

文章编号: 1000-5692(2007)02-0179-07

苗圃土壤肥力评价及肥力系数 与苗木生长的相关性

曾曙才¹, 俞元春²

(1. 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 以广东河源中心苗圃(共有 5 个不同地块, 分别记为地块 A, B, C, D, E)为研究对象, 选用土壤质地、容重、pH、有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾等 8 项属性作为评价指标, 运用修正的内梅罗(Nemoro)公式, 对土壤肥力进行定量综合评价, 并对肥力系数与苗木生长指标的相关性进行分析。结果表明, 苗圃土壤肥力系数 $P_{平均}$ 为 1.06~2.48, $P_{最小}$ 为 0.03~0.97, 综合肥力系数 p 为 0.66~1.65, 不同地块、同一地块不同土层同一系数差异很大。该苗圃仅有地块 A, B 和 D 的表层(0~20 cm)土壤和地块 A 的表下层(20~40 cm)土壤肥力达到一般水平, 上述地块的其他土层和地块 C 和 E 的所有土层均属贫瘠。土壤氮素缺乏是导致 p 值低的主要原因。阔叶树苗高与 $P_{平均}$ 和 p 呈显著正相关关系; 阔叶树单株苗木生物量与 $P_{平均}$, $P_{最小}$ 和 p 均呈显著正相关关系, 表明 $P_{平均}$ 和 p 能较好反映苗圃土壤肥力水平, 而单株苗木生物量是体现苗圃土壤肥力水平的适宜生物指标。表 7 参 11

关键词: 土壤学; 苗圃; 土壤肥力评价; 内梅罗公式; 定量分析

中图分类号: S714.8 **文献标志码:** A

苗圃土壤肥力对苗木生长有重要影响, 在很大程度上决定苗圃经营成败。科学评价苗圃土壤肥力水平, 是苗圃选址、施肥和土壤改良的重要依据。以往有关土壤肥力的研究多侧重于土壤养分储量和有效性, 肥力评价主要考虑养分质量分数, 很少涉及土壤物理性质^[1-3]。作者以广东河源中心苗圃为研究对象, 选用土壤物理、化学和养分质量分数等方面的多项指标对土壤肥力进行综合评价。河源中心苗圃位于广东省河源市郊, 面积约 135 hm², 是世界银行贷款建设项目。2003 年所培育的苗木种类有毛竹 *Phyllostachys pubescens*, 火力楠 *Micheimia macclurei*, 木荷 *Schima superba*, 杉木 *Cunninghamia lanceolata* 等。火力楠面积约 40 hm², 分布在 2 个不同地块。其他苗木皆连片培育, 每种苗木面积为 17~20 hm²。上述几种苗木苗龄相同(调查时 1 年生), 各项管理措施相同。为了全面了解苗圃土壤肥力状况, 为今后的经营管理和土壤改良利用提供参考依据, 对中心苗圃进行了苗木生长和土壤调查, 采集了土壤分析样品, 测定土壤质地、渗透性、容重和水分和养分等指标。选取质地、容重和有机质等 8 项土壤指标, 运用修正的内梅罗(Nemoro)综合指数法, 对河源中心苗圃土壤肥力进行定量综合评价, 并对各肥力系数与苗木生长相关性进行分析。

收稿日期: 2006-09-21; 修回日期: 2006-11-29

基金项目: 国家林业局引进国际先进农业科学技术计划(948 计划)项目(2005-04-17); 广东省高校自然科学基金项目(Z03009)

作者简介: 曾曙才, 副教授, 博士研究生, 从事土壤肥力和环境保护研究。E-mail: sczeng@scau.edu.cn

1 调查研究方法

1.1 野外调查

在河源中心苗圃培育火力楠(有2处,分别记为地块A和地块B,地块A苗木长势明显优于地块B),木荷(记为地块C),杉木(记为地块D)和毛竹苗(记为地块E)的地块,进行土壤、苗木生长和病虫害调查。调查项目包括苗木病虫害发生情况,苗木地径、苗高和枯死情况,土壤性状和利用情形。苗高用钢卷尺测量,地径用游标卡尺测量。随机测定每个地块同种苗木50株,其中抽取20株,小心连根拔起,带回室内测定生物量。

