428	0.501
31	0.865	0.100	1.000	0.135	0.100	1.000	0.100	0.474

续表 7

样品编号 Sample code	隶属度值 Membership degree value							IFI
	pH	容重 Bulk density	电导率 Electric conductivity	有机质 Organic matter	碱解氮 Alkali hydrolyzable N	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	Integrated fertility index
32	0.730	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.283	0.390
33	0.793	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.138	0.380
34	0.460	0.100	1.000	0.100	0.100	0.705	0.283	0.392
35	0.739	0.100	1.000	0.100	0.100	0.173	0.283	0.359
36	0.640	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.100	0.311
37	0.478	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.100	0.411
38	0.721	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.100	0.365
39	0.694	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.138	0.366
40	0.658	0.100	1.000	0.100	0.100	0.705	0.100	0.397
41	0.712	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.100	0.321
42	0.739	0.100	1.000	0.100	0.100	0.404	0.100	0.367
43	0.838	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.100	0.465
44	0.703	0.100	1.000	0.100	0.100	0.293	0.211	0.361
45	1.000	0.100	1.000	0.100	0.100	0.457	0.100	0.413
46	0.190	0.100	1.000	0.100	0.100	0.457	0.100	0.293
47	0.712	0.100	1.000	0.152	0.100	0.100	0.283	0.352
48	0.595	0.100	0.805	0.330	0.100	0.411	0.100	0.352
49	0.784	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.100	0.332
50	0.712	0.100	1.000	0.213	0.141	1.000	0.138	0.474
51	0.793	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.100	0.458
52	0.721	0.100	1.000	0.161	0.100	1.000	0.211	0.471
53	0.739	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.283	0.349
54	0.712	0.100	1.000	0.100	0.143	0.103	0.100	0.328
55	0.838	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.428	0.383
56	0.658	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.500	0.490
57	0.136	0.100	1.000	0.100	0.100	0.173	0.138	0.251
58	0.730	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.100	0.324
59	0.721	0.100	1.000	0.100	0.100	1.000	0.100	0.447
60	0.721	0.100	1.000	0.100	0.100	0.103	0.100	0.323
61	0.739	0.100	1.000	0.100	0.100	0.100	0.100	0.325
平均值 Mean	0.686	0.100	0.975	0.110	0.101	0.463	0.163	0.374

善秦皇岛市草坪的质量状况,必须要重点针对以上限制因子进行土壤的管理和改良。

土壤肥力是土壤诸多基本特性的综合反映,所以评价土壤肥力,不能只简单的评价土壤的单个肥力因子,而应综合各个肥力因子的实际贡献情况,进行土壤肥力的数值化综合评价^[26]。目前,有关土壤肥力评价的指标选择、权重系数的确定、肥力等级的划分还没有形成一套被广泛认可的标准和方法。以往的评价多为咨询征求专家意见,专家凭经验打分确定评价指标的权重,评价结果受人为因素的影响

比较大,致使评价结果不能完全真实的反映土壤肥力的实际情况。目前国内对草坪土壤肥力的研究大多采用传统的几个土壤理化性质、少数生物学性状来分析描述评价^[5,27-29],很少进行数值化综合评价。本研究用几个简单、典型的土壤物理、化学指标,将主成分分析和模糊数学相结合来反映复杂的土壤肥力,划分出土壤肥力等级并发现其限制因子,对于草坪土壤的管理具有一定的指导意义。

在进行土壤肥力综合评价时,土壤肥力评价指标应包括土壤肥力的各个方面^[11]。本研究评价指

标的选择还不尽全面,缺少土壤生物学特性和土壤环境指标。在进行评价时,为了更深入分析掌握土壤肥力状况,可进一步分析IFI值。

3 结论与对策

3.1 结论 土壤肥力是土壤诸多基本特性的综合反映,所以在评价土壤肥力时需进行土壤肥力数值化综合评价。本研究根据秦皇岛市草坪土壤肥力的试验数据,应用主成分分析与模糊数学相结合的方法对土壤肥力进行数值化综合评价,在一定程度上避免了人为因素的干扰,评价结果得出秦皇岛市草坪土壤综合指标值平均为0.374,根据划分的土壤肥力等级,表明秦皇岛市草坪土壤综合肥力较低;由各肥力指标隶属度值平均大小得出主要限制因子为容重、有机质、碱解氮、速效钾。评价结果符合草坪草的实际生长情况,表明该评价方法能准确、客观地反映土壤肥力的实际状况,具有一定的应用价值。

