

重庆垫江牡丹主产区土壤养分含量现状及评价^①

冉 烈, 游玉明, 李会合

重庆文理学院 林学与生命科学学院, 重庆 永川 402168

摘要: 采用环境调查的方法研究了重庆垫江牡丹主产区土壤的养分含量并利用土壤养分分级标准对其进行评价, 以全面掌握垫江牡丹主产区土壤养分含量状况, 促进牡丹高产优质生产. 结果表明, 垫江牡丹主产区土壤整体偏碱性, 土壤肥力水平总体不高, 有机质含量偏低, 碱解氮含量 $<90\text{ mg/kg}$, 73.7%的土壤有效磷含量 $<10\text{ mg/kg}$, 52.6%的土壤速效钾含量 $<100\text{ mg/kg}$, 有效钙、镁含量极为丰富, 有效硫极缺比例为36.9%, 有效铁含量缺乏比例为84.2%, 有效锰含量缺乏比例为89.4%, 有效硼含量极度缺乏, 实际生产中应做到因地制宜合理施肥, 以实现牡丹优质高产.

关键词: 牡丹; 土壤养分; 施肥

中图分类号: S158.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2015)1-0073-06

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)属毛茛科落叶小灌木, 是我国特有的木本名贵花卉. 牡丹的药用部分是根皮(习称丹皮), 其主要药用成分为丹皮酚、芍药苷等, 有祛除伏火、清热散瘀、去痛消肿、降血糖、抗惊厥^[1]、抗氧化^[2-3]以及抑菌^[4]等作用, 为常用中药材. 重庆垫江牡丹的栽培历史悠久, 丹皮产量大, 在全国的丹皮药材中, 垫江丹皮因质量佳而获得“川丹皮”之名, 其主要药用成分丹皮酚、芍药苷等含量高于《中国药典》^[5]规定的含量标准, 因此而享誉中外, 远销日、韩等多个国家. 栽培牡丹是垫江当地农民主要的经济来源之一, 牡丹常年在地面积达 $1\,000\text{ hm}^2$ ^[6].

垫江县位于重庆市东北部, 东经约 107° , 北纬约 29° , 属中亚热带湿润季风气候类型, 海拔 $500\sim 850\text{ m}$, 比较适合种植牡丹. 牡丹长势的好坏与丹皮质量的高低除了受气候因素影响较大外, 主要还受土壤影响. 土壤是作物吸收养分的介质, 并且牡丹的根皮在地生长时间较长, 一般需要 $4\sim 5\text{ a}$ 才能采挖, 因此土壤中养分的高低直接决定了牡丹生长状况和丹皮品质的好坏^[6]. 目前垫江牡丹的研究主要集中在栽培环境、生产历史和现状调查、品种选育、花期调控、药用成分研究等方面^[7], 而对牡丹主产区土壤养分含量状况的研究甚少. 本文采用环境调查的方法, 研究垫江牡丹主产区土壤养分含量现状并利用土壤养分分级标准对其进行评价, 以期垫江牡丹科学施肥和优质高产生产及养分资源综合管理提供科学依据.

1 材料和方法

1.1 土壤样品的采集

在垫江县太平镇百灵山牡丹园和牡丹村牡丹种植区沿着一定的线路, 按照“随机”、“等量”和“多点混合”的原则进行采样. 采用“S”形布点采样, 避开路边、沟边、田埂、肥堆等特殊部位, 取 $1\sim 4\text{ a}$ 生牡丹根

^① 收稿日期: 2013-11-30

基金项目: 重庆市科技攻关项目(CSTC, 2011AC1192); 重庆文理学院项目基金(Y2012LX43).

作者简介: 冉 烈(1984-), 男, 重庆黔江人, 硕士, 助理实验师, 主要从事植物营养与品质、植物生物学实验等教学与研究.

通信作者: 李会合, 教授, 博士.

部周围距土壤表面 15 cm 左右的混合土样约 1 kg, 编号登记, 共采集 19 个土壤样品. 将采集的土壤样品自然风干, 去除杂质, 磨细后过 100 目筛, 装袋备用.

1.2 样品分析方法

土壤样品测试采用常规分析法^[8]进行.