在每个地块内选择3处代表性地段,分别挖掘土壤剖面,按0~20,20~40和40~60 cm由下往上分层采集土壤分析样品;每层采集环刀样品和小铝盒样品各3个,用于测定土壤自然含水量、渗透性、容重及孔隙状况等^[4]。

1.2 样品分析

环刀样品和小铝盒样品带回实验室后随即进行含水量、容重、孔隙性和渗透性的测定。土壤分析样品带回室内,在通风环境中摊开在洁净木盘上风干,然后研磨,分别过3.00,2.00和0.25 mm网筛,储于密封广口瓶中供分析用。土壤自然含水量测定用乙醇燃烧法;容重、孔隙性、毛管持水量和渗透性用环刀法;土壤质地用简易比重计法,分别用卡庆斯基制和美国制进行质地分类;pH分别用蒸馏水和 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 中性氯化钾溶液浸提,电位法;有机质用重铬酸钾-浓硫酸氧化-远红外加热法;全氮和碱解氮用扩散吸收法;速效磷用 $0.03\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NH}_4\text{F}-0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{HCL}$ 浸提-钼蓝比色法;速效钾用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 乙酸铵浸提-火焰光度法^[4]。

苗木带回室内后用自来水冲洗干净,在 $75\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下杀青30 min,接着在 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下烘干至恒量,在万分之一电子天平上称量单株苗木质量。

1.3 数据处理

实验数据用Excel电子表格进行计算和整理。方差分析、回归分析和相关分析用STATISTICA Version 5.5软件完成^[5]。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性状与养分

2.1.1 土壤水分特征 土壤渗透性影响苗圃雨后排水,渗透性差的土壤易积水,从而阻碍苗木根系呼吸,常导致死苗。河源中心苗圃不同地块土壤水分渗透速率存在很大差异(表1)。各地块表层土壤渗透速率大小顺序为:地块A(长势好的火力楠)>地块D(杉木苗)>地块E(毛竹苗)>地块C(木荷苗)>地块B(火力楠)。各地块表层土壤水分渗透速率均高于下层,这样有利于水分在下层土壤中保蓄下来。自然含水量在一定程度上反映当时可供植物吸收利用的土壤水分状况。河源中心苗圃土壤自然含水量为 $42.3\sim 198.2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (表1)。就各地块的表层土壤(0~20 cm)而言,自然含水量除木荷地相对较小外,没有显著差异。毛管持水量反映土壤保水能力。各地块毛管持水量大小有较大差异,表土大小顺序为:地块E>地块A>地块D>地块C>地块B。同一剖面上层土壤毛管持水量一般高于下层。

2.1.2 土壤容重和孔隙性 土壤容重及孔隙状况反映土壤松紧和通气性,毛管孔隙与非毛管孔隙比例反映土壤的水气协调能力。容重大、总孔隙度小且大小孔隙比例不合理的土壤,幼苗生长困难,常出现生长不良甚至死亡^[6]。地块A、D和E表层土壤的容重较小,均在 $1.3\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 以下;地块B和C表层土壤容重较大,均在 $1.6\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 以上(表1)。同一剖面上层土壤容重一般小于下层。地块A、D和E表层土壤总孔隙度较大,在50%以上,毛管孔隙度与非毛管孔隙度比值为1.2~2.2,比例比较协调。地块B和C表层土壤总孔隙度分别为34.82%和36.91%,毛管孔隙度与非毛管孔隙度比值分别为37.7和5.4,这种土壤往往通气不良,幼苗易因根系缺氧死亡。

2.1.3 土壤质地 土壤质地是苗圃选址时须重点考虑的问题,质地类型适宜与否直接关系到苗圃经

营的成败。一般来说, 苗圃土壤以土层深厚且肥力水平较高的黏壤土为宜, 过黏过砂均不适合用做苗圃^[6]。不过, 有人认为肥力较高且土质疏松的砂壤土适宜建苗圃, 尤其是苗木连作时产生的有毒化感物质在砂性强的土壤中容易排除^[7]。调查发现, 河源中心苗圃土壤母质多样, 地块 A 为粗晶花岗岩母质, 地块 B、C 和 E 为河流沉积物, 地块 D 为细晶花岗岩母质。分析结果表明, 河源中心苗圃地块 B、C 和 E 为砂壤土或砂土, 质地很粗, 而地块 D 为黏壤土, 保水保肥能力强。地块 A 上层土壤为砂质黏壤土, 下层为黏壤土(表 2), 这样既有利于水分下渗, 又有利于水分在下层土壤中保存。

