

城市森林土壤肥力质量综合评价

单奇华^{1,2}, 俞元春², 张建锋¹, 钱洪涛³, 徐永辉³

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400;

2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 宜兴市林业指导站, 江苏 宜兴 214206)

摘要: 城市森林土壤肥力质量的综合评价研究, 对城市森林的营建、管理以及对城市生态系统的可持续运行都十分重要。选取土壤容重、质地、pH 值、有机质、速效钾和纤维素酶活性 6 个指标, 用改进的内梅罗综合指数法对南京城市森林土壤肥力质量进行了综合评价。结果表明, 城市森林土壤综合肥力系数 (Q) 变幅为 0.85 ~ 1.51, 平均为 1.19 ± 0.17; 其中, 肥力属于“中”一级 ($1.0 < Q < 1.5$) 的土壤样品占样品总数的 90.91%; 城郊天然林和林、灌、草混交林土壤肥力系数较高, 而道路绿化带和草坪覆盖较低。表明南京城市森林土壤肥力总体处于中等偏低水平, 需要加强土壤肥力质量改良; 草坪对土壤肥力质量的改良能力较弱。

关键词: 城市森林土壤; 肥力评价; 南京市

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)04—0186—05

中图分类号: S714.2

Comprehensive Estimation of Soil Fertility in Urban Forest

SHAN Qi-hua^{1,2}, YU Yuan-chun², ZHANG Jian-feng¹, QIAN Hong-tao³, XU Yong-hui³

(1. Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang, Zhejiang 311400, China;

2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing,

Jiangsu 210037, China; 3. Yixing Forestry Technological Extension Station, Yixing, Jiangsu 214206, China)

Abstract: It is important and necessary to make further studies on comprehensive fertility estimation in urban forest soil which plays an important role in the sustainable development of urban forest and ecosystem. In this paper, modified Nemoro Index (Q) was used to assess the fertility quality of urban forest soil with the 6 indicators of soil bulk density, texture, pH, organic matter, available potassium, and cellulase activities in Nanjing City. Results showed that the range of Q of urban forest soil was 0.85 ~ 1.51, the mean value was 1.19 ± 0.17, and the percentage of soil samples in the middle level of $1.0 < Q < 1.5$ was 90.91%. Soil fertility Q in suburban forest and mixed forest of tree, shrub, and grass were comparatively high, while that in road green belt and lawn was just the opposite. It is concluded that the fertility of urban forest soil in Nanjing City is in middle-low level and needs to be restored immediately, and the lawn is not the ideal material for soil fertility restoration.

Keywords: urban forest soil; fertility estimation; Nanjing City

城市森林被喻为“城市之肺”, 对解决城市环境问题具有重要作用。西方发达国家较早认识到城市森林的重要性, 并积极地进行相关研究和建设。1962 年, 美国政府最早提出“城市森林”一词。1965 年, 加拿大多伦多大学 Evik Jorgensen 教授首次完整提出“城市林业”。我国在 1989 年由林业科学研究院开始研究城市森林, 在 1994 年 10 月, 中国林学会成立城市林业

专业委员会, 将“城市林业”、“城郊型森林”、“城乡绿化”、“都市林业”等名词统一为“城市森林”^[1]。

城市土壤的研究始于 20 世纪 80 年代, 1989 年德国土壤学会成立了世界上首个城市土壤工作组。1998 年在法国 Montpellier 第 16 届国际土壤学大会上正式成立了“城市、工业、交通和矿区土壤”工作组 (soils in urban, industrial, traffic and mining areas,

收稿日期: 2008-11-25

修回日期: 2009-02-19

资助项目: 浙江省林业科研项目 (08A02); 国家林业局“948”引进项目 (2005-4-17); 江苏省社会发展项目 (BS2007064); 江苏省科技项目 (BE2008636)

作者简介: 单奇华 (1980—), 男 (汉族), 江苏省宜兴市人, 助理研究员, 博士, 主要从事森林土壤与污染环境生态修复研究。E-mail: sqhua1980@sina.com。