3.2 管理对策 由于秦皇岛市草坪土壤主要为客土,所以草坪土壤各指标隶属度大小分布无规律,土壤地带性不明显。由评价结果可以看出,所有秦皇岛市草坪土壤样品肥力限制因子几乎均为容重、有机质、碱解氮、速效钾,因此,在进行草坪土壤管理改良时,要根据草坪草的生长需要重点改善土壤限制因子。

3.2.1 降低土壤容重 城市园林土壤的容重要求一般要小于 $1.30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ^[21],而秦皇岛市草坪土壤容重过大,最小值为 $1.39 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,最大值为 $1.59 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,平均值为 $1.49 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。一般适于植物生长发育的土壤总孔隙度为50%~56%,秦皇岛市草坪土壤平均孔隙度为43.74%,土壤孔隙度小。表明秦皇岛市草坪土壤紧实,土壤结构性和通气透水能力较差,不利于植物的生长发育。因此,应采取有效措施,降低土壤容重。首先要加强管理,减少机械对草坪过度压实和人为践踏,如在草坪周围建立栅栏,设置警示标语,减少人为因素对草坪土壤的压实;其次可掺入树木屑、腐叶土等多孔性有机物或者混入少量煤渣、沙粒等,从而增加土壤孔隙度,增强通气、透水性能,促进草坪的生长发育。

3.2.2 提高土壤有机质含量 由于美化、卫生、防火的需要,城市绿地植物的枯枝落叶、修剪的枝叶和草屑都被运走,造成土壤中有机质的含量不断减少。秦皇岛市草坪土壤有机质含量低,平均为 $9.13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,因此必须重视草坪土壤中有机质的补充,

尽量避免将枯枝落叶作为垃圾焚烧或运走,可稍加粉碎作为肥料再施入土壤;还可以将城市绿地废弃物集中堆沤腐熟后,作为有机肥料使用;也可使用沼气肥或城市垃圾堆肥、污泥堆肥、泥炭、菇渣堆肥等^[30],既能提高土壤有机质的含量,同时也能起到改良土壤物理、化学和生物特性,熟化土壤,培肥地力的作用。

3.2.3 科学施肥,补充土壤养分 秦皇岛市草坪土壤氮素和钾素非常缺乏,应根据草坪草生长的需求,有针对性的适量增施氮肥和钾肥,在施化肥时,应尽可能少量多次,减少对地下水的污染。还可将有机肥、菌肥以及化肥进行科学组合施用,形成生物无机复合肥,发挥有机肥增加土壤长效养分、菌肥活化土壤缓效养分、化肥满足植物对速效养分需要的作用^[31],科学地补充土壤养分。

参考文献

- [1] 陈仕贵,黄煌,杨知建,等.应用草坪生态系统于城市生态建设的思考[J].草业科学,2007,24(6):76-80.
- [2] 张小林,彭致功.不同水分处理对草坪草生长发育的影响[J].草业科学,2009,26(4):144-149.
- [3] 许岳飞,金晶炜,孙小玲,等.基于反射光谱技术评价草坪质量模型的研究[J].草业学报,2009,18(4):256-259.
- [4] 杨志民,陈煜,韩烈保,等.不同光照强度对高羊茅形态和生理指标的影响[J].草业学报,2007,16(6):23-29.
- [5] 范海荣,常连生,王洪海,等.城市草坪土壤肥力综合评价[J].草业科学,2010,27(10):17-22.
- [6] 国家林业局.GB 7830-7892-87 森林土壤分析方法[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [7] 吕新,寇金梅,李宏伟.模糊评判方法在土壤肥力综合评价中的应用研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):56-59.
- [8] 李方敏,周治安,艾天成,等.渍害土壤肥力综合评价研究——以湖北省潜江市高场农场为例[J].资源科学,2002,24(1):25-29.
- [9] 骆伯胜,钟继洪,陈俊坚.土壤肥力数值化综合评价研究[J].土壤,2004,36(1):104-106.
- [10] 钟继洪,骆伯胜.短轮伐林地土壤肥力的数值化综合评价[J].农业系统科学与综合研究,2003,19(1):75-80.
- [11] 颜雄,张杨珠,刘晶.土壤肥力质量评价的研究进展[J].湖南农业科学,2008(5):82-85.
- [12] 颜熊.洞庭湖区主要茶叶基地土壤养分状况与肥力质量评价[D].长沙:湖南农业大学,2007:53.
- [13] 曾艳.洞庭湖区菜园土壤肥力特征及蔬菜养分吸收规