表 1 河源中心苗圃土壤水分、容重与孔隙状况

Table 1 Moisture status and porosity of the soils in Heyuan Central Nursery

地块	苗木	土层/ cm	渗透速率/ (mm·min ⁻¹)	自然含水量/ (g·kg ⁻¹)	毛管持水量/ (g·kg ⁻¹)	容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙度/ %	毛管孔隙 度/%	非毛管孔隙 度/%	毛管孔隙度/ 非毛管孔隙度
A	火力楠	0~20	5.38	155.33	255.30	1.27	52.23	32.36	19.87	1.6
		20~40	1.98	144.61	191.08	1.54	41.95	29.40	12.55	2.3
		40~60	0.08	127.92	149.95	1.87	29.43	28.02	1.40	20.0
B	火力楠	0~20	0.11	140.02	186.28	1.67	36.91	31.16	5.75	5.4
		20~40	0.06	183.54	197.60	1.64	38.45	32.23	6.22	5.2
		40~60	0.08	174.49	191.96	1.64	38.41	31.34	7.08	4.4
C	木荷	0~20	2.03	126.61	196.37	1.73	34.82	33.92	0.90	37.7
		20~40	0.24	42.29	144.16	1.57	40.75	22.64	18.11	1.3
D	杉木	0~20	3.29	155.69	229.58	1.26	52.64	28.74	23.90	1.2
		20~40	0.10	198.19	217.10	1.67	37.12	36.18	0.95	38.1
E	毛竹	0~20	2.99	158.81	279.16	1.28	51.64	35.75	15.89	2.2
		20~40	0.25	157.54	234.40	1.53	42.33	35.82	6.51	5.5

说明: 表中数据为 3 个剖面的平均值, 表 2~3 同。

表 2 河源中心苗圃土壤机械组成与质地

Table 2 Mechanical composition and texture of the soil in Heyuan Central Nursery

地块	土层/cm	土壤质量分数/(g·kg ⁻¹)				质地名称	
		<0.05 mm 土粒	<0.01 mm 土粒	<0.005 mm 土粒	<0.002 mm 土粒	卡庆斯基制	美国农业部
A	0~20	381	376	260	151	中壤土	砂质黏壤土
	20~40	480	440	290	170	中壤土	砂质黏壤土
	40~60	582	480	280	63	重壤土	黏质壤土
B	0~20	362	260	180	100	轻壤土	黏质壤土
	20~40	400	230	180	80	轻壤土	黏质壤土
	40~60	483	340	210	80	中壤土	砂质黏壤土
C	0~20	222	118	84	60	砂壤土	砂质壤土
	20~40	160	80	70	40	紧砂土	砂土
	40~60	338	320	240	120	中壤土	砂质黏壤土
D	0~20	560	260	240	128	轻壤土	黏壤土
	20~40	539	260	220	120	轻壤土	黏壤土
	40~60	510	200	240	168	轻壤土	黏壤土
E	0~20	266	100	80	60	紧砂土	砂质壤土
	20~40	279	200	160	100	砂壤土	砂质壤土
	40~60	240	160	130	80	砂壤土	砂质壤土

2.1.4 土壤酸碱性 河源中心苗圃土壤 pH(H₂O) 为 4.88~6.93, 呈微酸性至酸性反应(表 3)。表层土壤 pH(H₂O) 为 4.94~5.90, 总体上差异不大。交换性酸度为 3.97~6.03。表层土壤交换性酸度为 3.97~4.50。活性酸度比交换性酸度高 0.8~1.5 个 pH 单位。

表3 河源中心苗圃土壤 pH、有机质及养分质量分数

Table 3 pH values organic matter and nutrient contents in soils of Heyuan Central Nursery