简称 SUITMA)^[2],第四届 SUITMA 国际会议于 2007 年 10 月在中国南京召开。城市土壤受多种方式人为活动的强烈影响,广泛分布在公园、道路、体育场、城市河道、城郊、垃圾填埋场、废弃工厂、矿山周围,或者简单地成为建筑、街道、铁路等城市和工业设施的“基础”而处于埋藏状态^[3]。

城市森林土壤是城市森林和城市土壤研究的交叉领域。在功能上,城市森林土壤作为城市森林的载体和水肥供应者;在分布范围上,城市森林土壤属于城市土壤的一部分。城市森林土壤是指具有生命力,且有生态功能,是城市土壤中能跟外界发生物质和能量交换的那部分土壤,可以说城市森林土壤是城市生态系统可持续运行的动力之源。城市森林土壤不同于一般的农业和森林土壤,由于受人造的强烈干扰,使得土壤的特性发生巨大改变,如土壤紧实,碎石、玻璃和木屑等外源侵入物含量高,偏碱性,有机质含量低和生物活性低等。厦门市就发生过因土壤质量问题导致大规模城市绿化树木死亡的事件。因此,用传统的土壤学观念来指导城市森林土壤的生产和经营活动并不合适。在此情况下,加强城市森林土壤的肥力特性分析,对土壤肥力作综合评价等一些基础工作就显得十分重要和必要,这对城市森林的营建、管理以及城市生态系统功能的有效发挥具有促进作用。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集

采集南京市不同功能区(城市公园、道路绿化带、大学校园、城郊天然林)森林土壤(表层 0—20 cm),同一功能区按不同的植被类型(乔、灌、草混交林、单一草坪和裸地)设置采样点。在样地,以蛇形布点法,按一定间隔(3~10 m),用铁锹挖剖面的方式(剖面参数 50 cm × 50 cm × 20 cm),重复采集 3 个土壤样品并混合成 1 个土壤样品(取约 1 kg),共采集 44 个土壤样品带回实验室。土壤样品室内摊在白纸上自然风干并挑除植物细根,用木棒磨碎,分别制备过 2、1 和 0.25 mm 尼龙筛的土壤样品备用。土壤样品采集时间 2006 年 4 月 2 日至 2006 年 4 月 4 日。

1.2 指标选择与测定方法

指标筛选方法参见文献[4]。指标测定方法^[5-7]主要包括:容重(g/cm^3)测定采用环刀法;质地采用过 1 mm 筛土样,比重计法;土壤 pH 测定用 25 ml 去离子水浸提过 2 mm 筛的风干土壤样品(10 g),pH 计法;有机质(g/kg)采用重铬酸钾外加热法;速效钾(mg/kg)用 1 mol/L 乙酸铵浸提—火焰光度法;纤维素酶(mg/g)采用蒽酮比色法。各个指标测定值如表 1 所示。

表 1 土壤肥力指标的测定值

编号	植被	采样点	土壤类型	容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	质地 (美国制)	pH 值	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	纤维素酶活性/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1		大桥公园	客土	1.32	粉壤土	7.59	25.98	92.67	3.06
2		古林公园	原状土	1.51	粉质黏壤土	7.48	9.53	112.55	1.05
3		南京国防园	原状土	1.50	粉壤土	5.15	12.59	128.44	1.05
4		九华山公园	原状土	1.29	粉质黏壤土	4.85	30.00	220.09	0.89
5		北极阁公园	客土	1.42	粉壤土	7.88	10.41	176.01	5.91
6	林、 灌、 草 混 交 林	玄武湖公园	客土	1.41	粉壤土	7.67	18.07	167.58	0.00
7		玄武湖公园	客土	1.46	粉壤土	7.63	9.67	92.64	1.39
8		情侣园	客土	1.36	粉壤土	7.90	14.12	212.20	0.00
9		幕府山联珠村	原状土	1.44	粉质黏壤土	6.87	10.39	80.73	1.89
10		南京化工厂	原状土	1.52	粉土	7.79	3.82	84.88	1.05
11		二桥公园	客土	1.51	粉土	7.67	9.18	108.88	2.57
12		乌龙山	原状土	1.18	粉壤土	7.19	15.25	80.83	6.08
13		乌龙山公园	客土	1.40	粉壤土	5.76	5.74	73.15	0.22
14		栖霞山	原状土	1.48	粉壤土	7.12	20.05	160.33	0.55
15		灵山	原状土	1.15	壤质砂土	6.74	41.02	37.13	0.00