1.3 土壤养分分级标准

土壤的 pH、有机质以及各种微量营养元素养分分级指标参考我国第二次土壤普查制定的养分分级标准^[9], 交换性钙、镁的分级标准参考章永松等^[10]的研究结果.

土壤 pH 分级标准为: pH≤4.5 为强酸性土壤, 不适宜种植牡丹; pH 在 4.6~5.5 时为中强酸性土壤, 不适宜种植牡丹; pH 在 5.6~6.5 时为弱酸性土壤, 不大适宜牡丹的生长; pH 在 6.6~7.5 时为中性土壤, 最适宜牡丹的生长; pH 在 7.6~8.5 时为碱性土壤, 比较适宜种植牡丹; pH>8.5 为强碱性土壤, 不适于种植牡丹. 有效钙的分级标准为: 含量<400 mg/kg 为极缺; 400~800 mg/kg 为缺乏; 800~1 200 mg/kg 为适宜; >1 200 mg/kg 为丰富. 有效镁的分级标准为: 含量<60 mg/kg 为极缺; 60~120 mg/kg 为缺乏; 120~180 mg/kg 为适宜; >180 mg/kg 为丰富. 其他养分分级标准见表 1.

表 1 土壤养分分级标准

养 分	很丰富	丰富	适量	缺乏	很缺	极缺
有机质/(g·kg ⁻¹)	>40	30~40	20~30	10~20	6~10	<6
全氮/(g·kg ⁻¹)	>2.0	1.5~2.0	1.0~1.5	0.75~1.0	0.5~0.75	<0.5
全磷/(g·kg ⁻¹)	>1.0	0.8~1.0	0.6~0.8	0.4~0.6	0.2~0.4	<0.2
全钾/(g·kg ⁻¹)	>25	20~25	15~20	10~15	5~10	<5
碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	>150	120~150	90~120	60~90	30~60	<30
有效磷/(mg·kg ⁻¹)	>40	20~40	10~20	5~10	3~5	<3
速效钾/(mg·kg ⁻¹)	>200	150~200	100~150	50~100	30~50	<30
有效硫/(mg·kg ⁻¹)	>50	30.1~50	16.1~30	12.1~16	<12	
有效铁/(mg·kg ⁻¹)	>20	10~20	4.5~10	2.5~4.5	<2.5	
有效锰/(mg·kg ⁻¹)	>30	15~30	5~15	1~5	<1	
有效铜/(mg·kg ⁻¹)	>1.8	1.0~1.8	0.2~1.0	0.1~0.2	<0.1	
有效锌/(mg·kg ⁻¹)	>3.0	1.0~3.0	0.5~1.0	0.3~0.5	<0.3	
有效硼/(mg·kg ⁻¹)	>2.0	1.0~2.0	0.5~1.0	0.2~0.5	<0.2	

1.4 统计分析

试验数据采用 Excel、SPSS 软件进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 pH

土壤酸碱度虽不是土壤养分含量指标, 却是土壤重要的化学性质之一. 土壤 pH 对土壤养分有效性、微生物分布、作物生长以及土壤物理性质等方面都有着十分重要的影响^[11-12]. 由表 2 可知, 牡丹主产区的土壤 pH 变化范围为 5.76~8.33, 其中有 10.5% 的土样 pH 为 5.60~6.50, 5.3% 的土样 pH 为 6.51~7.50, pH>7.50 的土样占 84.2%. 牡丹生长的 pH 范围为 6.20~8.00, 最适生长的 pH 为 6.51~7.50. 可见, 该地区只有 5.3% 的土壤 pH 属于牡丹生长的最适 pH 范围. 垫江牡丹主产区的土壤整体偏碱性, 不太适合牡丹的生长, 在生产上可通过适当施用酸性肥料和石膏等措施来调节土壤的 pH. 这与申明亮等^[13]报道的垫江牡丹主产区土壤多数为中性至微碱性(pH6.20~8.00)一致.