地块	土层/cm	pH		有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
		H ₂ O	KCl					
A	0~20	5.21	4.10	35.17	0.73	333.77	160.53	141.30
	20~40	6.07	4.75	14.04	0.46	30.83	22.60	56.14
	40~60	6.93	6.03	6.79	0.21	10.98	7.00	12.41
B	0~20	4.94	3.97	7.81	0.49	64.42	93.68	75.12
	20~40	4.88	4.07	6.98	0.66	8.47	32.33	41.32
	40~60	5.68	4.40	5.14	0.12	40.35	9.92	12.42
C	0~20	5.37	4.22	1.34	0.13	8.36	23.08	16.92
	20~40	6.49	4.59	2.11	0.12	25.36	27.47	10.23
	40~60	6.28	4.83	0.20	0.05	6.69	33.27	5.36
D	0~20	5.51	4.23	16.58	1.07	43.20	102.89	82.01
	20~40	5.94	4.13	5.26	0.25	30.84	9.44	12.36
	40~60	6.43	5.05	8.94	0.20	32.18	8.96	10.22
E	0~20	5.90	4.50	5.74	0.22	11.53	64.94	56.14
	20~40	6.13	4.34	1.26	0.02	29.73	17.73	15.36
	40~60	6.38	4.62	1.52	0.12	1.65	17.73	13.21

2.1.5 土壤有机质和养分 土壤有机质是土壤养分的重要来源,对土壤结构、质地和保水保肥性有显著影响^[9]。有机质对苗圃土壤尤其重要,有机质高的土壤具有良好的物理性质和养分保蓄与供应能力,不仅有利于苗木生长,且起苗容易。就表土而言,地块 A 有机质质量分数最高,地块 D 次之,其他地块有机质质量分数均很低,地块 C 最低。各地块上层土壤有机质质量分数一般高于下层土壤。

氮磷钾是植物生长必需的营养元素,氮对幼苗的生长尤其重要。河源中心苗圃土壤砂性强,氮很容易流失^[6]。就表土而言,河源中心苗圃地块 A 的碱解氮、速效磷和速效钾均远高于其他地块,地块 D 速效磷和速效钾仅次于地块 A,碱解氮低于地块 A 和地块 B,居第三。地块 C 土壤碱解氮、速效磷和速效钾等均为各地块最低值,地块 E 属于次最低。速效磷和速效钾随土层深度增加而降低,这与一些研究是一致的^[8,9],但全氮和碱解氮随土层深度变化的规律性不明显,这与过去的相关研究结果不同^[10]。

2.2 机械组成对土壤养分的影响

土壤机械组成是土壤最重要的物理性质之一,影响土壤水、肥、气、热等各个肥力因子。回归分析表明,土壤细黏粒含量与有机质、养分质量分数之间存在显著线性正相关关系(表 4)。其中,小于 0.010 mm 土粒含量与有机质、碱解氮、速效磷和速效钾质量分数在 $P < 0.05$ 水平上线性正相关;小于 0.005 mm 土粒含量与全氮和速效磷含量在 $P < 0.05$ 水平上呈显著线性相关关系;小于 0.002 mm 土粒含量与有机质、全氮、速效磷和速效钾呈显著正相关关系($P < 0.05$)。上述结果表明,土壤细黏粒对土壤养分和有机质存在较强的吸附与胶结作用^[6]。不过,各粒径土壤颗粒含量与渗透速率、自然含水量、容重及孔隙性等相关性不显著。

2.3 土壤肥力综合评价

土壤肥力是包括诸多土壤因子的综合性指标,仅从几个独立指标难以客观反映土壤肥力高低。土壤学界提出了许多土壤肥力评价方法^[1-3],这些评价主要考虑土壤养分质量分数,忽略了物理性质和 pH 等对土壤肥力的影响。作者采用修正的内梅罗(Nemoro)综合指数法对土壤肥力进行定量综合评价^[11]。选取质地(卡庆斯基制)、容重、pH、有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾等 8 个属性作为评价系数。首先对选定的土壤参数进行标准化,以消除各参数之间的量纲差别。标准化处理方法如下。

表 4 不同粒径土壤颗粒质量分数与养分质量分数回归方程

Table 4 Regression equations between nutrient contents and different-sized soil particles