续表 1

编号	植被	采样点	土壤类型	容重/ (g · cm ⁻³)	质地 (美国制)	pH 值	有机质/ (g · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	纤维素酶活性/ (mg · kg ⁻¹)
16		灵谷寺	原状土	1.44	壤土	5.38	18.29	96.61	4.40
17		四方城	客土	1.30	粉壤土	7.62	25.05	152.68	0.00
18		紫金山板仓街附近	原状土	1.48	粉壤土	7.52	9.15	88.77	3.90
19		紫金山王家湾附近	原状土	1.49	粉壤土	6.74	16.63	88.71	0.00
20		城郊伊刘苗圃	原状土	1.43	壤土	5.97	11.44	72.95	0.00
21		农场山	原状土	1.27	粉壤土	5.65	16.11	121.16	3.59
22		柳塘立交桥	客土	1.36	粉壤土	7.67	8.00	104.46	0.00
23		立杨坊立交桥附近	原状土	1.56	粉壤土	7.25	9.39	69.20	1.06
24		紫金山帝豪花园别墅	原状土	1.40	壤土	6.10	14.89	84.91	2.56
25		紫金山黄马水库	原状土	1.30	壤土	6.51	17.12	49.03	4.73
26		马群立交桥	客土	1.39	粉壤土	7.87	11.43	130.23	0.00
27		南京体育学院	客土	1.48	粉壤土	7.76	29.80	164.33	0.00
28		南京理工大学	客土	1.40	粉质黏壤土	7.22	17.69	120.52	2.73
29		月牙湖公园	客土	1.37	粉壤土	7.76	21.81	156.66	0.72
30		南京理工大学	客土	1.23	粉壤土	7.84	5.72	100.70	1.05
31		仙鹤们	客土	1.51	粉壤土	7.98	5.22	108.90	4.92
32		莫愁湖公园	客土	1.43	壤土	7.95	13.33	108.41	2.89
33		情侣园	客土	1.48	粉壤土	8.00	20.83	203.93	1.73
34		二桥公园	客土	1.41	粉壤土	7.68	5.73	83.03	1.73
35		乌龙山公园	客土	1.62	粉土	7.54	7.63	72.95	0.38
36		栖霞寺	客土	1.40	壤土	7.98	31.20	92.72	5.24
37	草坪覆盖	南京理工大学	客土	1.23	粉壤土	7.84	5.72	100.70	1.05
38		仙鹤们	客土	1.51	粉壤土	7.98	5.22	108.90	4.92
39		紫金山音乐台	客土	1.43	粉壤土	7.80	11.44	57.08	1.89
40		柳塘立交桥	客土	1.63	粉壤土	7.65	3.13	104.82	0.72
41		紫金山黄马水库	客土	1.61	粉土	7.84	7.28	136.30	1.22
42		马群立交桥	客土	1.33	粉壤土	7.93	5.73	116.73	0.00
43		南京体育学院	客土	1.56	粉土	7.31	4.18	208.66	0.00
44		南京农业大学	客土	1.59	粉壤土	7.82	8.33	124.62	2.56

1.3 指标等级标准

土壤肥力指标分级标准参考第二次土壤普查结果(表 2)^[8-10]。

表 2 土壤肥力指标分级标准

土壤属性	X _a	X _c	X _p
容重/(g · cm ⁻³)	1.45	1.35	1.25
pH(< 7.0)	4.5	5.5	6.5
pH(> 7.0)	9.0	8.0	7.0
有机质/(g · kg ⁻¹)	10	20	30
速效钾/(mg · kg ⁻¹)	50	100	200
纤维素酶活性/(mg · g ⁻¹)	10	50	100

1.4 指标标准化

首先对所选指标参数进行标准化以消除各参数之间的量纲差别。标准化处理的方法为:

当指标的测定值属于“极差”级时,既 $C_i < X_a$:

$$P_i = C_i / X_a, (P_i < 1) \tag{1}$$

当指标的测定值属于“差”级时,即 $X_a < C_i < X_c$:

$$P_i = 1 + (C_i - X_a) / (X_c - X_a), (1 < P_i < 2) \tag{2}$$

当指标的测定值属于“中等”级时,即 $X_c < C_i < X_p$:

$$P_i = 2 + (C_i - X_c) / (X_p - X_c), (2 < P_i < 3) \tag{3}$$

当指标的测定值属于“良好”级时,即 $C_i > X_p$:

$$P_i = 3 \tag{4}$$

式中: P_i ——为分肥力系数; C_i ——指标的测定值;
 X ——指标分级标准(表1), 其中 X_a , X_c 和 X_p ——
 分别为“差”级、“中等”级和“良好”级分级标准。

质地的分级标准和标准化结果为:壤土类[砂质壤土、壤土、粉(砂)质壤土]: $P_i = 3$;黏壤土类[砂质黏壤土、黏壤土、粉(砂)质黏壤土]、粉土: $P_i = 2$;砂土类(砂土、壤质砂土)、粘土类(砂质黏土、壤质黏土、粉砂质黏土、黏土、重黏土): $P_i = 1$ ^[11-12]。

土壤容重在 $1.14 \sim 1.26 \text{ g/cm}^3$ 之间比较有利于幼苗的出土和根系的正常生长^[13], 其标准化后的指数数值应该较大, 而大于或小于这个范围的土壤容重不利于植被生长, 其标准化后的指数数值应该较小, 因此, 对容重的标准化做特殊处理。本试验采用的方法为:

$$\begin{aligned} \text{当容重}(C_i) & 1.45 \text{ g/cm}^3: \\ P_i & = 1.45 / C_i \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{当 } 1.35 \text{ g/cm}^3 < C_i < 1.45 \text{ g/cm}^3: \\ P_i & = 1 + (C_i - 1.45) / (1.35 - 1.45) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{当 } 1.25 \text{ g/cm}^3 < C_i < 1.35 \text{ g/cm}^3: \\ P_i & = 2 + (C_i - 1.35) / (1.25 - 1.35) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{当 } 1.14 \text{ g/cm}^3 < C_i < 1.25 \text{ g/cm}^3: \\ P_i & = 3 \end{aligned} \quad (8)$$

pH < 7.0 , 适用公式(1), (2), (3)和(4)进行标准化; pH > 7.0 , 适用公式(5), (6)和(7)进行标准化; 按分级标准(表2), 标准pH值9.0, 8.0和7.0分别对应标准容重(g/cm^3)值1.45, 1.35和1.25。

1.5 评价模型

用改进的内梅罗综合指数法对城市森林土壤肥力质量作综合评价^[11-12, 14]。修正的内梅罗公式计算公式:

$$Q = \sqrt{\frac{P_{\text{平均}}^2 + (P_{\text{最小}})^2}{2}} \cdot \left(\frac{n-1}{n}\right) \quad (9)$$

式中: Q ——土壤综合肥力系数; $P_{\text{平均}}$ ——各分肥力系数的平均值; $P_{\text{最小}}$ ——各分肥力系数中最小值; n ——参评指标数。采用 $P_{\text{最小}}$ 代替原内梅罗公式中的 $P_{\text{最大}}$ 是为了突出土壤肥力的限制性因子。根据 Q 值定量评价土壤肥力。如, $Q > 2.0$ 为优, $2.0 \sim 1.5$ 为良, $1.5 \sim 1.0$ 为中, < 1.0 为差。式中用 $P_{\text{最小}}$ 代替了原内梅罗综合指数法中 $P_{\text{最大}}$, 突出了土壤中最差属性对土壤肥力的影响, 能够反映植物生长的最小因子律; 另外增加修正项 $(n-1)/n$ 提高了评价的可信度, 即参与评价的土壤属性越多, $(n-1)/n$ 值越大, 可信度越高, 同时使评价参数不相等时的评价结果可比性增加。