2.2 有机质

有机质是土壤中最活跃的部分, 是衡量土壤肥力的重要指标之一, 它直接影响土壤的结构、化学特性等^[12,14], 有机质含量的高低还能反映当季土壤养分供应能力的大小^[15]. 垫江牡丹主产区土壤有机质含量范围为 15.16~31.68 g/kg, 土壤有机质含量中等偏低(表 2), 这与申明亮等^[13]报道的相符. 有机质含量达到

很丰富级(>40 g/kg)的比例为零, 有机质含量低(10~20 g/kg)的土壤比例为 57.9%, 有机质处于适量水平(20~30 g/kg)的土样为 31.6%, 属于丰富级(30~40 g/kg)的土样比例为 10.5%. 有机质含量属于偏低范围(<20 g/kg)的土样比例达 57.9%. 根据土壤养分分级标准可知, 该地区适宜牡丹生长的土壤比例为 42.1%. 因此, 在牡丹种植过程中, 应采用施加有机肥等措施提高土壤有机质含量.

表 2 牡丹土壤样品养分含量

样品	pH	有机质 /(g· kg ⁻¹)	全氮 /(g· kg ⁻¹)	全磷 /(g· kg ⁻¹)	全钾 /(g· kg ⁻¹)	碱解氮 /(mg· kg ⁻¹)	有效磷 /(mg· kg ⁻¹)	速效钾 /(mg· kg ⁻¹)	有效钙 /(mg· kg ⁻¹)	有效镁 /(mg· kg ⁻¹)	有效硫 /(mg· kg ⁻¹)	有效铁 /(mg· kg ⁻¹)	有效锰 /(mg· kg ⁻¹)	有效铜 /(mg· kg ⁻¹)	有效锌 /(mg· kg ⁻¹)	有效硼 /(mg· kg ⁻¹)
1	8.12	31.68	1.33	0.24	26.26	62.13	6.89	125.85	12 404.38	263.13	37.55	1.62	1.72	1.01	3.86	0.33
2	8.05	30.61	1.43	0.24	23.63	84.81	6.24	91.40	6 135.63	841.25	24.86	1.59	2.00	0.65	2.17	0.26
3	8.15	19.19	1.18	0.19	19.47	79.88	3.85	99.35	9 039.38	869.38	77.12	1.69	1.08	0.97	1.55	0.27
4	8.33	18.70	0.92	0.16	18.97	55.22	5.66	120.55	9 367.50	745.63	86.42	1.46	0.63	0.71	1.43	0.22
5	8.14	23.16	1.10	0.16	19.73	69.03	5.85	112.60	6 073.13	889.38	43.30	1.89	1.43	0.68	3.39	0.18
6	8.32	16.96	0.90	0.21	24.40	50.29	7.60	112.60	6 585.00	745.63	22.66	1.98	0.71	1.35	6.44	0.17
7	8.31	15.31	0.94	0.29	26.95	49.31	30.85	136.45	7 129.38	780.63	49.05	1.76	0.79	0.66	1.12	0.16
8	6.64	20.77	1.31	0.22	16.80	78.89	6.82	78.15	3 267.50	306.88	5.58	15.42	8.83	1.84	11.11	0.26
9	5.76	20.13	1.39	0.35	20.60	74.95	20.52	155.00	2 946.88	779.38	6.60	32.47	15.19	3.79	20.11	0.20
10	7.51	17.36	1.33	0.29	23.51	57.20	18.77	86.10	5 881.25	661.88	6.43	3.68	1.71	1.94	5.44	0.20
11	8.24	15.93	1.45	0.18	19.34	48.32	6.18	99.35	7 657.50	178.13	4.90	1.24	0.66	0.94	1.78	0.15
12	8.14	20.90	1.75	0.21	19.41	69.03	10.44	102.00	8 602.50	158.13	10.15	1.12	1.04	0.72	2.27	0.20
13	6.33	16.51	1.25	0.24	19.43	62.13	6.37	70.20	4 398.13	726.25	4.57	20.69	4.85	1.40	1.29	0.10
14	7.94	20.11	1.40	0.29	17.11	69.03	4.88	75.50	12 460.63	210.00	11.16	1.53	1.08	1.06	1.77	0.10
15	8.12	19.69	1.82	0.31	18.08	85.80	9.60	115.25	13 038.75	193.75	68.66	2.75	1.41	0.81	2.26	0.17
16	8.15	26.52	1.40	0.17	25.12	77.91	2.82	96.70	6 448.75	1 236.25	51.24	2.25	2.56	1.85	3.83	0.23
17	8.19	16.46	1.01	0.21	28.15	59.17	7.34	88.75	6 247.50	960.63	42.62	1.92	3.79	1.58	2.01	0.23
18	8.20	15.16	0.88	0.20	25.19	46.35	7.27	91.40	6 205.63	1 315.63	45.33	1.88	2.78	2.97	5.64	0.17
19	8.04	19.02	1.13	0.26	26.96	61.14	13.22	149.70	13 130.63	580.00	63.42	1.88	2.66	0.96	1.78	0.25