养分质量分数 (y)	不同粒径土壤颗粒质量分数/(g·kg ⁻¹) (x)		
	< 0. 01 mm	< 0. 005 mm	< 0. 002 mm
有机质/(g·kg ⁻¹)	y=0. 104x-9. 890, P=0. 044 *		y=0. 299x-16. 560, P=0. 034 *
全氮/(g·kg ⁻¹)		y=0. 004x-0. 167, P=0. 034 *	y=0. 008x-0. 299, P=0. 049 *
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	y=1. 010x-132. 860, P=0. 07 *		
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	y=2. 098x+36. 064, P=0. 023 *	y=0. 535x-1. 263, P=0. 041 *	y=1. 150x-26. 010, P=0. 025 *
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	y=2. 098x+51. 632, P=0. 032 *		y=1. 001x-25. 750, P=0. 038 *

说明: n=15.

当属性值属于差一级时, 即 $C_i \leq X_a$:

$$P_i = \frac{C_i}{X_a} (P_i \leq 1). \quad (1)$$

当属性值属于中等一级时, 即 $X_a < C_i \leq X_c$:

$$P_i = 1 + \frac{C_i - X_a}{X_c - X_a} (1 < P_i \leq 2). \quad (2)$$

当属性值属于较好一级时, 即 $X_c < C_i \leq X_p$:

$$P_i = 2 + \frac{C_i - X_c}{X_p - X_c} (2 < P_i < 3). \quad (3)$$

当属性值属于好一级时, 即 $C_i > X_p$:

$$P_i = 3. \quad (4)$$

以上式(1)~(4)中, P_i 为肥力系数, C_i 为第 i 个属性测定值, X_a, X_c, X_p 为分级指标。质地(卡庆斯基制)为非连续的定性指标。分肥力系数标准为: 中壤土、重壤土, $P_i = 3$; 轻(砂)壤土、轻(砂)黏土, $P_i = 2$; 砂土、黏土, $P_i = 1$ 。各土壤属性值分级标准[X_a 为差(或低), X_c 为中等, X_p 为好(或高)] 主要参照第 2 次全国土壤普查标准(表 5)。

采用修正的内梅罗(Nemoto)公式计算综合肥力系数:

$$p = \sqrt{\frac{(P_{\text{平均}})^2 + (P_{\text{最小}})^2}{2}} \times \left(\frac{n-1}{n}\right) \quad (5)$$

式(5)中, p 为土壤综合肥力系数, $P_{\text{平均}}$ 为土壤各属性分肥力系数平均值, $P_{\text{最小}}$ 为各分肥力系数中的最小值, n 为参评土壤属性个数。将土壤各分肥力系数分别假定为 3, 2 和 1, 再根据 n (本研究中 $n=8$), 按式(5)计算得出对应的综合肥力系数 P_3, P_2 和 P_1 , 分别为 2.63, 1.75 和 0.88。肥力系数 $p \geq 2.63$ 时, 土壤很肥沃; $1.75 \leq p < 2.63$ 时, 土壤肥沃; $0.88 \leq p < 1.75$ 时, 土壤肥力一般; $p < 0.88$ 时, 土壤贫瘠。运用上述方法对河源中心苗圃土壤肥力进行定量综合评价, 结果见表 6。

各地块表土综合肥力系数 p 大小顺序为: 地块 A > 地块 D > 地块 B > 地块 E > 地块 C。5 个地块中, 地块 A 表土和表下层土壤及地块 B 和 C 表土肥力属一般水平, 其他土层属贫瘠; 地块 C 和 E 各层土壤肥力水平均属贫瘠。

表 5 土壤各属性分级标准值

Table 5 The gradation criteria of the selected soil properties

土壤指标	X_a	X_c	X_p
容重/(g·cm ⁻³)	1.45	1.35	1.25
pH	4.5	5.5	6.5
有机质/(g·kg ⁻¹)	10	20	30
全氮/(g·kg ⁻¹)	0.75	1.50	2.00
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	60	120	180
速效磷/(mg·kg ⁻¹)	5	10	20
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	50	100	200

由表6可见, 氮素(包括全氮和碱解氮)质量分数低是导致大部分土壤综合肥力系数 p 低的主要原因, 钾素和有机质低也是重要原因。根据 Liebig 最小因子定律, 土壤肥力要提高, 首先必须补充土壤氮素, 其次是钾和有机质。由于土壤砂性强, 养分易流失, 故施肥时应少量多次, 最好与有机肥一起施用, 以减少养分损失。