- 律研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2009:23-25.
- [14] 谢建明. 醴陵市洪源金矿区土壤质量特征及治理对策研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2009:13-14.
- [15] 段晓凤. 黑龙江省黑土区气候——土壤生产潜力计算与分析[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2009:28-39.
- [16] 中华人民共和国住房和城乡建设部. CJ/T 340—2011 绿化种植土壤[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [17] 青岛市园林工程质量监督站. DB3702/T 088—2006 园林种植土质量要求[S]. 青岛,2006.
- [18] 上海市建设委员会. DBJ08—231—98 园林栽植土壤质量标准[S]. 上海,1998.
- [19] 赵庆良,马建华. 主成分分析在城市绿地土壤肥力中的应用——以河南大学校园土壤为例[J]. 现代农业科技,2008(11):28-29,34.
- [20] 邓南荣,吴志峰,刘平,等. 城市园林绿化用地土壤肥力诊断与综合评价——以广州市长虹苗圃为例[J]. 土壤与环境,2000,9(4):287-289.
- [21] 邱仁辉,杨玉盛,陈光水,等. 森林经营措施对土壤的扰动和压实影响[J]. 山地学报,2000,18(3):231-236.
- [22] 李月芬,汤洁,李艳梅. 用主成分分析和灰色关联度分析评价草原土壤质量[J]. 世界地质,2004,23(2):169-174.
- [23] 叶立新,刘胜龙,贾景丽,等. 凤阳山不同群落土壤肥力质量评价[J]. 林业科技开发,2009,23(6):17-20.
- [24] 刘挺,何昆,万辉,等. 四川凉山烟区土壤肥力综合评价[J]. 江西农业学报,2011,23(6):101-104.
- [25] 章海波,骆永明,赵其国,等. 香港土壤研究:VI. 基于改进层次分析法的土壤肥力质量综合评价[J]. 土壤学报,2006,43(4):577-583.
- [26] 王子龙,付强,姜秋香. 土壤肥力综合评价研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究,2007,23(1):15-18.
- [27] 张琪,方海兰,杨意,等. 上海市浦东公路绿地土壤肥力质量评价[J]. 华中农业大学学报,2007,26(4):491-495.
- [28] 陈祥,包兵. 重庆市主城区小区绿地土壤质量状况研究[J]. 产业与科技论坛,2008,7(2):162-163.
- [29] 管东生,何坤志,陈玉娟. 广州绿地土壤特征及其对树木生长的影响[J]. 环境科学研究,1998,11(4):51-54.
- [30] 卢瑛,甘海华,史正军,等. 深圳城市绿地土壤肥力质量评价及管理对策[J]. 水土保持学报,2005,19(1):153-156.
- [31] 欧阳育林. 城市土壤与园林绿化[J]. 热带林业,2004,32(1):31-34.

Comprehensive digitization evaluation of turf soil fertility and management countermeasure research on turf soil in Qinhuangdao

FAN Hai-rong, WU Su-xia, CHANG Lian-sheng

(Life of Science & Technology college of Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: Analysis of soil physical and chemical properties was made on turf soil in Qinhuangdao city. The corresponding membership function was built according to the plant effect of each fertilizer factor. The membership value of each evaluation index was calculated. The weight of each fertility factor was determined by the principal component analysis. Through fuzzy mathematics assessment, soil fertility quality was comprehensively evaluated. The result showed that the turf soil synthesis level was low, the main limiting factors were the bulk density, organic matter, alkali-hydrolysable nitrogen, and available potassium. The result was consistent with the growth status of the turf grass, which could reflect the fertilizer quality of the turf soil correctly and objectively. It showed that the evaluation method had some application value. In the light of the limiting factors of soil fertilizer obtained from the evaluation, the management countermeasures to improve the soil fertility were put forward and could bring important guidance and reference for the maintenance and treatment of the turf soil in Qinhuangdao.

Key words: urban turf; soil fertility; the principal component analysis; fuzzy mathematics; comprehensive evaluated