2.3 大量元素养分

2.3.1 全量养分

土壤全氮含量是衡量土壤氮素的重要基础肥力指标, 其含量还能反映出土壤供氮潜力的高低^[16]. 由表 2 可知, 垫江牡丹主产区土壤全氮含量变幅为 0.88~1.82 g/kg, 均值为 1.26 g/kg, 变异系数为 21.43%, 在中等水平(1.0~1.5 g/kg)的土样数达 68.4%, 全氮含量高(1.5~2.0 g/kg)的土样比例只有 10.5%, 而中等含量以下(<1.0 g/kg)的土样数为 21.1%. 垫江牡丹主产区土壤全磷含量很低, 其变幅为 0.16~0.35 g/kg, 均值为 0.23 g/kg, 变异系数为 21.74%; 土壤全磷含量全部属于含磷量很低(<0.4 g/kg)水平, 不能满足牡丹正常生长需要, 在生产中应加以重视, 种植时需要补充一定量的磷肥, 以促进牡丹的生长; 全钾含量很丰富, 全钾含量变幅为 16.80~28.15 g/kg, 均值为 22.06 g/kg, 变异系数为 16.73%, 其中全钾含量很高(>25 g/kg)的土样比例为 31.6%, 全钾量高(20~25 g/kg)的土样比例为 21.0%, 中等水平(15~20 g/kg)的土样比例为 47.4%. 上述结果与申明亮等^[13]报道的垫江牡丹产区土壤全磷和全钾含量高不一致.

2.3.2 有效养分

土壤中的有效养分是影响作物品质和产量的重要因素之一. 由表 2 可知, 土壤碱解氮含量变幅为 46.35~85.80 mg/kg, 均值为 65.29 mg/kg, 变异系数为 19.31%, 其中<60 mg/kg 的土样比例为 36.84%, 60~90 mg/kg 的土样比例为 63.16%, 全部属于碱解氮缺乏水平. 土壤有效磷的含量较低, 含量变幅为 2.82~30.85 mg/kg, 均值为 9.54 mg/kg, 变异系数为 72.54%, >20 mg/kg 的土样比例为 10.5%, 10~20 mg/kg 的比例为 15.8%, 而有效磷含量较低(<10 mg/kg)的土样比例达到了 73.7%, 因此在牡丹的种植过程中应加以重视. 速效钾的含量总体来说偏低, 含量变幅为 70.20~155.00 mg/kg, 均值为 105.63 mg/kg, 变异系数为 22.66%, 中等以上(>150 mg/kg)水平的比例仅为 5.3%, 中等水平(100~150 mg/kg)的比例占 42.1%, 中等以下(<100 mg/kg)水平的比例为 52.6%, 即属于缺乏范围. 由

于钾是最易流失的元素,所以增施有机肥的同时有必要增施一定量的钾肥.总体来说,该地区土壤中有效养分的含量状况不容乐观,在实际生产中,这些有效养分比较缺乏甚至是极度缺乏的土壤更应引起人们的重视,必须根据实际情况,增加肥料的投入.