2 结果与讨论

根据土壤肥力综合评价结果(表3), 城市森林土壤综合肥力系数变幅为 $0.85 \sim 1.51$, 平均为 1.19 ± 0.17 , 变异系数(C_v %)为 13.92% , 不同土壤样品间差异较小。其中, 土壤肥力属于“差”($Q < 1.0$)一级的有3个样品, 占土壤样品总数的 6.82% ; 属于“中”($1.0 < Q < 1.5$)一级的有40个样品, 占土壤样品总数的 90.91% ; 属于“良”($1.5 < Q < 2.0$)一级的只有1个样品, 占土壤样品总数的 2.27% 。可见城市森林土壤肥力总体处于中等偏低水平。统计显示属于“差”一级的样品均采自草坪覆盖下土壤, 属于“良”一级的样品采自天然林下的自然土壤。表明草坪对土壤肥力质量的改良能力较弱。

从不同功能区看, 土壤肥力系数由高到底依次为城郊天然林($\bar{Q} = 1.22 \pm 0.18$)、公园($\bar{Q} = 1.19 \pm 0.18$)、大学校园($\bar{Q} = 1.183 \pm 0.14$)、裸地($\bar{Q} = 1.175 \pm 0.09$)和道路绿化带($\bar{Q} = 1.07 \pm 0.14$)。不同功能区土壤肥力处于中等偏下水平, 需要加强城市森林土壤肥力质量改良措施。城市高频率的挖掘和堆填以及外源污染物质的入侵是造成城市森林土壤肥力质量普遍较低的主要原因。另外, 缺乏管理和维护(如裸地和道路绿化带)是造成土壤肥力质量下降的另一重要原因。城郊天然林的土壤肥力系数高于其它功能区, 表明城郊天然林对土壤肥力质量的保持与改良优于人为干预。人为不良干预越大, 城市森林土壤肥力质量越差。城郊天然林土壤肥力处于中等水平, 表明城郊天然林土壤肥力质量已经退化, 不能完全满足林份生长的需要。城郊天然林土壤肥力退化的机理及影响因素还有待进一步研究。从植被和土壤类型看, 土壤肥力系数由高到底依次为林、灌、草混交林客土($\bar{Q} = 1.24 \pm 0.18$)、林、灌、草混交林原土($\bar{Q} = 1.19 \pm 0.15$)和草坪客土($\bar{Q} = 1.11 \pm 0.15$), 不同植被下土壤和不同类型土壤肥力处于中等偏下水平, 草坪覆盖下土壤肥力较低。草坪根系浅, 生命力强, 城市园林规划设计者或建设者通常在土层较浅, 土壤侵入物较多, 结构和质地较差的地方种植草坪, 这可能是导致草坪土壤肥力较低的一个主要原因。另外, 草坪通常受到城市居民或游客的践踏, 土壤物理属性一般较差, 不利于土壤与外界的气、水、热和养分的交换, 使土壤的自我改良能力严重下降。用改进的内梅罗综合指数法对城市森林土壤肥力质量作综合评价, 客观地反映出了城市森林土壤的肥力质量特征和分布趋势。但不足的是内梅罗法得出的的是一个综合指数, 所以不可避免的减小了土壤样品间肥力特性的差异。