表6 土壤肥力系数和苗木生长指标

Table 6 The fertility evaluation results and seedling growth indicators

地块	土层/ cm	P_i								$P_{平均}$	$P_{最小}$	p	苗木指标		
		质地	容重	pH	有机质	全氮	碱解氮	速效磷	速效钾				地径/cm	苗高/cm	单株生物量/g
A	0~20	3	2.75	1.71	3.00	0.97	3.00	3.00	2.41	2.48	0.97	1.65	0.68±0.11 a	44.3±7.7 a	65.6±4.4 a
	20~40	3	0.94	2.57	1.40	0.61	0.51	3.00	1.12	1.65	0.51	1.07			
	40~60	3	0.78	3.00	0.68	0.28	0.18	1.40	0.25	1.20	0.18	0.75			
B	0~20	2	0.87	1.44	0.78	0.65	1.07	3.00	1.50	1.41	0.65	0.96	0.44±0.13 b	17.4±4.3 b	30.5±8.6 b
	20~40	2	0.88	1.38	0.70	0.88	0.14	3.00	0.83	1.23	0.14	0.76			
	40~60	3	0.88	2.18	0.51	0.16	0.67	1.98	0.25	1.21	0.16	0.75			
C	0~20	2	0.84	1.87	0.13	0.17	0.14	3.00	0.34	1.06	0.13	0.66	0.34±0.22 b	13.4±1.8 b	12.1±10.2 c
	20~40	1	0.92	2.99	0.21	0.16	0.42	3.00	0.20	1.11	0.16	0.70			
D	0~20	2	2.89	2.01	1.66	1.43	0.72	3.00	1.64	1.92	0.72	1.27	0.60±0.11	38.67±9.01	63.1±4.3
	20~40	2	0.87	2.44	0.53	0.33	0.51	1.89	0.25	1.10	0.25	0.70			
E	0~20	1	2.57	2.40	0.57	0.29	0.19	3.00	1.12	1.52	0.19	0.87	0.18±0.08	8.09±2.53	12.1±2.5
	20~40	2	0.95	2.63	0.13	0.03	0.50	2.77	0.31	1.16	0.03	0.72			

说明: 表中苗木指标为20株的平均值±标准误。阔叶树苗木同列数据后标有相同字母表示差异不显著($P < 0.05$, DMRT法)。

2.4 肥力系数与苗木生长相关性

5个地块的苗木地径、苗高和单株生物量列于表6。木荷和火力楠同属阔叶树, 且生长习性相似, 因此具有可比性。方差分析表明, 地块A的火力楠苗木地径、苗高和单株生物量均显著高于地块B火力楠。地块B火力楠的地径和苗高与木荷无显著差异, 但单株苗木生物量显著高于木荷。

将地块A和地块B的火力楠及地块C的木荷苗木地径、苗高和单株生物量等与表土 $P_{平均}$, $P_{最小}$ 和 p 分别进行相关分析, 得到相关系数(表7)。 $P_{平均}$ 在 $P < 0.1$ 水平上与地径、苗高相关, 在 $P < 0.05$ 水平上与单株苗木生物量显著正相关。 $P_{最小}$ 与地径和苗高相关性不显著, 但与单株生物量显著正相关($P < 0.05$)。综合肥力系数 p 与地径相关性不显著, 与苗高和单株生物量分别在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上呈显著正相关关系。 $P_{平均}$ 和综合肥力系数 p 与苗高和单株生物量均存在较好的相关性, 且与土壤实际肥力水平比较吻合, 表明用这2个肥力系数能较好地反映苗圃土壤的综合肥力水平。单株苗木生物量与各肥力系数均呈显著正相关关系, 表明该生长指标能较好地体现土壤肥力状况对苗木生长的影响。

3 结论

河源中心苗圃不同地块土壤母质有花岗岩残积物和河流沉积物, 土壤理化性质和养分质量分数在不同地块和同一地块的不同土层间差异较大; 不同苗木、不同地块的同种苗木生长状况差异明显。