2.4 中量元素养分

由表 2 可知,垫江牡丹主产区土壤有效钙和有效镁含量在中等及以上水平的比例均达到 100%,其中有效钙含量变幅为 2 946.88~13 130.63 mg/kg,均值为 7 737.90 mg/kg,变异系数为 40.55%,丰富水平(>1 200 mg/kg)的土样比例为 100%,表明土壤中有效钙的含量极为丰富.土壤有效镁含量变幅为 158.13~1 315.63 mg/kg,均值为 654.84 mg/kg,变异系数为 53.65%,含量在适宜级(120~180 mg/kg)的土样比例为 10.5%,达到丰富水平(>180 mg/kg)的土样数占 89.5%.在中性或偏碱性土壤中有有效钙和有效镁的含量极为丰富,在牡丹种植过程中不用施钙、镁肥,以避免浪费.土壤中有有效硫含量变幅为 4.57~86.42 mg/kg,均值为 34.82 mg/kg,变异系数为 76.65%,>50 mg/kg 的土样占 26.3%,30.1~50 mg/kg 的比例为 26.3%,适宜水平(16.1~30 mg/kg)的比例为 10.5%,极缺水平(>12 mg/kg)的土样占 36.9%,对一部分极缺水平的土壤,在生产中应当适量施加硫肥.

2.5 微量元素养分

微量元素是土壤的重要组成成分,是表征土壤环境质量的重要因子^[17].将土壤有效态微量元素进行分级,一是为了判断土壤可供应作物微量营养元素的含量状况,二是对科学使用微量元素肥料有重要指导意义,避免盲目施肥和浪费^[18].土壤微量元素分析结果(表 2)表明,有效铜和有效锌含量属较高水平,有效铁、有效锰和有效硼含量均属低等水平.有效铜含量在中等以上(>1.0 mg/kg)水平的比例为 52.6%,均值为 1.36 mg/kg,变异系数为 61.76%.有效锌含量在中等以上(>1.0 mg/kg)水平的占 100%,均值为 4.17 mg/kg,变异系数为 109.83%.可见,垫江牡丹主产区土壤中有有效铜和有效锌含量比较丰富,在实际生产中可以不施铜肥与锌肥.有效铁含量变幅为 1.12~32.47 mg/kg,均值为 5.20 mg/kg,变异系数为 161.54%,适量以上(>10 mg/kg)水平的比例为 15.8%,而很低(<2.5 mg/kg)水平的土样比例为 73.7%.有效锰含量变幅为 0.63~15.19 mg/kg,均值为 2.89 mg/kg,变异系数为 123.18%,>5 mg/kg(中等及中等以上水平)的土样比例为 10.6%,<5 mg/kg(中等以下水平)的土样占 89.4%.有效硼含量变幅为 0.10~0.33 mg/kg,变异系数为 30.00%,均值为 0.20 mg/kg,其中属于低水平(0.2~0.5 mg/kg)的比例为 57.9%,很低(<0.2 mg/kg)水平的比例为 42.1%.有效硼是已测微量营养元素有效养分中最缺乏的,有效铁和有效锰缺乏的问题也不容忽视,在种植牡丹时需大量施以铁、锰和硼肥.

2.6 相关性分析

由于受成土母质类型、风化过程以及土地利用方式不同等因素的影响,土壤养分各要素间存在着一定的相关性^[19-20],不同类型以及生长阶段的植物会影响土壤养分的积累与分布^[21].垫江牡丹主产区土壤样品的 pH 及各养分之间相关性分析结果表明(表 3),pH 与有效钙、有效硫呈显著正相关,与全磷、有效铁、有效锰、有效铜和有效锌呈显著负相关,表明土壤中的磷、铁、锰、铜和锌的含量随 pH 的下降而增大,这是由于铁、锰、铜和锌在碱性条件下易形成难溶解化合物,不利于植物的吸收利用.有机质与碱解氮、有效硼呈显著正相关,表明土壤中碱解氮、有效硼含量随有机质含量增加而增加,这是由于土壤中大部分氮以有机态存在,且有机质分解、矿化作用有利于养分的有效化^[14],使养分有利于被植物吸收利用.全氮与碱解氮呈显著正相关,与全钾、有效镁呈显著负相关.全磷与有效磷、有效铁呈显著正相关.全钾与有效镁呈显著正相关.有效磷与速效钾呈显著正相关.有效钙与有效硫呈显著正相关,与有效镁、有效铁、有效锰、有效铜和有效锌呈显著负相关.有效铁与有效锰、有效铜、有效锌呈显著正相关.有效锰与有效铜、有效锌呈显著正相关.有效铜与有效锌呈正相关.由上可知,垫江牡丹主产区土壤的 pH 及各养分之间关系密切,在生产中需根据土壤养分状况和牡丹的营养特性,制定科学的养分资源综合管理措施,以促进垫江牡丹的高产优质生产.