表 3 土壤肥力指数

编号	植被	采样点	土壤 类型	P_i						Q
				容重	质地	pH 值	有机质	速效钾	纤维素酶活性	
1		大桥公园	客土	2.28	3	2.41	2.60	1.85	0.31	1.45
2		古林公园	原状土	0.96	2	2.52	0.95	2.13	0.11	1.00
3		南京国防园	原状土	0.97	3	1.65	1.26	2.28	0.11	1.07
4		九华山公园	原状土	2.60	2	1.35	3.00	3.00	0.09	1.39
5		北极阁公园	客土	1.35	3	2.12	1.04	2.76	0.59	1.32
6		玄武湖公园	客土	1.39	3	2.33	1.81	2.68	0.00	1.29
7		玄武湖公园	客土	0.99	3	2.37	0.97	1.85	0.14	1.08
8		情侣园	客土	1.92	3	2.10	1.41	3.00	0.00	1.32
9		幕府山联珠村	原状土	1.08	2	3.00	1.04	1.61	0.19	1.04
10		南京化工厂	原状土	0.96	2	2.21	0.38	1.70	0.11	0.85
11		二桥公园	客土	0.96	2	2.33	0.92	2.09	0.26	1.00
12		乌龙山	原状土	3.00	3	2.81	1.52	1.62	0.61	1.51
13		乌龙山公园	客土	1.47	3	2.26	0.57	1.46	0.02	1.01
14	林、 灌、 草 混 交 林	栖霞山	原状土	0.98	3	2.88	2.01	2.60	0.06	1.33
15		灵山	原状土	3.00	1	3.00	3.00	0.74	0.00	1.24
16		灵谷寺	原状土	1.08	3	1.88	1.83	1.93	0.44	1.21
17		四方城	客土	2.53	3	2.38	2.50	2.53	0.00	1.49
18		紫金山板仓街附近	原状土	0.98	3	2.48	0.92	1.78	0.39	1.13
19		紫金山王家湾附近	原状土	0.97	3	3.00	1.66	1.77	0.00	1.20
20		城郊伊刘苗圃	原状土	1.22	3	2.47	1.14	1.46	0.00	1.07
21		农场山	原状土	2.82	3	2.15	1.61	2.21	0.36	1.42
22		柳塘立交桥	客土	1.92	3	2.33	0.80	2.04	0.00	1.16
23		立杨坊立交桥附近	原状土	0.93	3	2.75	0.94	1.38	0.11	1.05
24	紫金山帝豪花园别墅	原状土	1.48	3	2.60	1.49	1.70	0.26	1.23	
25	紫金山黄马水库	原状土	2.45	3	3.00	1.71	0.98	0.47	1.38	
26	马群立交桥	客土	1.61	3	2.13	1.14	2.30	0.00	1.17	
27	南京体育学院	客土	0.98	3	2.24	2.98	2.64	0.00	1.36	
28	南京理工大学	客土	1.51	2	2.78	1.77	2.21	0.27	1.23	
29	月牙湖公园	客土	1.84	3	2.24	2.18	2.57	0.07	1.37	
30	南京理工大学	客土	3.00	3	2.16	0.57	2.01	0.11	1.25	
31	仙鹤们	客土	0.96	3	2.02	0.52	2.09	0.49	1.10	
32	莫愁湖公园	客土	1.23	3	2.05	1.33	2.08	0.29	1.17	
33	情侣园	客土	0.98	3	2.00	2.08	3.00	0.17	1.30	
34	二桥公园	客土	1.41	3	2.32	0.57	1.66	0.17	1.06	
35	乌龙山公园	客土	0.90	2	2.46	0.76	1.46	0.04	0.88	
36	栖霞寺	客土	1.48	3	2.02	3.00	1.85	0.52	1.42	
37	草 坪 覆 盖	南京理工大学	客土	3.00	3	2.16	0.57	2.01	0.11	1.25
38		仙鹤们	客土	0.96	3	2.02	0.52	2.09	0.49	1.10
39		紫金山音乐台	客土	1.20	3	2.20	1.14	1.14	0.19	1.03
40		柳塘立交桥	客土	0.89	3	2.35	0.31	2.05	0.07	1.00
41		紫金山黄马水库	客土	0.90	2	2.16	0.73	2.36	0.12	0.96
42		马群立交桥	客土	2.24	3	2.07	0.57	2.17	0.00	1.16
43		南京体育学院	客土	0.93	2	2.69	0.42	3.00	0.00	1.04
44		南京农业大学	客土	0.91	3	2.18	0.83	2.25	0.26	1.10

(下转第 223 页)