土壤机械组成对土壤养分质量分数有显著影响。土壤中 < 0.010 mm土粒含量与有机质、碱解氮、速效磷和速效钾均呈显著正相关关系, 小于 0.005 mm土粒含量与全氮和速效钾呈显著正相关关系,

表7 阔叶树苗木生长指标与肥力系数相关系数

Table 7 Correlation coefficients between seedling growth indicators and fertility coefficients

项目	$P_{平均}$	$P_{最小}$	p
地径	0.993 0 *	0.857 0	0.983 0
苗高	0.994 0 *	0.951 0	0.999 0 **
单株生物量	0.999 0 **	0.932 0 **	0.999 9 ***

说明: *表示 $P < 0.1$, **表示 $P < 0.05$, ***表示 $P < 0.01$, $n = 3$ 。

而小于 0.002 mm 土粒与有机质、全氮、速效钾和速效磷均存在显著线性正相关关系。质地与土壤容重、孔隙性等物理性质的相关性不显著。

采用修正的内梅罗(Nemoro)综合指数法对土壤肥力进行综合评价的结果为: 地块 A、B 和 D 表层及地块 A 表下层土壤肥力一般, 其他土层及地块 C 和 E 各土层土壤贫瘠。阔叶树苗高与 $P_{\text{平均}}$ 和 p 呈显著正相关关系; 阔叶树单株苗木生物量与 $P_{\text{平均}}$, $P_{\text{最小}}$ 和 p 均呈显著正相关关系。表明 $P_{\text{平均}}$ 和 p 均能较好反映土壤肥力水平; 单株苗木生物量能较好体现土壤肥力与苗木生长状况的关系。

参考文献:

- [1] 何同康. 土壤(土地)资源评价的主要方法及其特点[J]. 土壤学进展, 1983, 11(6): 1—11.
- [2] 严昶升. 土壤肥力研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [3] 吕晓男, 陆允甫, 王人潮. 土壤肥力综合评价初步[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 1999, 25(4): 378—382.
- [4] 中华人民共和国国家标准局. GB 7848-7858—1987 森林土壤分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [5] STATSOFT INC. STATISTICA for Windows (Computer Program Manual)[M]. Tulsa: Stasoft Inc, 1997.
- [6] 罗汝英. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [7] 张爱君, 张明普, 张洪源. 果树苗圃土壤连作障碍的研究初报[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(1): 19—22.
- [8] 曾曙才, 崔大方, 荣波, 等. 深圳笔架山公园土壤性状分析[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 44(增刊): 1—6.
- [9] 曾曙才, 崔大方, 徐向明, 等. 深圳梅林公园土壤资源及其合理开发利用[J]. 华南农业大学学报, 2004, 25(增刊 D): 8—13.
- [10] 高志勤, 傅懋毅. 不同毛竹林土壤碳氮养分的季节变化特征[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(3): 248—254.
- [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.

Evaluation of nursery soil fertility and relationship between fertility coefficients and seedling growth

ZENG Shu-cai¹, YU Yuan-chun²

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China)

Abstract: The soil fertility of Heyuan Central Nursery in Guangdong Province, which had 5 different sites coded A, B, C, D, E, was evaluated with modified Nemoro formula. The correlations between fertility coefficients and seedling growth were analyzed. Soil texture, bulk density, pH, organic matter, total N, available N, P and K were selected as main properties for the integrated quantitative evaluation of soil fertility. Results revealed that the soil fertility coefficient P_{mean} of the 5 sites was between 1.06 and 2.48, the P_{min} was 0.03—0.97 and the integrated coefficient p was between 0.66 and 1.65, with obvious differences existing in the 5 sites and different layers of each site. According to the evaluation result, the fertility of the surface layers (0—20 cm) of site A, B and D and the subsurface layer (20—40 cm) of site A was low and all other sites and layers was infertile. Significant positive correlations were found between height of broadleaved seedlings and soil fertility coefficients P_{mean} and p . Single seedling biomass was observed to be significantly positively correlated to P_{mean} , P_{min} and p . Therefore, P_{mean} and p could be suitable coefficients of nursery soil fertility and seedling biomass could be a reasonable bio-index to evaluate soil fertility. [Ch, 7 tab., 11 ref.]

Key words: pedology; nursery; soil fertility evaluation; Nemoro formula; quantitative analysis