表 3 牡丹土壤样品 pH 及各养分之间相关性

	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	有效磷	速效钾	有效钙	有效镁	有效硫	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌	有效硼
pH	1															
有机质	0.068	1														
全氮	-0.185	0.366	1													
全磷	-0.478 *	-0.071	0.33	1												
全钾	0.334	0.074	-0.461 *	0.013	1											
碱解氮	-0.269	0.568 *	0.630 **	0.189	-0.409	1										
有效磷	-0.21	-0.321	-0.101	0.652 **	0.316	-0.267	1									
速效钾	0.029	0.064	-0.123	0.307	0.314	-0.097	0.532 *	1								
有效钙	0.564 *	0.174	0.228	0.099	0.027	0.037	-0.148	0.25	1							
有效镁	0.055	-0.078	-0.618 **	-0.296	0.495 *	-0.136	-0.012	-0.004	-0.460 *	1						
有效硫	0.546 *	0.028	-0.313	-0.282	0.215	0.066	-0.112	0.374	0.486 *	0.332	1					
有效铁	-0.969 **	-0.099	0.117	0.461 *	-0.286	0.226	0.247	0.124	-0.576 **	0.02	-0.453	1				
有效锰	-0.881 **	-0.004	0.09	0.438	-0.143	0.289	0.238	0.205	-0.564 *	0.088	-0.38	0.920 **	1			
有效铜	-0.619 **	-0.195	-0.115	0.314	0.102	-0.05	0.187	0.065	-0.548 *	0.398	-0.317	0.661 **	0.768 **	1		
有效锌	-0.719 **	0.023	0.048	0.405	-0.124	0.18	0.273	0.292	-0.542 *	0.079	-0.399	0.773 **	0.887 **	0.816 **	1	
有效硼	0.131	0.614 **	-0.003	-0.183	0.337	0.314	-0.134	0.273	0.121	0.059	0.334	-0.143	0.082	-0.047	0.116	1

说明: *、** 分别表示相关检验达 0.05 和 0.01 显著水平。

3 小 结

垫江县太平镇牡丹主产区土壤的 pH 变幅为 5.76~8.33, 整体偏碱性, 89.5% 的土壤适合种植牡丹, 只有少数土壤需要改良。有机质含量整体偏低, 有机质含量<20 g/kg 的土壤比例为 57.9%, 需施加有机肥。全氮含量适中, 中等及以上水平的土样比例近 4/5; 全磷含量极缺, 全部属于中等及以下水平; 全钾含量较高, 全部属于中等及以上水平。碱解氮含量很低, 全部为中等及以下水平, 有效磷缺乏(<10 mg/kg) 的比例为 73.7%, 速效钾缺乏(<100 mg/kg) 的比例为 52.6%。有效钙、镁、硫、铜、锌含量丰富, 有效铁、锰、硼含量缺乏。有效铁、锰、锌变异系数大, 含量变幅较大, 这可能与土壤的利用方式、土壤质地以及施肥方式等因素有关。

由上述分析可知, 垫江牡丹主产区土壤肥力水平总体不高, 普遍缺乏全磷、碱解氮、有效铁、锰、硼, 其他养分也存在一定程度的缺乏或过量现象。从相关性分析结果来看, 垫江牡丹主产区土壤 pH 与养分之间关系密切且复杂, 可能与施肥的种类、数量有关。因此, 实际生产中应做到因地制宜、科学合理施肥, 尤其要重视氮、磷、铁、锰、硼肥的施用, 以实现垫江牡丹高产优质生产。

参考文献:

[1] 杨小龙, 张 珂, 许俊锋, 等. 牡丹皮药理作用的研究进展 [J]. 河南科技大学学报: 医学版, 2012, 30(2): 157—158.