3 结论

在生长期,0—100 cm 土壤不同层次含水量、1 m 土壤贮水量、降水利用率、水分利用效率均为秋季全覆膜 > 顶凌全覆膜 > 播前全覆膜;三者之间差异达到显著或极显著;表明秋季全覆膜和顶凌全覆膜提高了土壤含水量、1 m 土壤贮水量、降水利用率、水分利用效率及玉米产量。秋季全覆膜和顶凌全覆膜解决了旱地农田降水如何最大限度保蓄、集流和富集叠加利用的问题,是海拔 2 300 m 以下,年降雨 350 ~ 500 mm 的干旱、半干旱旱作农业区玉米降水高效利用技术模式,以秋末土壤封冻前(一般 10 月中下旬至 11 月初)及早春土壤昼消夜冻时(一般 3 月上中旬)覆膜为宜。

(上接第 190 页)

3 结论

城市森林土壤综合肥力系数变幅为 0.85 ~ 1.51,平均为 1.19 ± 0.17,其中,肥力属于“中”一级的土壤样品占土壤样品总数的 90.91%,城市森林土壤肥力总体处于中等偏低水平。不同功能区间,土壤肥力系数由高到底依次为城郊天然林、公园、大学校园、裸地和道路绿化带,不同功能区土壤肥沃程度均一般,需要加强城市森林土壤肥力质量改良。不同植被和土壤类型间,土壤肥力系数由高到底依次为林、灌、草混交林客土、林、灌、草混交林原土和草坪客土,草坪覆盖下土壤肥力质量最低,草坪对土壤肥力质量的改良能力较弱。

[参 考 文 献]

- [1] 张鼎华. 城市林业[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2001:16-41.
- [2] 张甘霖. 城市土壤研究的深化和发展[J]. 土壤, 2001(2):111-112.
- [3] 张甘霖,朱永官,傅伯杰. 城市土壤质量演变及其生态环境效应[J]. 生态学报, 2003, 23(3):539-546.

[参 考 文 献]

- [1] 赵凡. 旱地玉米全膜双垄面集雨沟播栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2004(11):22-23.
- [2] 张雷. 旱地双垄面集水全膜不同时期覆盖对玉米生长的影响[J]. 作物杂志, 2007(3):67-68.
- [3] 杨祁峰,孙多鑫,熊春蓉,等. 玉米全膜双垄沟播技术[J]. 中国农技推广, 2007, 23(8):20-21.
- [4] 孔学林. 通渭县干旱半干旱区玉米与高粱地膜全覆盖抗旱栽培技术[J]. 甘肃农业, 2005(9):156.
- [5] 丁世成,刘世海,张雷. 旱地马铃薯双垄面集雨全膜覆盖栽培技术要[J]. 中国马铃薯, 2006, 20(3):178-179.
- [6] 张成荣,朱建彪,张雷. 旱地玉米双垄全膜覆盖集雨沟播补灌试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2006(6):27-28.
- [7] 张光全,金胜利,张立忠. 双垄面全膜覆盖玉米品比试验结果初报[J]. 甘肃农业科技, 2006(8):23-24.

- [4] 单奇华. 城市林业土壤质量指标特性分析及质量评价[D]. 南京:南京林业大学, 2008.
- [5] 中华人民共和国林业部科技司. 林业标准汇编[S]. 北京:中国林业出版社, 1991.
- [6] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社, 1987:267-281.
- [7] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1988:243-280.
- [8] 傅慧兰,战景仁,周曰哲,等. 大豆连作对土壤纤维素酶活性的影响[J]. 大豆科学, 1999, 18(1):81-84.
- [9] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(4):523-525.
- [10] 张崇邦,张忠恒. 东北黑钙土土壤有机质与酶活性动态关系的研究[J]. 土壤肥料, 2000(5):28-30.
- [11] 阚文杰,吴启堂. 一个定量综合评价土壤肥力的方法初探[J]. 土壤通报, 1994, 25(6):245-247.
- [12] 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[J]. 土壤与环境, 2000, 9(4):287-289.
- [13] 沈其荣,谭金芳,钱晓晴. 土壤肥科学通论[M]. 北京:高等教育出版社, 2001:59-63.
- [14] 秦明周,赵杰. 城乡结合部土壤质量变化特点与可持续性利用对策[J]. 地理学报, 2000, 55(5):545-553.