[2] 黄海霞, 侯宇清. 不同品种牡丹抗氧化能力与其多酚黄酮含量的关系研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(11): 2921—2923.

[3] 黄海霞, 付 强, 陈 晓, 等. 牡丹根提取液抗氧化作用的研究 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(4): 885—886.

[4] 李百健, 曾 荣, 黄长干, 等. 植物杀菌剂的筛选 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(10): 28—31.

[5] 国家药典委员会. 中国人民共和国药典(一部) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 160—161.

[6] 邓才富, 申明亮, 章文伟, 等. 垫江牡丹主产区土壤环境质量分析与评价 [J]. 时珍国医国药, 2008, 19(5): 1097—1098.

[7] 邓才富, 申明亮, 易思荣. 垫江牡丹生产现状调查研究 [J]. 中国现代中药, 2007, 9(6): 37—39.

[8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 农业出版社, 2000: 30—224.

[9] 沈善敏. 中国土壤肥力 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 351, 382.

[10] 章永松, 倪吾钟, 林咸永, 等. 杭州市郊菜园土壤的有效养分状况与施肥对策 [G]//谢建昌等. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥. 南京: 河海大学出版社, 1997: 43—46.

[11] 庄绍东. 漳州香蕉园土壤肥力状况分析 [J]. 福建农业学报, 2003, 18(3): 168—172.

[12] 伍晓丽, 彭 锐, 崔广林, 等. 黔川渝三地野生青蒿土壤养分状况调查分析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(3): 82—87.

[13] 申明亮, 易思荣, 邓才富, 等. 垫江种植牡丹现状调查 [J]. 中药材, 2005, 28(2): 83—84.

[14] 谢德体. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 43, 52.

[15] 李金柱, 罗治建, 王晓光, 等. 乌柏林地土壤养分调查研究 [J]. 湖北林业科技, 2010(6): 21—23.

[16] 刘路阳, 李德生, 高为霞, 等. 青龙湾沙区土壤养分状况分析 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(6): 17—20.

[17] 廖 琴, 南忠仁, 王胜利, 等. 干旱区绿洲农田土壤微量元素有效态含量空间分布特征 [J]. 环境科学研究, 2011, 24(3): 273—280.

[18] 李淑芬, 陈 悦, 王建忠, 等. 辽宁省土壤有效态微量元素丰缺及其分级标准的研究 [J]. 辽宁农业科学, 2009(1): 31—38.

[19] 王建国, 刘鸿翔, 王守宇, 等. 黑土农田养分平衡与养分消长规律 [J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 246—251.

[20] 邢月华, 汪仁, 安景文, 等. 辽北稻田土壤养分的变异特征及相关性分析 [J]. 辽宁农业科学, 2005(4): 47—48.

[21] 赵筱青, 孙正宝, 杨树华. 澜沧县尾叶桉类林土壤养分空间分布特征探讨 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(1): 78—84.

On Soil Nutrients Status of Peony Major Production Area in Dianjiang County of Chongqing

RAN Lie, YOU Yu-ming, LI Hui-he

College of Forestry and Life Science, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing Yongchuan 402168, China

Abstract: Methods of environmental investigation have been adopted to study the 19 soil nutrients status of peony major production area in Dianjiang County of Chongqing. Classification of soil nutrient standards have been used to evaluate soil nutrients for getting a comprehensive situation about the soil nutrients status, and improving the yield and quality of peony. The results show that the soil of peony major production area is partially alkaline overall. The soil fertility levels is not high, and organic matter content is low, which the content of available nitrogen, 73.7% of the soil available phosphorous and 52.6% of the soil potassium is less than 90 mg/kg, 10 mg/kg and 100 mg/kg, respectively. The content of available calcium and magnesium are extremely rich. However, the available sulfur, available ferrum and available manganese are low level, which proportion is 36.9%, 84.2% and 89.4%. while the content of available boron is inadequate extremely. The actual production should be rational fertilization and adjust measures on the basis of local conditions in order to realize the peony's high yield and high quality production.

Key words: peony; soil nutrients; fertilization

责任编辑 陈绍兰